

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 739**

51 Int. Cl.:

B23K 11/16 (2006.01)

B23K 11/12 (2006.01)

B23K 11/11 (2006.01)

B23K 101/00 (2006.01)

B23K 103/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.01.2015 PCT/JP2015/052690**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.08.2015 WO15115603**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2015 E 15743959 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 3100815**

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

30 Prioridad:

31.01.2014 JP 2014017283

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

12.02.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WATANABE, FUMINORI y
MIYAZAKI, YASUNOBU**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 741 739 T3

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

DESCRIPCIÓN

Unión soldada por puntos y método de soldadura por puntos

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una unión soldada por puntos y a un método de soldadura de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 3, respectivamente (ver, por ejemplo, el documento US 2012 141 829 A1), comprendiendo el método superponer y soldar por puntos láminas de acero de alta resistencia de 750 a 2500 MPa de resistencia a la tracción, utilizadas en el sector del automóvil, etc., en particular láminas de acero de alta resistencia de 980 MPa o más de resistencia a la tracción.

Técnica anterior

En años recientes, en el sector del automóvil, las carrocerías de automóviles han sido reducidas en peso para reducir el consumo de combustible y cortar las emisiones de CO₂ y han sido mejoradas en seguridad contra colisión por el uso de lámina de acero de alta resistencia para las carrocerías de automóviles y sus partes. Para el montaje de carrocerías de automóviles y la fijación de partes, etc. se está utilizando principalmente soldadura por puntos. En la soldadura por puntos de láminas de acero de alta resistencia, la resistencia de la unión soldada se convierte en un problema.

En una unión formada superponiendo y soldando por puntos láminas de acero (referida a continuación como una "unión soldada por puntos"), la resistencia a la tracción es una característica importante. Normalmente, las características mecánicas de una unión soldada por puntos son evaluadas por la resistencia al cizallamiento de tracción (TSS) medida aplicando una carga de tracción en una dirección que cizalla las láminas de acero y por la resistencia a la tracción transversal (CTS) medida aplicando una carga de tracción en una dirección de pelado de las láminas de acero. Los métodos de medición de la resistencia al cizallamiento de tracción y la resistencia a la tracción transversal se definen en JIS Z 3136 y JIS Z 3137.

En láminas de acero de 270 a 600 MPa de resistencia a la tracción, la CTS de la unión soldada por puntos se incrementa junto con un incremento de la resistencia de la lámina de acero, de manera que existen pocas posibilidades de que surja un problema relacionado con la resistencia de la unión. En cambio, en láminas de acero de 750 MPa o más de resistencia a la tracción, incluso si se incrementa la resistencia a la tracción de las láminas de acero, no se incrementa, sino que, por el contrario, se reduce la CTS.

En general, en el caso de láminas de acero de alta resistencia, la concentración de tensión en una soldadura se incrementa debido a la caída en la capacidad de deformación. Además, debido al incremento en los elementos de aleación, la soldadura se endurece fácilmente y cae la tenacidad a la fractura de la soldadura. Como resultado, cae la CTS. Por esta razón, se busca la mejora de la CTS en la unión soldada por puntos de láminas de acero de alta resistencia de 750 MPa o más.

Se han propuesto varios métodos como el método de asegurar la resistencia en una unión soldada por puntos de láminas de acero de alta resistencia.

PLT 1 describe un método de soldadura que repite el ralentí de conducción y re-conducción, mientras se aplica todavía una fuerza de presión después de la conducción principal en soldadura por puntos. entonces mantiene ese estado para definir la estructura dentro de la pepita y mejorar la resistencia a la rotura de la unión.

La "estructura" en la pepita en PLT significa las estructuras finales y no las estructuras solidificadas. En este método, la re-conducción facilita la segregación, pero no se refinan las estructuras solidificadas. Como resultado, no se puede obtener una tenacidad suficiente a la fractura. Además, la repetición de re-conducción y retención son necesarias, así que se requiere mucho tiempo para soldar y no se puede aprovechar la ventaja de la soldadura por puntos del tiempo de soldadura corto.

PLT 2 describe un método de alimentación de corriente para atemperación después de que ha expirado un cierto tiempo desde el final de la conducción principal y el recocido de la unión soldada por puntos (parte de pepita y zona afectada por calor) para reducir la dureza.

En este método, la transformación de martensita se completa sustancialmente antes de la operación de alimentación de corriente para atemperación, lo que necesita un tiempo de refrigeración largo y existía el problema de que no se puede aprovechar la ventaja de la soldadura por puntos del tiempo de soldadura corto.

Además, como un método para asegurar la resistencia en una unión soldada por puntos de láminas de acero de alta resistencia, se ha propuesto un método de calentar una soldadura por otros medios calefactores.

PLT 3 describe un método de calentamiento y atemperación de una soldadura a una frecuencia alta después de la soldadura.

En este método, se requiere una etapa separada después de la soldadura y se complica el procedimiento de trabajo. Además, se requiere un aparato especial para utilizar la alta frecuencia.

5 PLT 4 describe un método para formar una pepita por soldadura principal, circulando entonces una corriente de la corriente de soldadura principal o más como post-conducción.

En este método, si se prolonga el tiempo de post-conducción, se incrementa el tamaño de la pepita y, además, la estructura de la pepita se vuelve igual a la estructura de una soldadura habitual.

10 PLT 5 describe un método de soldadura por puntos de láminas de acero de 440 MPa o más de resistencia a la tracción, que comprende restringir la composición química de las láminas de acero a $CxP \leq 0,0025$, P: 0,015% o menor, y S: 0,01% o menor, soldar las láminas, entonces tratar con calor la soldadura a 300°C x 20 minutos aproximadamente para elevar la resistencia en la dirección de pelado de la unión.

15 En este método, las láminas de acero que se pueden utilizar están limitadas. Además, se requiere un tiempo largo para soldar, por lo que la productividad es baja.

20 PLT 6 describe una unión soldada por puntos de láminas de acero de alta resistencia (resistencia a la tracción: 750 a 1850 MPa, equivalente de carbono C_{eq} : 0,22 a 0,55 % en masa) que define la microestructura de la región de la capa exterior de la pepita y el tamaño medio de las partículas y la densidad numérica de carburos en la microestructura.

25 PLT 6 describe sólo una disposición relacionada con carburos. Con sólo esta disposición, no es posible obtener una resistencia altamente fiable de la unión.

PLT 7 describe un método de soldadura por puntos que da vibración mecánica a una localización programada de la soldadura para refinar la estructura de la soldadura cuando la localización programada de la soldadura cambia de un estado fundido a estructuras solidificadas.

30 En este método, existe una propagación pequeña de vibración mecánica a la zona fundida. Para obtener el efecto anterior, el aparato se vuelve de tamaño grande.

Lista de citas

35 Bibliografía de patentes

- PLT 1. Publicación de Patente Japonesa Nº 2012-187615A
- PLT 2. Publicación de Patente Japonesa Nº 2002-103048A
- PLT 3. Publicación de Patente Japonesa Nº 2009-125801A
- PLT 4. Publicación de Patente Japonesa Nº 2010-115706A
- 40 PLT 5. Publicación de Patente Japonesa Nº 2010-059451A
- PLT 6. Publicación de Patente Internacional Nº 2011/025015A
- PLT 7. Publicación de Patente Japonesa Nº 2011-194411A

Sumario de la Invención

45 Problema técnico

La presente invención tiene como su objeto proporcionar una unión soldada por puntos y un método de soldadura por puntos, elevando la tenacidad a la rotura del metal soldado por puntos y mejorando la resistencia de la unión soldada por puntos.

50 Solución al problema

Los inventores se comprometieron en estudios en profundidad a la solución a tal problema. Como resultado, los inventores han descubierto que en el proceso de solidificación de la zona fundida, si se aplica vibración electromagnética de la frecuencia requerida a la zona fundida, las estructuras solidificadas se vuelven más refinadas y se mejora significativamente la tenacidad a la rotura del metal soldado por puntos.

55 La presente invención se ha hecho basada en este descubrimiento.

60 Una unión soldada por puntos y un método de unión soldada por puntos de acuerdo con la presente invención se definen en las reivindicaciones 1 y 3, respectivamente.

Otra realización de la unión se define en la reivindicación 2.

Efectos ventajosos de la Invención

65 De acuerdo con la presente invención, se puede elevar considerablemente la tenacidad de la soldadura por puntos, por lo que es posible proporcionar una unión soldada por puntos altamente fiable.

Breve descripción de los dibujos

- La figura 1 es una vista que muestra esquemáticamente un patrón de la corriente en el tiempo de la soldadura por puntos.
- 5 La figura 2 es una vista que muestra esquemáticamente un modo donde una zona fundida de solidificación está sometida a vibración electromagnética.
- Las figuras 3A y 3B son vistas que muestran esquemáticamente modos de crecimiento y división de dendritas, donde la figura 3A muestra el modo de crecimiento de dendritas, mientras que la figura 3B muestra el modo de división de dendritas.
- 10 La figura 4 es una vista que muestra el concepto de observación de estructuras solidificadas y estructuras finales.
- Las figuras 5A y 5B son vistas que muestran una comparación de estructuras solidificadas en un extremo de pepita de una unión soldada por puntos formada por solidificación normal y estructuras solidificadas en un extremo de pepita de una unión soldada por puntos formada por la presente invención, donde la figura 5A muestra solidificación normal, mientras que la figura 5B muestra la presente invención.
- 15 Las figuras 6A y 6B son vistas que muestran una comparación de estructuras solidificadas en un extremo de pepita de una unión soldada por puntos formada por solidificación normal y estructuras solidificadas en un extremo de pepita de una unión soldada por puntos formada por la presente invención, donde la figura 6A muestra solidificación normal, mientras la figura 6B muestra la presente invención.
- 20 La figura 7 muestra una vista que explica la observación de estructuras solidificadas en la presente invención.

Descripción de realizaciones

En primer lugar, se explicará un método de soldadura de la presente invención.

25 Etapa de formación de la zona soldada

- Es primer lugar se hace circular una corriente desde los dos lados de las láminas de acero superpuestas para formar una zona fundida para asegurar el tamaño necesario de la pepita. Cualquier forma de conducción para formar esta zona fundida puede ser seleccionada, siempre que se inicie la solidificación. También es posible la conducción multietapa. Además, el valor de la corriente no tiene que ser constante. También es posible una onda sinusoidal u
- 30 onda de pulso.

Etapa de solidificación

- Si se puede formar la zona fundida de diámetro fundido necesario, después de esto, se hace circular una corriente de un valor inferior al valor de la corriente que mantiene el diámetro fundido y se aplica vibración electromagnética mientras se provoca que se solidifique la zona fundida.
- 35

- La figura 1 muestra esquemáticamente un patrón de corriente en el tiempo de la soldadura por puntos en el caso más simple en el método de soldadura de la presente invención. En el método de soldadura de la presente invención, la zona fundida se forma por el tiempo $t_w (=t_2-t_1)$ y el valor de la corriente I_w , entonces, después de eso, se hace que la zona fundida se solidifique mientras circula una corriente I_v menor que la corriente que mantiene el diámetro fundido de la zona fundida durante el tiempo $t_v (=t_3-t_2)$.
- 40

- La alimentación de la corriente en la etapa de formación de la zona fundida (a continuación, referida como la "conducción principal") no está particularmente limitada. Puede ser corriente alterna de una frecuencia comercial o puede ser una corriente continua. El valor de la corriente I_v que circula en la etapa de solidificación no está particularmente limitado, pero, para permitir que se realice la solidificación rápidamente, debe ajustarse menor que la corriente para formar la zona fundida. La regla es un valor de una extensión que satisfaga $I_v^2/I_w^2 \leq 0,5$. El valor de la corriente I_v no tiene que ser constante. Sin embargo, no tiene ninguna importancia particular hacer que la forma de la onda sea una forma complicada. La forma de la onda se hace preferiblemente constante o una que decrece monótonamente.
- 45
- 50

- En la etapa de solidificación desde los tiempos t_2 t_3 , se da vibración electromagnética a la zona fundida de solidificación. La figura 2 muestra esquemáticamente el modo de aplicación de vibración electromagnética a la zona fundida de solidificación. La lámina de acero 21a y la lámina de acero 21b se superponen y se realiza la conducción principal en el valor de la corriente I_w durante el tiempo t_w (ver la figura 1) para formar la zona fundida 22. En el tiempo t_2 después de la espiración de t_w , se reduce el valor de la corriente a I_v (ver la figura 1) y se inicia la solidificación de la zona fundida.
- 55

- Cuando se solidifica la zona fundida, de acuerdo con el método de soldadura normal, crecen dendritas desde el entorno de la zona fundida hacia el centro de la zona fundida para terminar la solidificación. En el método de soldadura de la presente invención, en el proceso de solidificación, se da vibración electromagnética 24 a las dendritas en su dirección de crecimiento 23, por lo que se divide el crecimiento de las dendritas y se hacen las finas las estructuras de la zona fundida.
- 60

- De acuerdo con la presente invención, una "estructura solidificada" indica una estructura formada como un grano de cristal individual en el proceso de solidificación. Por ejemplo, de acuerdo con la solidificación de dendritas, una
- 65

ES 2 741 739 T3

dendrita es una unidad de una estructura solidificada. Si es solidificación equiaxial, un grano de cristal en el tiempo de solidificación es una unidad de una estructura solidificada.

La frecuencia de la vibración electromagnética no está limitada a una frecuencia específica, con tal que las dendritas se puedan dividir, pero para dividir de manera fiable el crecimiento de las dendritas y hacer las estructuras solidificadas de granos más finos, es necesario aplicar una frecuencia, donde el indicador A definido por la fórmula (1) siguiente satisface la fórmula (2) siguiente:

$$A = v_s / (\lambda_D \cdot f_v) \quad \dots (1)$$

f_v : frecuencia de vibración electromagnética
 v_s : velocidad de solidificación (velocidad de avance de la interfaz de solidificación)
 λ_D : intervalo de brazo de dendritas

$$0,2 \leq A \leq 4,0 \quad \dots (2)$$

La velocidad de solidificación y el intervalo de brazo de las dendritas se obtienen por experimentos por adelantado. Es decir, que láminas de acero del tipo a soldar actualmente son soldadas por puntos por adelantados por el valor de la corriente que circula en la etapa de formación de la zona de soldadura y la etapa de solidificación, entonces se miden la velocidad de solidificación y el intervalo de brazo de las dendritas. Una vez realizada la medición, cuando se suelda por puntos el mismo tipo de láminas de acero en las mismas condiciones, se pueden utilizar los mismos valores. A continuación se explicará el procedimiento más específico.

En primer lugar, se determinan la combinación de láminas y el tipo de acero y se determinan las condiciones de la conducción principal. A continuación, se determina el valor de la corriente en la etapa de solidificación. Este valor de la corriente no está particularmente limitado, como se ha explicado anteriormente.

A continuación, se mide la velocidad de solidificación. La combinación de láminas y tipo de acero a soldar actualmente se utilizan para preparar muestras en el valor determinado de la corriente en la etapa de solidificación a una pluralidad de niveles de tiempo de corriente de alimentación. Se examinan las estructuras solidificadas de las secciones transversales de las muestras y se hallan los intervalos de brazo de las dendritas. Además, la posición donde las estructuras solidificadas cambian de cristales columnares a cristales equiaxiados o la posición donde cambian los espesores de los cristales columnares es la posición de interfaz sólido-líquido en el tiempo de la parada de la corriente, por lo que la velocidad de solidificación se halla por cálculo.

Por ejemplo, si la corriente de alimentación durante 25 mseg. después de la conducción principal y la estructura solidificada cambia en la sección transversal en una posición de 0,5 mm desde el límite fundido, la velocidad de solidificación se halla como 20 mm/seg.

La velocidad de solidificación depende de las condiciones de soldadura, la combinación de las láminas de acero, las dimensiones de los miembros soldados, etc., pero es aproximadamente $(10 \text{ a } 50) \times 10^{-3}$ m/seg. El intervalo de brazo de las dendritas depende de las condiciones de soldadura, la combinación de las láminas de acero, las dimensiones de los miembros soldados, la entrada de calor por vibración electromagnética, pero es aproximadamente $5 \text{ a } 30 \times 10^{-6}$ m.

La frecuencia f_v de la vibración electromagnética llega a ser dos veces la frecuencia de suministro de la potencia. Por ejemplo, si está circulando una corriente AC con una frecuencia de 500 a 1000Hz, la frecuencia f_v de la vibración electromagnética llega a ser 1000 a 2000Hz $(= (500 \text{ a } 1000\text{Hz}) \times 2)$.

Por ejemplo, si la velocidad de solidificación es 20×10^{-3} m/seg., si está circulando una corriente AC de 500 a 1000Hz de frecuencia, el periodo $T_v (= 1/f_v)$ en el que ocurre una vez la vibración electromagnética llega a ser $(0,5 \text{ a } 1,0) \times 10^{-3}$ seg. Cada vez que se aplica vibración electromagnética, avanza la interfaz de solidificación $(10 \text{ a } 20) \times 10^{-6}$ m. Es decir, que la perturbación en solidificación debida a vibración electromagnética ocurre en una posición sustancialmente igual al intervalo de brazo de las dendritas. Como resultado, las estructuras solidificadas se convierten en estructuras solidificadas configuradas como cristales equiaxiados.

Las figuras 3A y 3B muestran esquemáticamente los modos de crecimiento y división de dendritas, mientras que la figura 3B muestra el modo de división de dendritas.

En un método habitual, como se muestra en la figura 3A, las dendritas crecen a una velocidad de solidificación v_s , mientras que manteniendo el intervalo de brazo λ_D entonces la zona fundida termina la solidificación.

En la presente invención, en el proceso de solidificación donde se forman dendritas, el progreso de solidificación es perturbado por la vibración electromagnética y el calor generado por conducción en el tiempo de la vibración electromagnética, el crecimiento de dendritas se divide, y se obtienen estructuras solidificadas en forma de cristal equiaxiado, tal como se muestra en la figura 3B.

Si se aplica vibración electromagnética de la frecuencia f_v que satisface la fórmula (2) a dendritas crecidas por un intervalo de brazo de dendrita λ_D y velocidad de solidificación v_S , debido a la vibración electromagnética y el calor generado por conducción en el tiempo de vibración electromagnética dentro de la zona fundida en el proceso de solidificación, ocurren perturbaciones en solidificación en el proceso de solidificación a intervalos de posiciones de $v_S \cdot T_v$, donde el periodo de la vibración electromagnética es $T_v (=1/f_v)$.

En la etapa de solidificación, debido a las perturbaciones periódicas en la zona fundida, como se muestra en la figura 3B, el crecimiento de dendritas se divide, resultando granos finos 31b y las estructuras solidificadas de la zona fundida se pueden convertir en estructuras solidificadas en forma de cristales equiaxiados.

Un indicador A definido en la presente invención es un indicador que muestra la extensión de la división de la dendritas. Si el indicador A satisface la fórmula (2), se pueden obtener las estructuras solidificadas deseadas en la zona fundida.

Cuando el indicador A es "1", las estructuras solidificadas se convierten en estructuras de cristales equiaxiados comprendidas de dendritas de intervalos de brazo λ_D divididas en los intervalos de brazos λ_D , por lo que se mejora la tenacidad a la fractura. Sin embargo, en la presente invención, la tenacidad de la unión soldada puede mejorarse debido al refinamiento de las estructuras solidificadas, por lo que el indicador A no tiene que hacerse necesariamente 1.

Desde el punto de vista de refinamiento, el indicador A es preferiblemente menor. Sin embargo, es necesario hacer al indicador A inferior a 0,2 sin elevar el valor de la corriente para vibración electromagnética en el tiempo de solidificación. Si se eleva la frecuencia de la vibración electromagnética, es necesario incrementar la frecuencia de conducción para vibración electromagnética en el tiempo de vibración. La pérdida de inductancia en el tiempo de conducción se incrementa y el suministro de potencia se incrementa en capacitancia. Por lo tanto, el indicador A se hace 0,2 o más. Preferiblemente, es 0,4 o más.

Si el indicador A está por encima de 4,0, se ensanchan los intervalos de solidificación perturbadora en el proceso de solidificación, las estructuras solidificadas se vuelven columnares, y se reduce el efecto de mejora de la tenacidad. Por lo tanto, el indicador A se hace 4,0 o menor. Preferiblemente, es 3,0 o menor.

En la unión soldada de la presente invención formada con un indicador A de 4,0 o menor, en las estructuras solidificadas de al menos el extremo de la pepita, la estructuras no se convierten en estructuras columnares extremadamente largas, sino en estructuras de forma de cristales equiaxiados (incluyendo estructuras de cristales equiaxiados).

A continuación se explicará la estructura de la unión soldada por puntos de la presente invención.

La unión soldada por puntos de la presente invención incluye 375 o más granos de cristales solidificados en una región de 0,5 mm x 0,5 mm del extremo de la pepita. Si existe 375 o más granos de cristales de estructuras solidificadas en el extremo de la pepita donde se concentra la tensión, la unión soldada por puntos se puede proveer con una tenacidad alta a la fractura.

Si existen menos de 375 granos de cristales de estructuras solidificadas en una región de 0,5 mm x 0,5 mm del extremo de la pepita, no se consiguen las formas de cristales equiaxiados de las estructuras solidificadas, y el efecto de mejora de la tenacidad del metal soldado es pequeño, y se mejora la resistencia de la unión soldada. El número preferible de granos de cristal es 500 o más.

En metales a los que no se imparte tensión grande después de acabar la solidificación, los elementos, que se concentran fácilmente en la fase líquida, se concentran en el tiempo de la solidificación y permanecen en esta concentración después de la solidificación. Por esta razón, si se examina la distribución de la concentración de elementos, se puede confirmar que una masa fina de elementos concentrados corresponde a una unidad de una estructura solidificada. En metales, tales como metales ferrosos, donde la transformación ocurre en la fase sólida después de la solidificación, una unidad de grano de cristal de una estructura final y una unidad de una estructura solidificada están separadas.

Como el método de observación de las estructuras solidificadas, por ejemplo, existe el método de decapado por ácido pícrico y observación de estructuras por un microscopio óptico. Si se decapa por ácido pícrico, se corroen preferiblemente partes donde se concentran elementos de segregación (en particular P). Además, P es un elemento que se segrega en el tiempo de solidificación. Por lo tanto, la distribución de concentración de los elementos de segregación en el tiempo de solidificación se puede aprender, por lo que se pueden observar las estructuras solidificadas.

Como otro método, existe el método que utiliza EPMA. De acuerdo con EPMA, la distribución de elementos se puede medir, por lo que se pueden observar las estructuras solidificadas.

Hay que indicar que, como el método de observación de las estructuras finales, se puede mencionar, por ejemplo, la observación de las estructuras por decapado Nital o medición por EBSD.

5 La figura 4 es una vista que muestra el concepto de observación de las estructuras solidificadas y las estructuras finales. Como se muestra en la figura 4, incluso con el mismo metal 41, las estructuras observadas diferirán dependiendo del método de decapado.

10 Las figuras 5A y 5B comparan las estructuras solidificadas en el extremo de la pepita de una unión soldada por puntos por solidificación normal y las estructuras solidificadas en el extremo de la pepita de una unión soldada por puntos formada por la presente invención, donde la figura 5A muestra solidificación normal, mientras que la figura 5B muestra la presente invención. La figura 5A muestra que se forman dendritas y la segregación se vuelve robusta, mientras que la figura 5B muestra que las estructuras están refinadas y la segregación se vuelve más débil.

15 Las figura 6A y 6B son vistas que muestran las estructuras solidificadas en el extremo de la pepita de una unión soldada por puntos formada por solidificación normal y las estructuras solidificadas después de la post-conducción después de solidificación, donde la figura 6A muestra las estructuras después de solidificación, mientras que la figura 6B muestra las estructuras después de post-conducción. Debido a la post-conducción, se facilita la segregación de solidificación, pero las estructuras solidificadas (dendritas) propiamente dichas formadas en el tiempo de solidificación nunca se refinan.

20 La figura 7 es una vista que explica la observación de las estructuras solidificadas en la presente invención. Por decapado Nital para observar las estructuras solidificadas, se exponen las estructuras solidificadas y se cuenta el número de estructuras solidificadas en el extremo de la pepita. En la presente invención, incluso si se incluye parte de una estructura solidificada en la región de 0,5 mm x 0,5 mm, se cuenta como uno.

25 La unión soldada de la presente invención se mejora en tenacidad a rotura del metal soldado y se mejora en las propiedades mecánicas de la unión, en particular la resistencia de la unión, haciendo que el número de granos de cristales de las estructuras solidificadas en una región de 0,5 mm x 0,5 mm de un extremo de la pepita sea 375 o más.

30 En la resistencia de la unión, la resistencia a la tracción transversal CTS y la resistencia a cizallamiento de tracción TSS son indicadores importantes. No obstante, para asegurar la calidad de una unión soldada por puntos, es necesario precisamente que la TSS sea alta. La CTS no se puede reducir. La razón es que una estructura está sometida a una carga compleja, por lo que si la CTS es menor que la TSS, la soldadura se romperá debido a una carga de pelado ligera. Por esta razón, para evaluar objetivamente las propiedades mecánicas de la soldadura, se empleó el indicador Z definido por la fórmula siguiente.

40
$$Z = CTS/TSS \dots (4)$$

45 CTS: resistencia a la tracción transversal
TSS: resistencia a cizallamiento de tracción

La unión soldada depende del espesor de la lámina o del tamaño del metal soldado, pero con el indicador Z, la TSS y la CTS incluyen, respectivamente, los efectos del espesor de la lámina y el tamaño del metal soldado, por lo que el indicador Z es adecuado como un indicador para evaluar las propiedades del propio metal soldado.

50 Si Z es inferior a 0,33, la diferencia en el límite elástico en la dirección de la carga a la unión es demasiado grande y las propiedades de los miembros se vuelven inestables. Es decir, que la unión se rompe justamente por una carga de pelado ligera. Por lo tanto, Z es preferiblemente 0,33 o más. Es más preferiblemente 0,4 o más. El límite superior de Z no está particularmente fijado.

55 Ejemplos
A continuación se explicarán ejemplos de la presente invención. Las condiciones en los ejemplos son una ilustración de condiciones empleadas para confirmar la operatividad y los efectos de la presente invención. La presente invención no está limitada a esta ilustración de condiciones. La presente invención puede emplear varias condiciones, con tal que no se desvíen del espíritu de la presente invención y consigan el objeto de la presente invención.

60 Ejemplo 1
Las láminas de acero mostradas en la Tabla 1 se prepararon y se soldaron por puntos por las combinaciones mostradas en la Tabla 2. Las condiciones de soldadura se muestran juntas en la Tabla 2.

65

ES 2 741 739 T3

Tabla 1

Nº	Tipo de lámina de acero	Resistencia (MPa)	Cantidad de C (% en masa)	Equivalente de carbono	Espesor de la lámina
1	Laminada en frío	980	0,13	0,23	2
2	Laminada en frío	1180	0,19	0,41	1,2
3	Cincada	980	0,13	0,23	1,6
4	Estampada en caliente	1470	0,22	0,34	1,6

5 Aquí, "equivalente de carbono" es el valor hallado por la fórmula siguiente utilizando el contenido (% en masa) de C, Si, Mn, P, y S,

$$\text{Equivalente de carbono} = C (\% \text{ en masa}) + Si (\% \text{ en masa}) / 30 + Mn (\% \text{ en masa}) / 20 + P (\% \text{ en masa}) \times 4 + S (\% \text{ en masa}) \times 4$$

10 En la Tabla 2, "A" es el valor hallado por $A = v_s / (\lambda_D \cdot f_v)$, donde la frecuencia de la vibración electromagnética en la etapa de solidificación es f_v , la velocidad de solidificación es v_s y el intervalo del brazo de dendritas es λ_D . Para la velocidad de solidificación y el intervalo de brazo de dendritas, se han utilizado los valores hallados experimentalmente por adelantado, como se ha explicado anteriormente, utilizando la combinación de láminas y tipos de acero utilizados.

15

Tabla 2

Nº	Combinación de tipos de acero	Fuerza de presión (kN)	Condiciones de conducción						A	Tamaño de la pepita (mm)
			Etapa de formación de la zona fundida			Etapa de solidificación				
			Valor de la corriente I_v (kA)	Tiempo de conducción t_w (ms)	Frecuencia de conducción (Hz)	Valor de la corriente I_v (kA)	Tiempo de conducción t_v (ms)	Frecuencia de conducción (Hz)		
1	1-1	5,0	7,0	400	100	4,0	100	600	1,5	5,7
2	2-2	3,0	5,4	240	100	3,1	60	400	1,8	5,5
3	3-3	4,0	7,2	320	100	4,7	100	950	1,2	5,1
4	4-4	4,0	6,6	320	100	3,2	80	800	0,9	6,3
5	4-4	4,0	6,6	320	100	3,2	80	400	1,9	6,3
6	4-4	4,0	6,6	320	100	3,2	80	270	3,1	6,3
7	4-4	4,0	6,6	320	100	3,2	80	200	3,9	6,3
8	2-2	3,0	5,4	240	100	-	-	-	-	5,5
9	4-4	4,0	6,6	320	100	-	-	-	-	6,3
10	4-4	4,0	6,6	320	100	3,2	80	160	4,4	6,3
11	4-4	4,0	6,6	320	100	3,2	80	178	4,3	6,3
12	4-4	4,0	6,6	320	100	3,2	80	186	4,2	6,3
13	4-4	4,0	6,6	320	100	3,2	80	195	4,1	6,3
14	4-4	4,0	6,6	320	100	4,8	80	800	0,2	6,3
15	4-4	4,0	6,6	320	100	5,6	80	800	0,15	6,3

20 El extremo de la pepita de una unión soldada se decapó por ácido pícrico, las estructuras solidificadas se observaron por un microscopio óptico, y se midió el número de granos de cristales en una región de 0,5 mm x 0,5 mm en el extremo de la pepita. Además, la resistencia a la tracción transversal de la unión soldada se midió de acuerdo con JIS Z 3137, mientras que la tensión de cizallamiento de tracción TSS se midió de acuerdo con JIS Z 3136. Los resultados se muestran en la Tabla 3. En la Tabla 3, "Z" es un valor hallado por $Z = CSS/TSS$.

Tabla 3

Símbolo	TSS (kN)	CTS (kN)	Z	Nº de estructuras solidificadas	Observaciones
1	21,3	10,9	0,51	516	Ejemplo inversión
2	15,3	6,1	0,40	440	Ejemplo inversión
3	14,7	7,2	0,49	664	Ejemplo inversión
4	20,2	8,4	0,42	458	Ejemplo inversión
5	19,6	7,8	0,39	442	Ejemplo inversión
6	19,7	7,6	0,38	397	Ejemplo inversión
7	19,4	6,8	0,35	381	Ejemplo comparat.
8	14,9	4,7	0,31	198	Ejemplo comparat.
9	18,3	4,8	0,26	227	Ejemplo comparat.
10	18,6	5,2	0,28	294	Ejemplo comparat.
11	18,8	5,4	0,29	311	Ejemplo comparat.
12	18,7	5,7	0,30	325	Ejemplo comparat.
13	19,1	6,2	0,32	352	Ejemplo comparat.
14	17,2	6,4	0,37	411	Ejemplo inversión
15	16,3	3,8	0,23	227	Ejemplo comparat.

5 Aplicabilidad industrial

Como se ha explicado anteriormente, de acuerdo con la presente invención, es posible elevar considerablemente la resistencia de una unión soldada por puntos, por lo que es posible proporcionar una unión soldada por puntos altamente fiable. De acuerdo con ello, la presente invención tiene una alta aplicabilidad en industrias que utilizan soldadura para montar estructuras, por ejemplo, la industria del automóvil.

10

Lista de signos de referencia

- 21a, 231b. Láminas de acero
- 22. Zona fundida
- 23. Dirección de crecimiento de dendrita
- 15 24. Vibración electromagnética
- 31a. Dendrita
- 31b. Grano fino
- 41. Metal
- 42. Dendrita
- 20 43. Fase 1
- 44. Fase 2
- 71. Lámina de acero
- 72. Pepita

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una unión soldada por puntos que comprende láminas de acero (21a, 21b) superpuestas y soldadas por puntos (22), teniendo las láminas de acero (21a, 21b) una resistencia a la tracción entre 750 y 2500 MPa, **caracterizada por que** la unión soldada por puntos comprende 375 o más granos de cristales de estructuras solidificadas en una región de 0,5 mm x 0,5 mm de un extremo de la pepita, en donde la estructura solidificada es una estructura formada como un grano de cristal individual en el proceso de solidificación.
- 10 2. La unión soldada por puntos de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una relación de CTS/TSS de una resistencia a la tracción transversal CTS y una resistencia a cizallamiento de tracción TSS es 0,33 o más.
- 15 3. Un método de soldadura por puntos, que comprende una etapa de formación de la zona fundida que forma una zona fundida por conducción de láminas de acero (21a, 22b) superpuestas que tienen una resistencia a la tracción entre 750 y 2500 MPa,
caracterizada por:
después de dicha etapa de formación de la zona fundida, una etapa de solidificación de alimentación de una corriente inferior a la alimentación de la corriente en dicha etapa de formación de la zona fundida para solidificar dicha zona fundida,
en donde, en dicha etapa de solidificación, se aplica una vibración electromagnética a dicha zona fundida,
20 y una frecuencia f_v de dicha vibración electromagnética, una velocidad de solidificación v_s cuando se solidifica dicha zona fundida, y un intervalo de brazo de dendritas λ_D cuando se solidifica dicha zona fundida satisfacen $0,2 \leq v_s / (\lambda_D \cdot f_v) \leq 4,0$.
- 25

FIG. 1

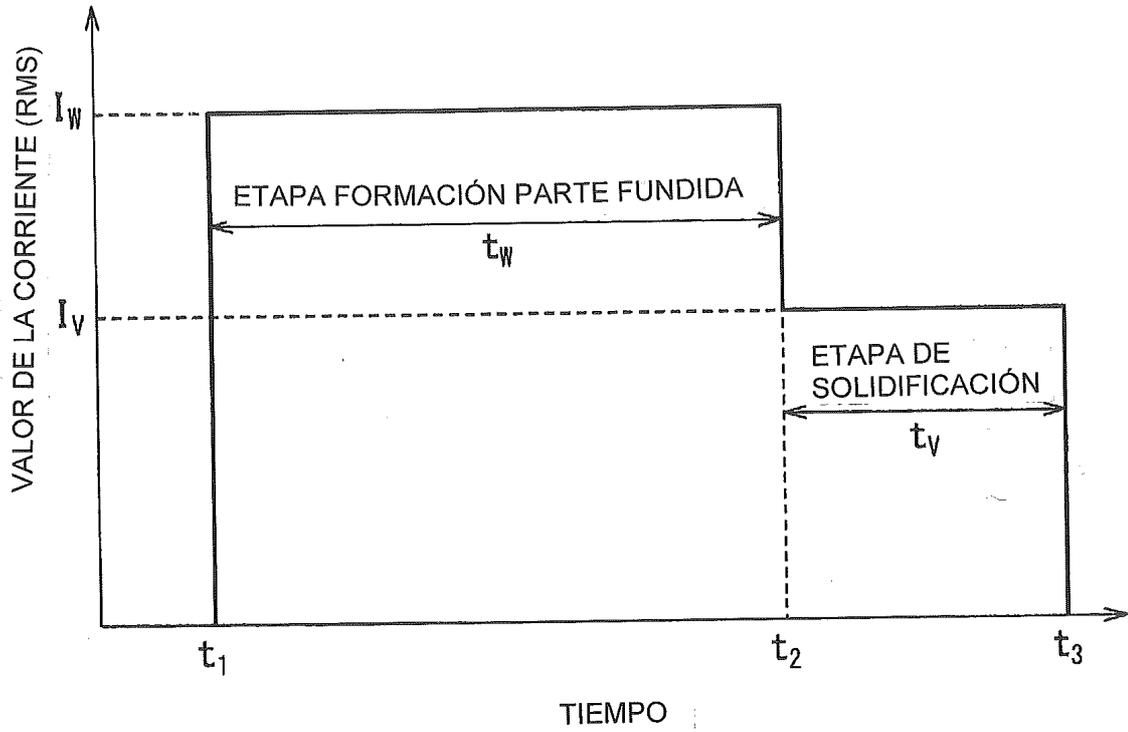


FIG. 2

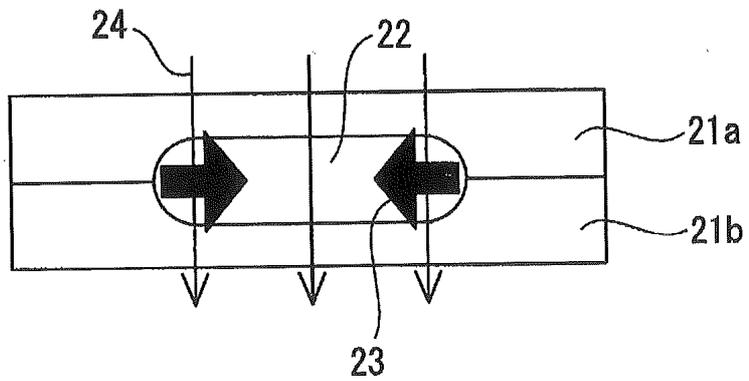


FIG. 3

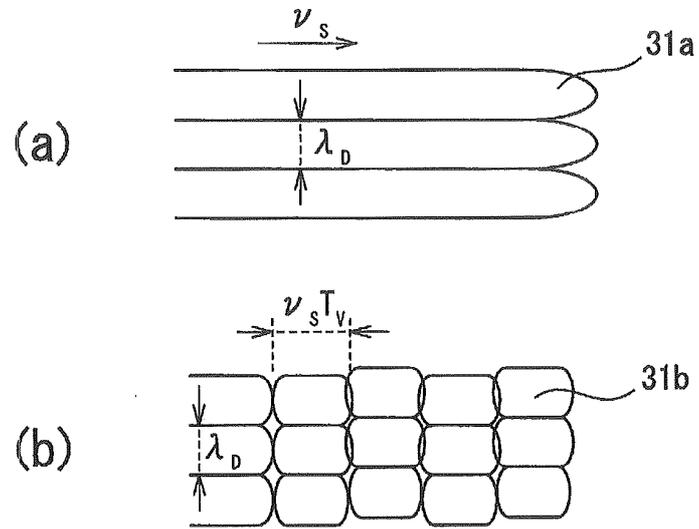


FIG. 4

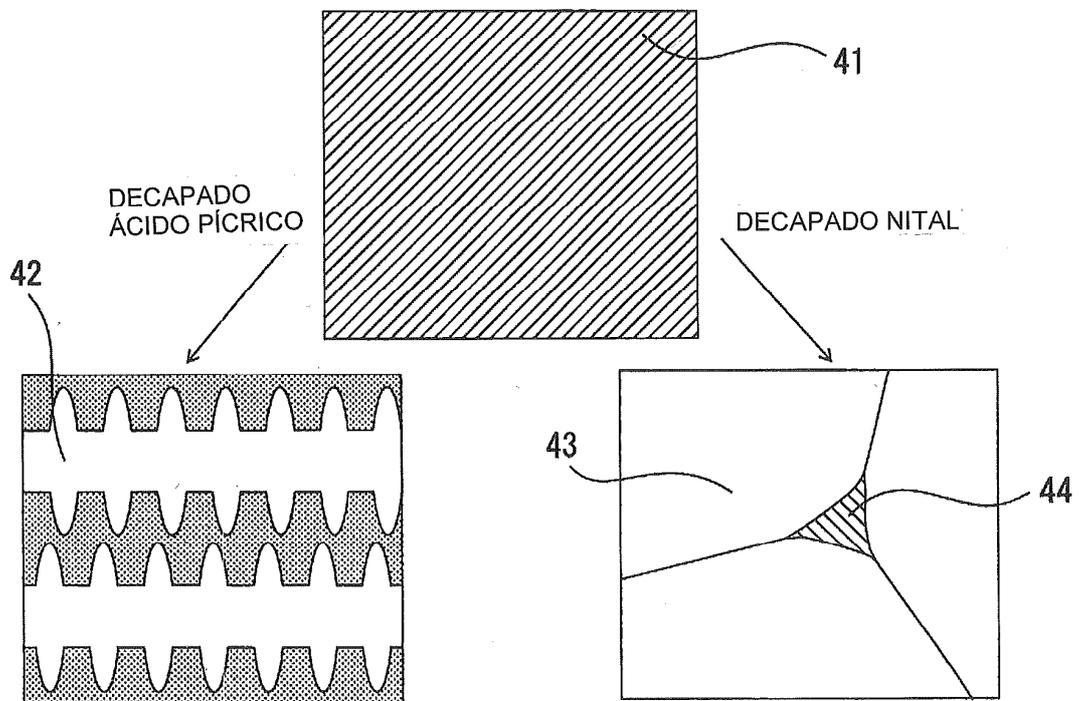


FIG. 5

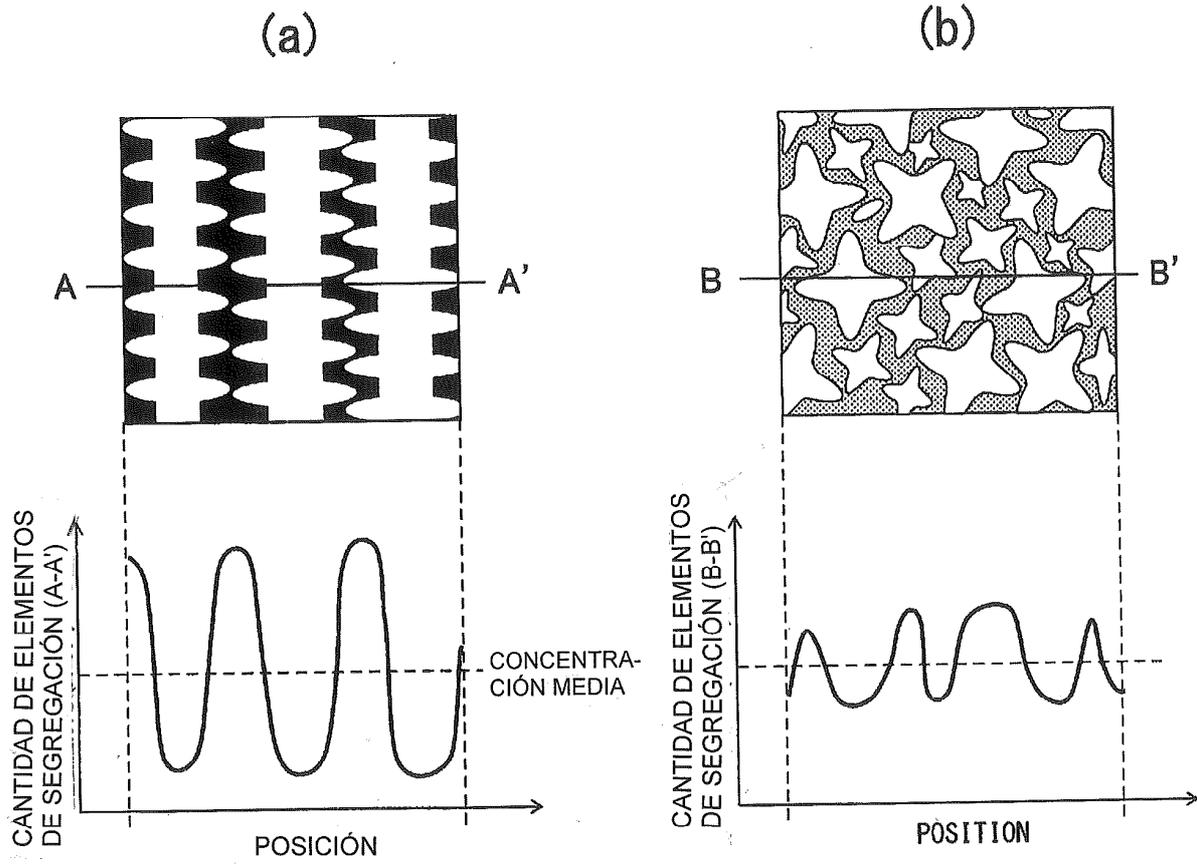


FIG. 6

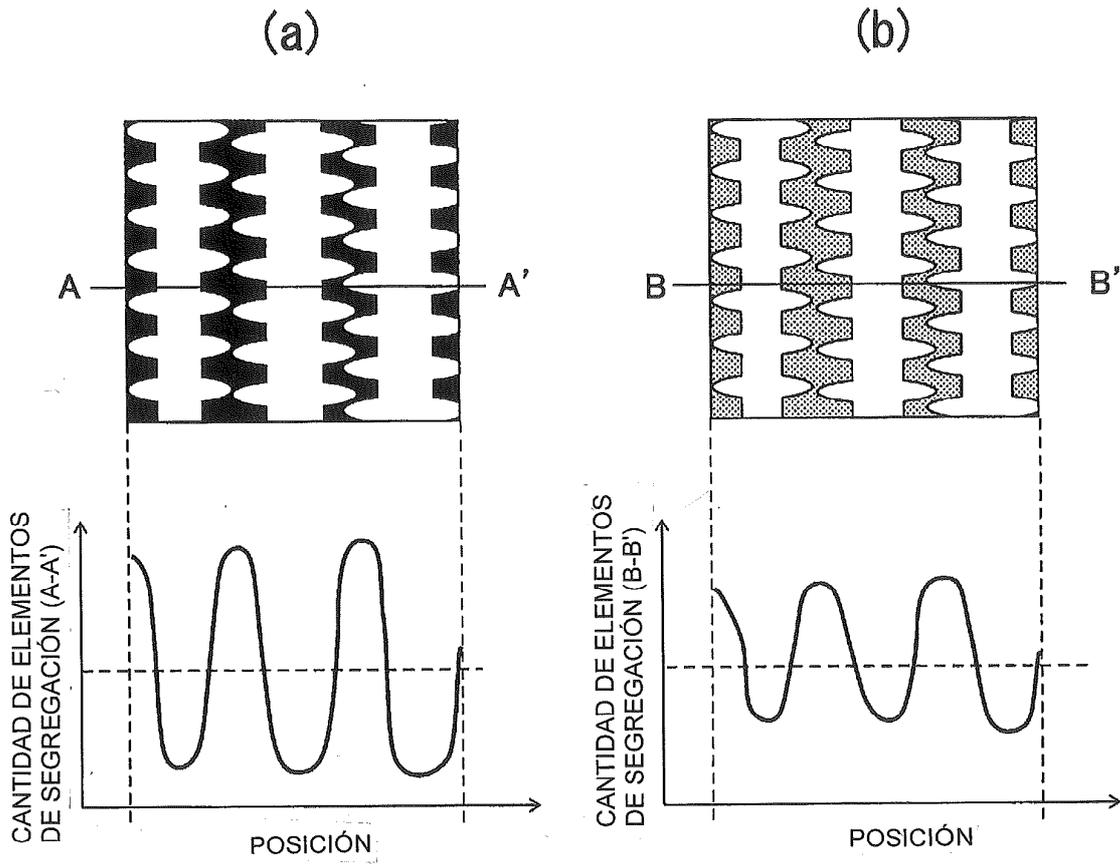


FIG. 7

