

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 002 385**

51 Int. Cl.:

**B23K 11/11** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2017 PCT/CN2017/104710**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.05.2018 WO18082425**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2017 E 17868072 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2024 EP 3536435**

54 Título: **Método para soldar acero de alta resistencia recubierto de zinc mediante puntos de resistencia con buenas propiedades de unión**

30 Prioridad:

**04.11.2016 CN 201610963996**

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

**06.03.2025**

73 Titular/es:

**BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD. (100.00%)  
No.885 Fujin Road, Baoshan District  
Shanghai 201900, CN**

72 Inventor/es:

**LEI, MING;  
PAN, HUA;  
ZUO, DUNGUI;  
SU, YONGCHAO;  
JIANG, HAOMIN y  
SHI, LEI**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 3 002 385 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 soldar acero de alta resistencia recubierto de zinc mediante puntos de resistencia con buenas propiedades de unión

5

**Campo de la invención**

La invención se refiere a un método de soldadura de chapas de acero para automóviles y, en particular, a un método de soldadura mediante puntos de resistencia de chapas de acero galvanizadas con una resistencia a la tracción no inferior a 590 Mpa.

10

**Antecedentes de la invención**

En los últimos años, con la subida del precio del petróleo y la concienciación por parte de la gente en lo que respecta al ahorro energético, la protección del medio ambiente y la seguridad de los vehículos en su conjunto mejoran continuamente, diversas tecnologías de aligeramiento de la carrocería de un vehículo se han utilizado ampliamente en la industria de fabricación de automóviles. Sobre esta base, la proporción de uso de acero de alta resistencia en la carrocería del vehículo es cada vez mayor. La soldadura mediante puntos de resistencia se ha utilizado ampliamente en la industria del automóvil debido a las ventajas de la alta eficiencia de producción y la fácil implementación de la automatización y similares, y seguirá siendo el principal método de soldadura de placas de acero de alta resistencia en la industria del automóvil. Por lo tanto, la tecnología de soldadura mediante puntos de resistencia de acero de alta resistencia está muy extendida.

15

20

La unión de placas galvanizadas de acero de alta resistencia tiende a producirse siguiendo dos problemas durante la soldadura mediante puntos:

25

1. En la junta se producen grietas por fragilización por metal líquido, denominadas grietas por LME.
2. La unión tiende a producir fractura interfacial completa.

30

Con respecto al problema de las grietas por LME, no se solicita ninguna patente relevante tras la búsqueda en el ámbito nacional. Dado que el problema ha sido un punto de interés de investigación en la industria durante los últimos dos años, se han publicado ocasionalmente estudios sobre sus factores de influencia y sensibilidades. En un documento titulado "liquid metal embrittlement-free welds of Zn-coated twinning induced plasticity steels" de Rouholah Ashiri *et al.* publicado en Scripta Materialia (Scripta Materialia 114 (2016) 41-47), una solución de soldadura mediante puntos con dos pulsos de soldadura adoptada para acero TWIP (plasticidad inducida por maclado) galvanizado por inmersión en caliente de 1,2 mm puede suprimir eficazmente la generación de grietas por LME en la soldadura mediante puntos. El proceso se muestra en la figura 1. El primer pulso se utiliza para generar una pepita con un tamaño básico y el segundo pulso se utiliza para hacer crecer lentamente la pepita con el fin de reducir una tensión residual.

35

40

Dada la fragilidad del punto de soldadura del acero de alta resistencia, una solución con pulso de templado durante el proceso de soldadura se utiliza generalmente en la industria para mejorar la plasticidad del punto de soldadura y mejorar el modo de fractura del punto de soldadura durante la prueba de fractura. Un modo de ajuste específico del pulso de templado se obtiene generalmente a través de pruebas físicas mediante un método ortogonal. Un resultado de una búsqueda de patentes relevantes es el siguiente: "A method for improving mechanical property of a joint in welding spot of advanced high-strength steel" (patente n.º CN102489859A): los granos de metal en pepitas se refinan utilizando un método con pasta de aleación inoculante, de modo que las estructuras de las uniones se mejoren para optimizar las propiedades mecánicas de una unión en el punto de soldadura del acero de alta resistencia avanzado; "A resistance-laser hybrid spot welding method for High-strength steel" (CN102500936A): se mejora el rendimiento de una unión del acero de alta resistencia mediante un modo de conexión compuesto de una soldadura láser y una soldadura mediante puntos.

45

50

El documento KR 2016 0062820 A divulga un método de soldadura mediante puntos de resistencia de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. El documento EP 3 020 499 A1 divulga un método de soldadura mediante puntos de resistencia que incluye: un proceso de pulsación de sujeción de un conjunto de chapas de dos o más chapas de acero superpuestas que incluye al menos una chapa de acero de alta resistencia a la tracción utilizando un par de electrodos de soldadura que están conectados a una fuente de alimentación de soldadura mediante puntos que emplea un método de corriente continua con inversor, y realizar múltiples repeticiones de paso de corriente y detención de paso de corriente, al tiempo que se presionan las chapas de acero con los electrodos de soldadura; y un proceso continuo de paso de corriente en el que, después del proceso de pulsación, la corriente es hecha pasar de manera continua durante un período de tiempo superior a un tiempo máximo de paso de corriente del proceso de pulsación, al tiempo que se presionan las chapas de acero con los electrodos de soldadura. El documento US 2016/228973 A1 divulga un método de soldadura mediante puntos de resistencia que suelda una pluralidad de chapas de acero que incluyen una chapa de acero de alta resistencia a la tracción superpuesta, en cuyo dicho método de soldadura mediante puntos de resistencia, el sistema de conducción es conducción por pulsación utilizando una fuente de alimentación de soldadura de CC con inversor, y, en la pluralidad de pulsos de corriente que forman la conducción de pulsación, en los pulsos de corriente respectivos, el tiempo de conducción, los intervalos de los pulsos de corriente definidos como el tiempo

55

60

65

de inactividad de conducción y las corrientes de soldadura aplicadas por los pulsos de corriente se controlan de manera variable.

**Sumario de la invención**

5 La finalidad de la presente invención es proporcionar un método de soldadura mediante puntos de resistencia de acero galvanizado de alta resistencia con un buen rendimiento de unión, que puede mejorar la plasticidad de la unión y aumentar la probabilidad de fallo por desprendimiento de botón del punto de soldadura durante la detección de la fractura, al tiempo que se suprime la generación de grietas por fragilización por metal líquido (LME) durante la soldadura mediante puntos de placas galvanizadas de acero de alta resistencia.

Para lograr la finalidad técnica anterior, la presente invención proporciona un método de soldadura mediante puntos de resistencia de acuerdo con la reivindicación 1.

15 Por medio del método de soldadura mediante puntos de resistencia de acero galvanizado de alta resistencia con buen rendimiento de unión de la presente invención, se pueden suprimir eficazmente las grietas por LME durante la soldadura mediante puntos de placas galvanizadas de acero de alta resistencia y también se puede mejorar la plasticidad del punto de soldadura. De acuerdo con el método de soldadura mediante puntos de resistencia de la presente invención, se utilizan tres pulsos de soldadura dentro de un programa de soldadura mediante puntos, el primer y el segundo pulso se utilizan para generar la pepita y suprimir la generación de las grietas por LME, y el tercer pulso de soldadura es el pulso de templado, que se utiliza para mejorar la plasticidad del punto de soldadura, de modo que se mejore el modo de fractura del punto de soldadura durante la prueba de rotura.

25 Además, el método de soldadura mediante puntos proporcionado por la presente invención aclara un método de ajuste de las corrientes de soldadura I y los tiempos t en los tres pulsos de soldadura y una relación matemática entre los mismos, y la corriente de soldadura I2 y el tiempo t2 del segundo pulso de soldadura y la corriente de soldadura I3 y el tiempo t3 del tercer pulso de soldadura pueden calcularse convenientemente mediante la corriente de soldadura I1 y el tiempo t1 del primer pulso de soldadura obtenidos a través de unas pocas pruebas, de modo que un proceso de soldadura mediante puntos, que no solo puede suprimir las grietas por LME durante la soldadura mediante puntos de las placas galvanizadas de acero de alta resistencia, sino que también puede mejorar la plasticidad del punto de soldadura, se aplica.

35 Por medio del método de soldadura mediante puntos de resistencia de acero galvanizado de alta resistencia de la presente invención, se pueden suprimir eficazmente las grietas por fragilización por metal líquido (LME) durante la soldadura mediante puntos de las placas galvanizadas de acero de alta resistencia. Al mismo tiempo, se mejora la plasticidad del punto de soldadura y se aumenta la probabilidad de fallo por desprendimiento de botón del punto de soldadura durante la prueba de rotura. Por lo tanto, se obtiene la unión por medio de soldadura mediante puntos de las placas galvanizadas de acero de alta resistencia con una calidad más fiable y un rendimiento más excelente, y se puede proporcionar una guía útil para la producción de soldadura de las placas galvanizadas de acero de alta resistencia.

**Breve descripción de los dibujos**

45 La figura 1 es una vista esquemática de parámetros de proceso para suprimir las grietas por LME durante la soldadura mediante puntos de placas galvanizadas de acero TWIP en el documento;  
 la figura 2 es una vista esquemática de un método de soldadura mediante puntos de resistencia de acero galvanizado de alta resistencia con buen rendimiento de unión de acuerdo con la presente invención;  
 la figura 3 es una vista esquemática de una sección de soldadura mediante puntos de resistencia de acero galvanizado de alta resistencia;  
 50 la figura 4 es una vista esquemática de la relación entre un grosor de placa y una presión de soldadura;  
 la figura 5 es una metalografía de una sección típica de soldadura mediante puntos con un proceso n.º 1 (proceso convencional de soldadura mediante puntos) en una realización;  
 la figura 6 es una metalografía de una sección típica de soldadura mediante puntos de un proceso n.º 3 (el método de soldadura mediante puntos de la presente invención) en una realización.

**Descripción detallada de las realizaciones**

La presente invención se describirá con más detalle a continuación junto con los dibujos adjuntos y una realización específica.

60 La presente invención divulga un método de soldadura mediante puntos de resistencia de placas de acero galvanizado con una resistencia a la tracción no inferior a 590 Mpa. Por medio del método, se puede mejorar la plasticidad del punto de soldadura y aumentar la probabilidad de fallo por desprendimiento de botón de los puntos de soldadura durante las pruebas de rotura, al tiempo que se suprime la generación de grietas por fragilización por metal líquido (LME) durante la soldadura mediante puntos de placas galvanizadas de acero de alta resistencia.

Como se muestra en la figura 2, en un método de soldadura mediante puntos de resistencia de acero galvanizado de alta resistencia con un buen rendimiento de unión, se utilizan tres pulsos de soldadura dentro de un programa de soldadura mediante puntos; un primer pulso de soldadura y un segundo pulso de soldadura se utilizan para generar una pepita y suprimir la generación de grietas por LME, en donde el primer pulso de soldadura genera una pepita que tiene un diámetro de  $3,75 T^{1/2}$ - $4,25 T^{1/2}$ , y T representa un grosor de placa; el segundo pulso de soldadura hace que la pepita crezca lentamente; y un tercer pulso de soldadura es un pulso de templado, que se utiliza para mejorar la plasticidad de un punto de soldadura.

Se ajusta un tiempo  $t_1$  del primer pulso de soldadura, y la corriente de soldadura  $I_1$  del primer pulso de soldadura se obtiene a través pruebas, y la corriente de soldadura  $I_1$  del primer pulso de soldadura es una corriente de soldadura al generar la pepita que tiene el diámetro de  $3,75 T^{1/2}$ - $4,25 T^{1/2}$  ( $T$ =grosor de placa). Una corriente de soldadura  $I_2$  y un tiempo  $t_2$  del segundo pulso de soldadura y una corriente de soldadura  $I_3$  y un tiempo  $t_3$  del tercer pulso de soldadura se calculan mediante la corriente de soldadura  $I_1$  y el tiempo  $t_1$  del primer pulso de soldadura.

En la presente invención, la corriente de soldadura  $I_2$  y el tiempo  $t_2$  del segundo pulso de soldadura y la corriente de soldadura  $I_3$  y el tiempo  $t_3$  del tercer pulso de soldadura pueden calcularse convenientemente mediante la corriente de soldadura  $I_1$  y el tiempo  $t_1$  del primer pulso de soldadura obtenidos a través de unas pocas pruebas, de modo que el proceso de soldadura mediante puntos, que no solo puede suprimir las grietas por LME durante la soldadura mediante puntos de las placas galvanizadas de acero de alta resistencia, sino que también puede mejorar la plasticidad del punto de soldadura, se aplica.

El principio de funcionamiento del método de soldadura mediante puntos de resistencia de acero galvanizado de alta resistencia con buen rendimiento de unión de la presente invención es el siguiente:  
Una tensión y un intervalo de temperatura adecuado (el intervalo del acero galvanizado de alta resistencia es de  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) son dos condiciones necesarias para la generación de las grietas por LME. El acero galvanizado de alta resistencia presenta las dos condiciones anteriores en un proceso de soldadura mediante puntos, por lo que genera las grietas por LME.

La idea de diseño de la presente invención es evitar la aparición de las grietas por LME al reducir el nivel de tensión de una región X sensible a grietas por LME de soldadura mediante puntos, como se muestra en la figura 3. El principio específico es el siguiente: con el aumento del aporte de calor durante la soldadura mediante puntos, un diámetro D y una altura h de la pepita Y aumentan de manera continua. Dado que el acero de alta resistencia, especialmente el acero de ultra alta resistencia, consiste en añadir más elementos de aleación a un material base, este tiene una alta resistividad eléctrica, la velocidad de generación de calor durante la soldadura mediante puntos es alta y la pepita crece a gran velocidad. La altura h de la pepita crece demasiado rápido, de modo que el grosor  $T'$  del material base no fundido en una dirección de grosor de placa disminuye rápidamente y el tamaño del grosor  $T'$  del material base no fundido afecta directamente al área de sección transversal bajo una carga. Por lo tanto, cuanto menor es el grosor  $T'$  del material base no fundido, mayor es la tensión.

En la presente invención, la pepita que tiene el diámetro de  $3,75 T^{1/2}$ - $4,25 T^{1/2}$  ( $T$ =el grosor de placa) es generada por el primer pulso de soldadura. En ese momento, la pepita es relativamente pequeña, el grosor  $T'$  del material base no fundido es relativamente grande y no se genera la grieta por LME de la soldadura mediante puntos. Acto seguido, se aplica el segundo pulso de soldadura con un tiempo  $t_2$  corto para hacer crecer lentamente la pepita, reduciendo así la velocidad de disminución del grosor  $T'$  del material de base no fundido para reducir el nivel de tensión de la región sensible a grietas por LME y evitar la aparición de las grietas por LME.

La mejora de la plasticidad del punto de soldadura y el aumento de la probabilidad de fallo por desprendimiento de botón del punto de soldadura durante la prueba de rotura se logran con el tercer pulso de soldadura. El pulso es el pulso de templado, que puede reducir eficazmente la velocidad de enfriamiento de la región de la pepita y reducir la generación de una estructura endurecida de la junta, mejorando así la plasticidad de la junta.

Etapas de implementación de pruebas:

1 Ajustes de parámetros básicos:

1.1 Se utiliza un electrodo que tiene una superficie abovedada de  $\phi 6$  mm (grosor de placa  $\leq 1,4$  mm) o  $\phi 8$  mm (grosor de placa  $> 1,4$  mm).

1.2 La presión de soldadura se ajusta dentro de una región cerrada como se muestra en la figura 4 de acuerdo con el grosor de placa. Un método específico para ajustar un valor de la presión de soldadura es el siguiente: el límite inferior de la presión de soldadura  $F_{\text{mín}} = 3,182 T + 0,0364$  kN (en donde T representa el grosor de placa, su unidad es mm y el intervalo de T es  $0,9\text{ mm}$ - $2,0\text{ mm}$ ); el límite superior de la presión de soldadura  $F_{\text{máx}} = 4,091 T - 0,182$  kN (en donde T representa el grosor de placa, su unidad es mm y el intervalo de T es  $0,9\text{ mm}$ - $2,0\text{ mm}$ ).

1.3 Caudal del agua de enfriamiento:  $2\text{ l/min}$ - $4\text{ l/min}$ .

## ES 3 002 385 T3

- 1.4 El tiempo de C1, C2 y HT (tiempo de espera) en la figura 2 se ajusta de acuerdo con la tabla 1. El tiempo de intervalo entre el primer pulso de soldadura y el segundo pulso de soldadura es C1, es decir, un primer tiempo C1 de enfriamiento, el tiempo de intervalo entre el segundo pulso de soldadura y el tercer pulso de soldadura es C2, es decir, un segundo tiempo C2 de enfriamiento, el tiempo de mantenimiento HT es un tiempo después del tercer pulso de soldadura y sus valores para placas de acero de diferentes grosores se ajustan respectivamente de la siguiente manera:

Tabla 1

Grosor de placa/mm	C1	C2	HT
0,9-1,2	1 cic.	8 cic.	5 cic.
1,3-1,6		10 cic.	
1,7-2,0		12 cic.	
En donde: cic. representa la unidad de tiempo, que es un ciclo, 1 cic. = 0,02 segundos;			

- 10 2 Ajuste del primer pulso de soldadura:

2.1 El tiempo  $t_1$  del primer pulso de soldadura se ajusta de acuerdo con el grosor de placa y un método de ajuste específico es el siguiente:

- 15 Grosor de placa de 0,9-1,2 mm:  $t_1$ : 8-12 cic.;  
 Grosor de placa de 1,3-1,6 mm:  $t_1$ : 10-15 cic.,  
 Grosor de placa de 1,7-2,0 mm:  $t_1$ : 12-18 cic.

- 20 2.2 Se ajusta la corriente de soldadura  $I_1$  del primer pulso de soldadura. Se genera una pepita que tiene un diámetro de  $3,75 T^{1/2}$ - $4,25 T^{1/2}$  ( $T$ =grosor de placa). Las etapas de ajuste de la corriente de soldadura  $I_1$  del primer pulso de soldadura son las siguientes:

25 2.2.1 El electrodo, la presión, el caudal del agua de enfriamiento y el HT se ajustan de acuerdo con "1 Ajustes de parámetros básicos". C1 y C2 se ajustan en 0.

2.2.2 Se ajusta  $t_1$  de acuerdo con el método de "2.1".

30 2.2.3 A partir de 4 kA, la corriente de soldadura  $I_1$  del primer pulso se ajusta secuencialmente con 400 A como longitud de etapa y se sueldan dos muestras de soldadura mediante puntos con cada corriente.

2.2.4 Las muestras de soldadura mediante puntos de 2.2.3 se destruyen utilizando un método de pelado.

35 2.2.5 El diámetro de la pepita del punto de soldadura de cada muestra de soldadura mediante puntos destruida en la etapa 2.2.4 se mide utilizando un calibrador Vernier.

2.2.6 Se promedian los diámetros de las pepitas de los dos puntos de soldadura bajo la misma corriente de soldadura y la corriente correspondiente cuando el valor promediado es el más cercano a  $3,75 T^{1/2}$ - $4,25 T^{1/2}$  ( $T$ =grosor de placa) es la "corriente de soldadura  $I_1$  del primer pulso".

- 40 3 Ajuste del tiempo  $t_2$  del segundo pulso de soldadura y el tiempo  $t_3$  del tercer pulso de soldadura:

3.1 El electrodo, la presión, el caudal de agua de enfriamiento, C1, C2 y HT se ajustan de acuerdo con "1 Ajustes de parámetros básicos".

- 45 3.2 Los valores  $t_2$  y  $t_3$  se ajustan de acuerdo con el grosor de placa a través de  $t_1$  y un método específico es el siguiente:

Grosor de placa de 0,9-1,2 mm:  $t_1$ : 8-12 cic.;  $t_2 = \frac{t_1}{4}$ ;  $t_3 = \frac{t_1}{4} + 1$ .

Grosor de placa de 1,3-1,6 mm:  $t_1$ : 10-15 cic.;  $t_2 = \frac{2t_1}{5} - 2$ ;  $t_3 = \frac{t_1}{5} + 2$ .

50 Grosor de placa de 1,7-2,0 mm:  $t_1$ : 12-18 cic.;  $t_2 = \frac{t_1}{3}$ ;  $t_3 = \frac{t_1}{3} + 1$ .

4 Ajuste de la corriente de soldadura  $I_2$  del segundo pulso de soldadura y la corriente de soldadura  $I_3$  del tercer pulso de soldadura:

- 55 4.1 La corriente de soldadura  $I_2$  del segundo pulso de soldadura se ajusta de acuerdo con la corriente de soldadura  $I_1$  del primer pulso de soldadura. Se hace que el diámetro de la pepita crezca lentamente y se garantiza que no se

## ES 3 002 385 T3

produzcan salpicaduras de soldadura. Un método de ajuste de la corriente de soldadura I2 del segundo pulso de soldadura es el siguiente:

- 5 Límite inferior de I2:  $I_{2\text{mín}} = (1,3 - 0,05 t_2) I_1$ , en donde  $t_2$  es el tiempo del segundo pulso de soldadura (unidad: cic.);  
 Límite superior de I2:  $I_{2\text{máx}} = (2,2 - 0,1 t_2) I_1$ , en donde  $t_2$  es el tiempo del segundo pulso de soldadura (unidad: cic.).

- 10 4.2 La corriente de soldadura I3 del tercer pulso de soldadura se ajusta de acuerdo con la corriente de soldadura I1 del primer pulso de soldadura. Se realiza un procesamiento por enfriamiento lento en el punto de soldadura para reducir la generación de la estructura endurecida de la pepita y para mejorar la plasticidad del punto de soldadura. Un método de ajuste de la corriente de soldadura I3 del tercer pulso de soldadura es el siguiente:

- 15 Límite inferior de I3:  $I_{3\text{mín}} = \frac{2}{3} I_1$   
 Límite superior de I3:  $I_{3\text{máx}} = I_1$ .

### Realización

- 20 La soldadura mediante puntos se realiza en acero de alta resistencia por inmersión en caliente de 1,6 mm (las propiedades mecánicas y las composiciones se muestran en la tabla 2) utilizando tres programas de soldadura mediante puntos: n.º 1, n.º 2 y n.º 3. Se comparan y evalúan las generaciones de grietas por LME y los modos de fractura del punto de soldadura durante la prueba de rotura. Las características y los resultados de las pruebas de los tres programas de soldadura mediante puntos se muestran en la tabla 3.

Tabla 2 Composiciones y propiedades mecánicas del acero galvanizado de alta resistencia

Grosor de placa	Propiedad mecánica			Composición química en %				
	Límite elástico	Resistencia a la tracción	Alargamiento de rotura	C	Si	Mn	P	S
1,6 mm	715 Mpa	1020 Mpa	20 %	0,2	1,5	1,8	0,01	0,002

25

Tabla 3 Características y resultados de los procesos de soldadura mediante puntos n.º 1, n.º 2 y n.º 3

Número de serie del proceso	Características del proceso	Resultado de la prueba
N.º 1	Proceso convencional de soldadura mediante puntos	El punto de soldadura genera graves grietas por LME
N.º 2	El tercer pulso de soldadura es cero y los procesos restantes se ajustan de acuerdo con el método de soldadura mediante puntos de la presente invención	La proporción de fractura interfacial en el punto de soldadura durante la prueba de rotura es elevada
N.º 3	Se adopta el método de soldadura mediante puntos de acuerdo con la presente invención	No se genera ninguna grieta por LME en la soldadura mediante puntos y se reduce considerablemente la proporción de fractura interfacial en el punto de soldadura durante la prueba de rotura

Los resultados detallados son los siguientes:

- 30 1. Resultados del proceso de soldadura mediante puntos n.º 1:

El proceso de soldadura mediante puntos n.º 1 es específicamente el que se muestra en la tabla 4:

Tabla 4 Proceso de soldadura mediante puntos n.º 1

Grosor de placa	Diámetro de la superficie de extremo del electrodo	Presión de soldadura	Primer pulso		Primer tiempo de enfriamiento	Segundo pulso		Segundo tiempo de enfriamiento	Tercer pulso		Tiempo de espera	Caudal del agua de enfriamiento
			Tiempo	Corriente		Tiempo	Corriente		Tiempo	Corriente		
1,6 mm	6 mm	3,6 kN	6 cic.	$I_1$	1 cic.	6 cic.	$I_2$	1 cic.	6 cic.	$I_3$	5 cic.	2 l/min

Nota:  $I_1=I_2=I_3$  en la tabla

## ES 3 002 385 T3

A través de la metalografía, en la totalidad de la región soldada se encuentran graves grietas por fragilización por metal líquido (LME). La figura 5 es una metalografía típica de la misma.

2. Resultados del proceso de soldadura mediante puntos n.º 2:

5

El proceso de soldadura mediante puntos n.º 2 es el siguiente:

Tabla 5 Proceso de soldadura mediante puntos n.º 2

Grosor de placa	Diámetro de la superficie de extremo del electrodo	Presión de soldadura	Primer pulso		Primer tiempo de enfriamiento	Segundo pulso		Segundo tiempo de enfriamiento	Tercer pulso		Tiempo de espera	Caudal del agua de enfriamiento
			Tiempo	Corriente		Tiempo	Corriente		Tiempo	Corriente		
1,6 mm	8 mm	5,5 kN	15 cic.	8,0 kA	1 cic.	4 cic.	8,8-14,4 kA	0	0	0	5 cic.	2 l/min

## ES 3 002 385 T3

5 Por medio de este método de soldadura, durante las pruebas de rotura, el modo de fractura del punto de soldadura es principalmente la fractura interfacial. Si bien la resistencia a la tracción (TSS) y la resistencia a la tracción transversal (CTS) del punto de soldadura cumplen los requisitos, el punto de soldadura después de la prueba de TSS es, casi en su totalidad, con fractura interfacial y la proporción de fractura interfacial después de la prueba de CTS es también inferior al 50 %.

3. Resultados del proceso de soldadura mediante puntos n.º 3:

10 El proceso de soldadura mediante puntos n.º 3 es el siguiente:

Tabla 6 Proceso de soldadura mediante puntos n.º 3

Grosor de placa	Diámetro de la superficie de extremo del electrodo	Presión de soldadura	Primer pulso		Primer tiempo de enfriamiento	Segundo pulso		Segundo tiempo de enfriamiento	Tercer pulso		Tiempo de espera	Caudal del agua de enfriamiento
			Tiempo	Corriente		Tiempo	Corriente		Tiempo	Corriente		
1,6 mm	8 mm	5,5 kN	15 cic.	8,0 kA	1 cic.	4 cic.	8-8-14,4 kA	10 cic.	5 cic.	5,3 kA	5 cic.	2 l/min

## ES 3 002 385 T3

Mediante este método, la grieta por fragilización por metal líquido (LME) no se encuentra en la totalidad de la región soldada a través de la metalografía. La metalografía típica es la que se muestra en la figura 6.

- 5 Al mismo tiempo, mediante este proceso, la resistencia a la tracción (TSS) y la resistencia a la tracción transversal (CTS) del punto de soldadura cumplen los requisitos, el modo de fractura detectado después de la prueba de CTS es todo fallo por desprendimiento de botón y la proporción de fallo por desprendimiento de botón en el punto de soldadura detectado después de la detección de TSS es también superior al 70 %, lo cual es mucho mejor que el resultado cuando no se aplica el pulso de enfriamiento lento.

REIVINDICACIONES

1. Un método de soldadura mediante puntos de resistencia de acero galvanizado de alta resistencia con un buen rendimiento de unión, en donde:

5 un primer pulso de soldadura y un segundo pulso de soldadura se utilizan para generar una pepita (Y) y suprimir la generación de grietas por fragilización por metal líquido (LME), en donde el primer pulso de soldadura genera una pepita (Y) que tiene un diámetro (D) de  $3,75 T^{1/2}$ - $4,25 T^{1/2}$  en el que T representa un grosor de placa; el segundo pulso de soldadura hace que la pepita (Y) crezca lentamente;

10 **caracterizado por** un tercer pulso de soldadura que es un pulso de templado utilizado para mejorar la plasticidad de un punto de soldadura, en donde se utilizan los tres pulsos de soldadura dentro de un programa de soldadura mediante puntos;

15 en donde se ajusta un tiempo t1 del primer pulso de soldadura y una corriente de soldadura I1 del primer pulso de soldadura se obtiene a través de pruebas, y la corriente de soldadura I1 del primer pulso de soldadura es una corriente de soldadura al generar la pepita (Y) que tiene el diámetro (D) de  $3,75 T^{1/2}$ - $4,25 T^{1/2}$ ; y

una corriente de soldadura I2 y un tiempo t2 del segundo pulso de soldadura y una corriente de soldadura I3 y un tiempo t3 del tercer pulso de soldadura se calculan mediante la corriente de soldadura I1 y el tiempo t1 del primer pulso de soldadura;

20 en donde para el grosor de placa de 0,9-1,2 mm, el tiempo t1 del primer pulso de soldadura se fija en 8-12 cic., en donde cic. representa una unidad de tiempo, 1 cic. = 0,02 segundos, y la corriente de soldadura I1 del primer pulso de soldadura se obtiene a través de pruebas;

para el grosor de placa de 1,3-1,6 mm, el tiempo t1 del primer pulso de soldadura se fija en 10-15 cic. y la corriente de soldadura I1 del primer pulso de soldadura se obtiene a través de pruebas;

25 para el grosor de placa de 1,7-2,0 mm, el tiempo t1 del primer pulso de soldadura se fija en 12-18 cic. y la corriente de soldadura I1 del primer pulso de soldadura se obtiene a través de pruebas; en consecuencia:

30 para el grosor de placa de 0,9-1,2 mm, el tiempo del segundo pulso de soldadura se fija en  $t2 = \frac{t1}{4}$ ; el tiempo del tercer pulso de soldadura se fija en  $t3 = \frac{t1}{4} + 1$  cic.;

para el grosor de placa de 1,3-1,6 mm, el tiempo del segundo pulso de soldadura se fija en  $t2 = \frac{2t1}{5} - 2$ ; el tiempo del tercer pulso de soldadura se fija en  $t3 = \frac{t1}{5} + 2$  cic.;

para el grosor de placa de 1,7-2,0 mm, el tiempo del segundo pulso de soldadura se fija en  $t2 = \frac{t1}{3}$ ; el tiempo del tercer pulso de soldadura se fija en  $t3 = \frac{t1}{3} + 1$  cic.;

35 de acuerdo con el grosor de placa, en consecuencia, un método específico de cálculo de I2 e I3 mediante I1 es el siguiente:

un método específico de ajuste de la corriente I2 del segundo pulso de soldadura es el siguiente:

40 un límite inferior de I2:  $I2_{\text{mín}} = (1,3 - 0,05 t2) / 1$ , un límite superior de I2:  $I2_{\text{máx}} = (2,2 - 0,1 t2) / 1$ ;  
un método específico de ajuste de la corriente I3 de la tercera corriente I3 de pulso de soldadura es el siguiente:

un límite inferior de I3:  $I3_{\text{mín}} = \frac{2}{3} I1$ , un límite superior de I3:  $I3_{\text{máx}} = I1$ ;

45 un intervalo de tiempo entre el primer pulso de soldadura y el segundo pulso de soldadura es C1, que es un primer tiempo de enfriamiento,

un intervalo de tiempo entre el segundo pulso de soldadura y el tercer pulso de soldadura es C2, que es un segundo tiempo de enfriamiento,

un tiempo de espera HT es un tiempo después del tercer pulso de soldadura, y

50 para placas de acero de diferentes grosores, los valores de C1, C2 y HT se ajustan respectivamente de la siguiente manera:

grosor de placa de 0,9-1,2 mm, C1=1 cic., C2=8 cic., HT=5 cic.;

grosor de placa de 1,3-1,6 mm, C1=1 cic., C2=10 cic., HT=5 cic.;

grosor de placa de 1,7-2,0 mm, C1=1 cic., C2=12 cic., HT=5 cic.

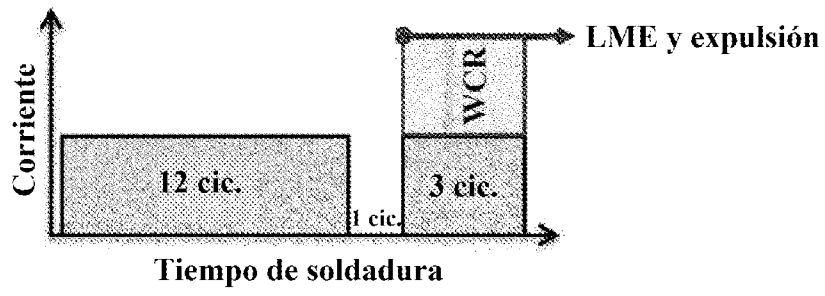


Fig. 1

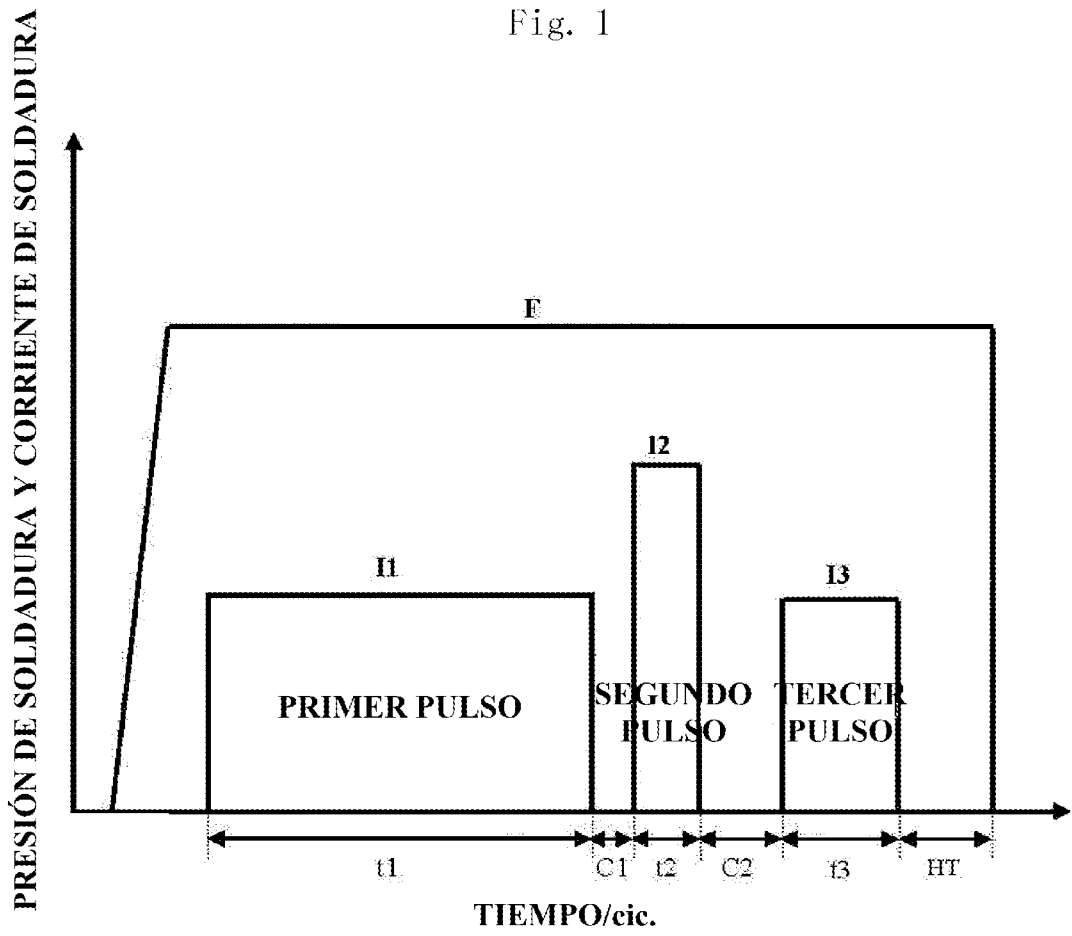


Fig. 2

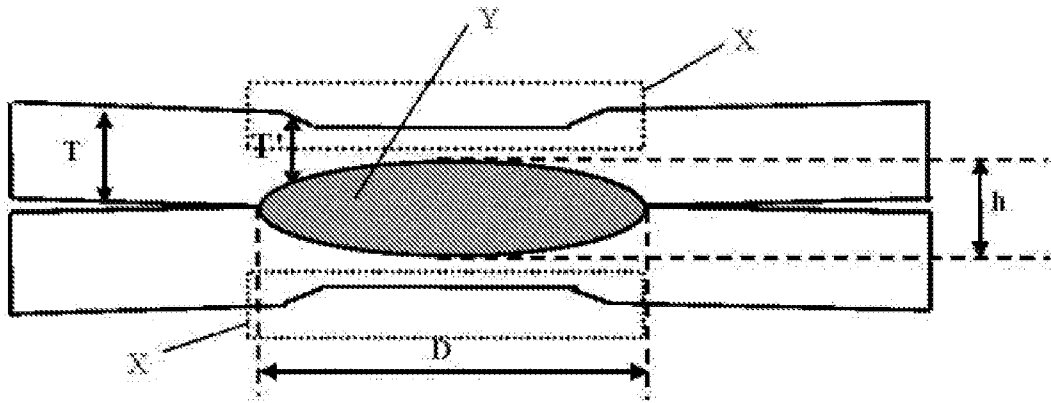


Fig. 3

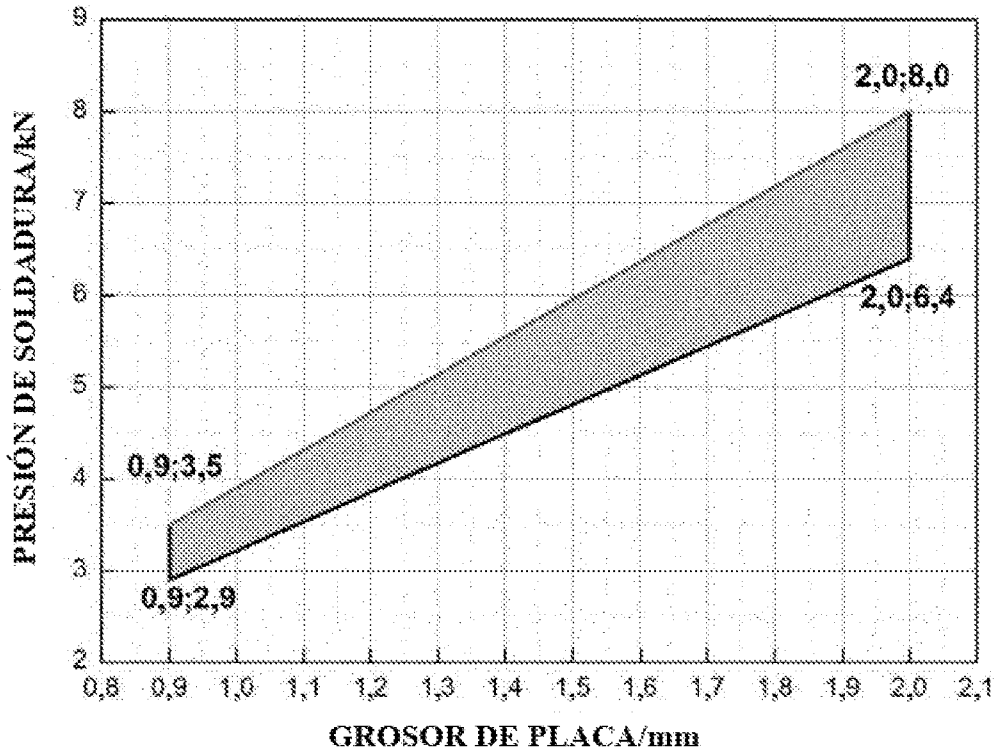


Fig. 4

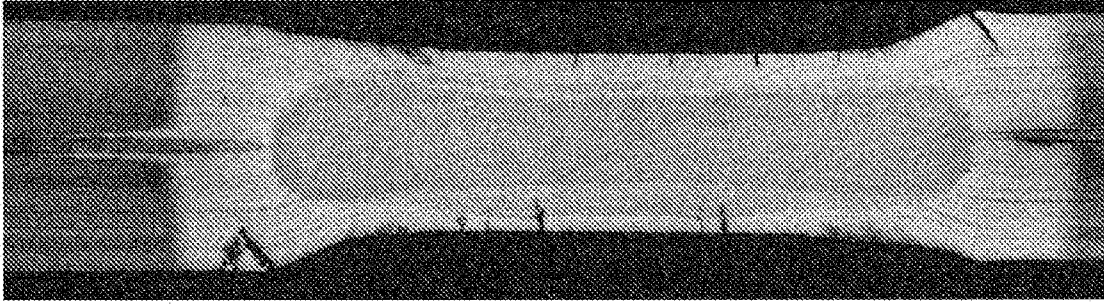


Fig. 5

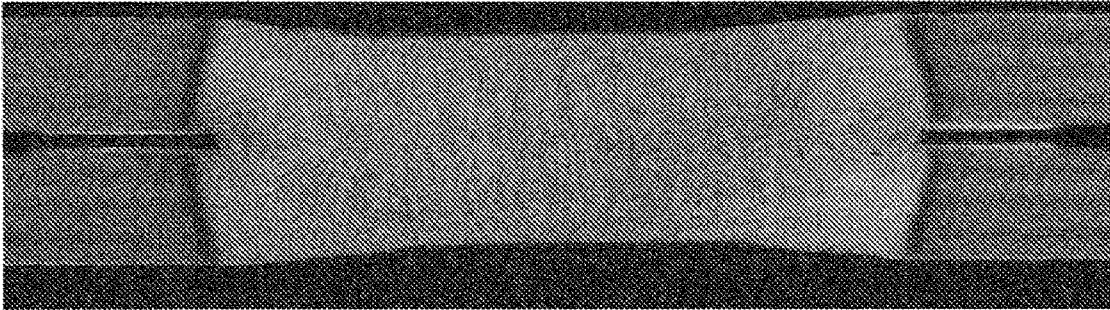


Fig. 6