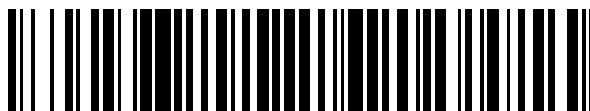


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 423 292**

51 Int. Cl.:

B23K 26/14 (2006.01)

B23K 26/26 (2006.01)

B23K 26/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2007 E 10150100 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2013 EP 2168710**

54 Título: **Procedimiento de soldadura híbrida por láser-arco de piezas metálicas revestidas que contienen principalmente aluminio y silicio**

30 Prioridad:

12.07.2006 FR 0652928

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

19.09.2013

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
DIRECTION DE LA PROPRIÉTÉ
INTELLECTUELLE 75 QUAI D'ORSAY
75007 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**BRIAND, FRANCIS;
CHOVET, CORINNE y
DUBET, OLIVIER**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 423 292 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

Procedimiento de soldadura híbrida por láser-arco de piezas metálicas revestidas que contienen principalmente aluminio y silicio

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de soldadura híbrida por láser-arco de una o varias piezas metálicas que presentan una capa o un revestimiento de superficie aluminado, es decir que contiene aluminio, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 (véase por ejemplo el documento US 2005 / 011 870.

10 Los materiales embutibles en caliente, es decir aproximadamente a 900 °C, como el USIBOR 1500, que está formado de acero 22 Mn, B 5 (que contiene especialmente 0,22% de C, 1,25% de Mn y B), de límite elástico muy elevado (acero THLE) están recubiertos generalmente por una capa o revestimiento a base de aluminio y de silicio, denominada « capa Al-Si » formada por ejemplo de 90% Al + 10% Si (% en masa), para impedir la oxidación y por tanto que aparezca calamina durante un tratamiento térmico.

En efecto, en ausencia de esta capa de Al-Si, si aparece calamina en superficie, la capa de calamina debe ser retirada por chorreado de arena o por cualquier otra técnica equivalente, y por tanto necesita una operación suplementaria que genera un sobrecoste importante y una pérdida de productividad en el plano industrial.

15 Además, la capa de Al-Si sirve también de lubricante de superficie, durante la embutición en caliente de la chapa.

El espesor de esta capa es generalmente de aproximadamente 30 µm en el USIBOR 1500 por ejemplo y, después de un tratamiento térmico, llega hasta aproximadamente 40 µm a 45 µm, según la duración del tratamiento, por difusión del hierro en la capa y del aluminio en el hierro. El valor alto de 45 µm es generalmente un valor límite porque por encima de éste la capa se hace demasiado quebradiza.

20 Esta capa de Al-Si aumenta las resistencias de contacto en la soldadura por puntos por resistencia, lo que sugiere que ésta es menos conductora que un acero no revestido.

25 Las piezas de acero realizadas con este tipo de revestimiento son principalmente piezas de estructura, en particular piezas de vehículos automóviles, como los pies centrales, los refuerzos anti-intrusión, los travesaños de parachoques... Sin embargo, se utilizan también tubos de acero recubiertos de una capa de Al-Si para fabricar diversas estructuras, tales como por ejemplo tubos de escape.

Los espesores clásicos de estas piezas revestidas están comprendidos entre 0,8 mm y 2,5 mm.

30 De modo general, la utilización de este tipo de piezas con revestimiento de Al-Si tiende a desarrollarse de modo importante porque este tipo de revestimiento permite evitar especialmente los depósitos de calamina antes mencionados, mientras que estas piezas de estructuras son embutibles únicamente en caliente y sus características mecánicas solamente se obtienen después de un tratamiento térmico realizado justo después del conformado.

Sin embargo, estas chapas deben ser recortadas antes de ser soldadas y luego embutidas. Este recorte se hace habitualmente por cizalladura, o por corte por haz láser.

35 El procedimiento de corte por láser presenta la ventaja de no aportar revestimiento sobre los bordes laterales recortados. Si embargo, este procedimiento es caro en términos de inversión porque necesita la adquisición de una instalación completa de corte por láser, lo que bloquea su difusión en el plano industrial.

Por otra parte, el procedimiento de recorte por cizalladura es el menos caro, por tanto el más difundido en la industria, pero presenta el gran inconveniente de arrastrar a una parte del revestimiento de Al-Si sobre el canto de la pieza y esto por efecto de deslizamiento.

40 Ahora bien, durante una operación subsiguiente de soldadura por haz láser en configuración de unión de borde con borde (soldadura a tope), de chapas o piezas de acero aluminadas recortadas por cizalladura, se constata, después de la soldadura, la presencia en el cordón de soldadura de una fase menos resistente a la tracción que el metal de base y que la zona fundida.

45 Un análisis químico de la composición de esta fase muestra que ésta contiene un porcentaje de aluminio (> 1,2% en masa) suficientemente importante para impedir la transformación austenítica del acero. En efecto, siendo el aluminio un elemento alfaeno, por encima de un cierto contenido éste impide la transformación austenítica de los aceros. Durante el enfriamiento, la microestructura de la fase no cambia y permanece en forma de ferrita δ, que tiene una dureza próxima a 230 Hv.

Cuando la matriz ha sufrido una transformación austenítica, después martensítica/bainítica presenta una dureza del orden de 450 Hv.

50 Existen compuestos intermetálicos para valores de aluminio del 13% (Fe₃Al), 33% (FeAl), etc... Estos valores han sido medidos en las muestras realizadas en láser sólo.

En otras palabras, se está en presencia de una fase menos resistente que la matriz y ésta provoca una disminución de las características mecánicas del ensamblaje.

5 Esta fase no es puesta en solución en la matriz durante el calentamiento a 900 °C (austenización) porque se suprime la transformación austenítica y, por consiguiente, durante la embutición a 900 °C que sigue a la operación de soldadura a tope, hay riesgo de fisuración dado que esta fase tiene una resistencia a la rotura menor que la matriz en forma de austenita, a esta temperatura. Por otra parte, después de ensayos mecánicos de un cordón de este tipo, se constata que la resistencia global de la soldadura es más baja que la del metal de base, lo que conduce a una pieza no conforme con las especificaciones.

10 El documento US -A- 2005/0011870 propone soldar los materiales revestidos de una capa de Al/Si por haz láser. A fin de producir una microestructura más homogénea, el haz láser pasa varias veces seguidas sobre la junta de soldadura.

Por otra parte, se conoce el documento JP -A- 2002-160082 que propone soldar placas revestidas de cinc o de una aleación de cinc por puesta en práctica de dos etapas sucesivas de soldadura, a saber una primer etapa de soldadura láser, y una segunda etapa de soldadura al arco.

15 Finalmente, el documento EP -A-1 669 153 propone realizar una soldadura por puntos de acero revestido de una aleación ternaria de aluminio, de silice y de hierro.

20 El problema que se plantea es por tanto proponer un procedimiento de soldadura eficaz de piezas aluminadas, es decir de piezas que presenten un revestimiento de Al-Si en superficie, que permita especialmente obtener una junta de soldadura que presente buenas características, incluso cuando las piezas hayan sido recortadas por cizalladura y no hayan sido sometidas a una etapa de preparación de las superficies de sus cantos laterales.

La solución de la invención es un procedimiento de soldadura híbrida láser/arco de al menos una pieza de acero que presenta un revestimiento de superficie tal como el definido en la reivindicación 1. De acuerdo con la invención, un arco eléctrico se combina con el haz láser para fundir el metal de la pieza o de las piezas que hay que ensamblar incidiendo simultáneamente en un sitio o una zona de soldadura común única.

25 Dependiendo del caso, el procedimiento de la invención puede comprender una o varias de las características siguientes:

- el revestimiento tiene un espesor comprendido entre aproximadamente 30 µm y 45 µm.

- el revestimiento tiene un espesor de aproximadamente 30 µm.

- el revestimiento de superficie está formado por 90% de aluminio y 10% de silicio (% en masa).

30 - al menos una de las piezas tiene un espesor comprendido entre 0,5 mm y 4 mm, preferentemente del orden de 0,8 mm a 2,5 mm.

- al menos una de las piezas presenta, previamente a su soldadura, depósitos del citado revestimiento, especialmente de Al/Si, sobre la superficie de uno de los cantos laterales.

- el arco es facilitado por un electrodo de soldadura de tungsteno, es decir una antorcha TIG.

35 - el arco se forma en la extremidad de un alambre fusible.

- durante la soldadura, se pone en práctica una protección gaseosa de al menos una parte del cordón de soldadura utilizando un gas de protección elegido entre mezclas de Helio/Argón o Argón puro.

La invención se comprenderá mejor gracias a la descripción que sigue, dada a título ilustrativo pero no limitativo, refiriéndose a las Figuras anejas.

40 La Figura 1 representa un esquema, en corte transversal, de una pieza 1 de acero aluminado, es decir recubierta de una capa 2 o revestimiento de Al-Si, a saber una capa de superficie a base de aluminio y de silicio, por ejemplo formada de 90% de Al + 10% de Si y destinada especialmente a impedir la oxidación y por tanto la aparición de calamina después de un tratamiento térmico de la pieza.

45 La pieza tiene un espesor de por ejemplo 1,5 mm y la capa de Al-Si, por ejemplo, un espesor (E) de aproximadamente 30 µm. Esta pieza 1 ha sido recortada por cizalladura, lo que ha provocado, por efecto de deslizamiento, depósitos nefastos 2a, 2b de una parte del revestimiento 2 de Al-Si sobre el canto 1a de la pieza 1.

Las Figuras 2 y 3 esquematizan dos modos de realización de procedimientos híbridos por láser-arco de acuerdo con la invención para ensamblar entre sí dos piezas 1 de acero aluminadas recortadas por cizalladura, tal como la pieza de la Figura 1.

De modo más preciso, la Figura 2 muestra el principio de un procedimiento de soldadura híbrida por láser y TIG mientras que la Figura 3 representa el principio de un procedimiento de soldadura híbrida por láser y MIG/MAG.

5 En efecto, si se desea aumentar la tasa de dilución del acero en el cordón de soldadura para disminuir el contenido de aluminio en la zona fundida y mejorar así la homogeneidad de ésta, se realiza más bien una soldadura híbrida por láser y TIG (véase la Fig. 2).

En este caso, el haz láser 3 es combinado con un arco eléctrico 4 facilitado por una antorcha de soldadura TIG equipada con un electrodo 5 no fusible de tungsteno.

10 La utilización de la soldadura híbrida por láser y TIG, en configuración de haz láser delante del arco, es decir que el láser incidirá en al menos una pieza que hay que soldar inmediatamente delante de arco, permite aumentar el tamaño de la zona fundida y por consiguiente permite una mayor participación del acero, que es pobre en aluminio (elemento alfa) y rico en manganeso, en la zona fundida.

Siendo aportado el aluminio únicamente por la capa de protección de Al-Si, mediciones muestran que la proporción de revestimiento vaporizado durante la operación de soldadura es mucho mayor que el valor medido en la zona fundida.

15 La aportación de un arco detrás del láser y/o de una fuente de energía suplementaria, por ejemplo desfocalización del haz láser o mancha focal oblonga, permite homogeneizar la zona fundida, y por tanto suprimir las concentraciones locales de aluminio superiores al 1,2 % que son creadoras de fases de ferrita δ .

20 Dicho de otro modo, realizar una soldadura híbrida por láser y TIG permite disminuir la proporción de aluminio en la zona fundida por aumento del volumen de metal fundido, así como una homogeneización de la zona fundida, eliminando así las concentraciones locales superiores al 1,2% de aluminio.

Por el contrario, si se desea más bien aportar elementos gammagenos, tales como Mn, Ni, Cu, etc ..., con el fin de aumentar el ámbito austenítico que permita las transformaciones de fases en la soldadura, es decir para contrarrestar el efecto alfa del aluminio al tiempo que se mejore la homogeneidad de la zona fundida, se realiza entonces preferentemente una soldadura híbrida por láser y MIG (véase la Fig.3).

25 En este caso, el haz láser 3 es combinado con un arco eléctrico 4 facilitado por una antorcha de soldadura MIG/MAG equipada con un electrodo alámbrico 6 fusible, tal como un alambre 6 de soldadura forrado (flux cored wire en inglés) o macizo (solid wire en inglés). La elección de alambre 6 más adaptada se hace en función de la composición del metal de base, de las características de cordón deseadas...

30 De hecho, la soldadura híbrida por láser y MIG, en configuración de láser delante del arco, permite utilizar un alambre forrado o análogo que contenga elementos gammagenos (Mn, Ni, Cu, etc...) favorable para el mantenimiento de una transformación austenítica en toda la zona fundida.

La aportación de energía suplementaria del arco eléctrico y/o la desfocalización del haz láser permiten homogeneizar la zona fundida y, por consiguiente, suprimir la presencia de ferrita δ .

Ejemplo comparativo.

35 Se han soldado 2 piezas de USIBOR 1500 de 1,8 mm de espesor con capa de Al/Si de 30 μm . Las piezas presentaban depósitos de Al sobre su canto que son característicos de un recorte por cizalladura.

El gas utilizado para la protección es Arcal 37 comercializado por la sociedad AIR LIQUIDE, a saber una mezcla de 70% de helio y de 30% de argón (% en volumen).

Se han soldado estas piezas utilizando:

40 - el procedimiento híbrida de arco y láser de la invención con un láser de tipo CO₂ de una potencia de 6 kW que tiene una focal de 250 mm, un arco generado por una antorcha de tipo TIG/AC de intensidad 200 A y de tensión 16 V, una distancia electrodo/haz de 2 mm, una velocidad de soldadura de 4 m/min.

- y a título comparativo, un procedimiento de soldadura láser clásico de una potencia de 6 kW con una focal de 250 mm y una velocidad de 4 m/min.

45 Los resultados comparativos obtenidos se dan en la Tabla siguiente.

Procedimiento	Rp0,2 (N/mm ²)	Rm (N/mm ²)	A%
Láser clásico	388	502	6,1

Híbrida Láser+TIG (invención)	384	567	25
-------------------------------------	-----	-----	----

Rp0,2: es el límite de elasticidad del material, es decir de deformación elástica

Rm: es el límite de rotura del material después de deformación plástica

A%: es el alargamiento del material (valor útil para la embutición).

- 5 Los resultados obtenidos muestran que los valores de tracciones (Rm y A%) son favorables para el procedimiento híbrida de láser y TIG puesto que con el procedimiento de acuerdo con la invención, el límite de deformación elástica del material soldado es sensiblemente idéntico, mientras que se observa una mejora muy notable del límite de rotura después de deformación plástica y del alargamiento del material.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de soldadura híbrida por láser-arco de al menos una pieza de acero (1) que presenta un revestimiento (2) de superficie donde el revestimiento (2) contiene principalmente aluminio y silicio y tiene un espesor (E) comprendido entre 5 μm y 45 μm , caracterizado por los aspectos siguientes:
- 5 - se pone en práctica un haz láser (3) y un arco (4) eléctrico que se combinan uno al otro para incidir simultáneamente en un sitio o una zona de soldadura común única y fundir en ella el metal de la pieza o las piezas que hay que ensamblar,
- el haz láser (3) es generado por un generador láser de tipo CO₂, de diodos o de fibra de iterbio, y
- 10 - se sueldan dos zonas puestas en posición unidas por los bordes o los dos bordes de una misma pieza cuyos bordes son aproximados uno al otro.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el revestimiento (2) tiene un espesor (E) comprendido entre aproximadamente 30 μm y 45 μm .
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque el revestimiento (2) tiene un espesor (E) de aproximadamente 30 μm .
- 15 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el revestimiento (2) de superficie está formado por 90% de aluminio y 10% de silicio (% en masa).
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque al menos una de las piezas (1) tiene un espesor comprendido entre 0,5 mm y 4 mm.
- 20 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque al menos una de las piezas (1) presenta, previamente a su soldadura, depósitos (2a, 2b) del citado revestimiento (2), especialmente de Al/Si, sobre la superficie de uno de sus cantos (1a) laterales.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el arco (4) es facilitado por un electrodo de soldadura de tungsteno (5).
- 25 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el arco (4) se forma en la extremidad de un alambre fusible (6).
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque, durante la soldadura, se pone en práctica una protección gaseosa de al menos una parte del cordón de soldadura utilizando un gas de protección elegido entre el argón puro y las mezclas argón/helio.
- 30 10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque al menos una de las piezas (1) tiene un espesor comprendido entre 0,8 mm y 2,5 mm.

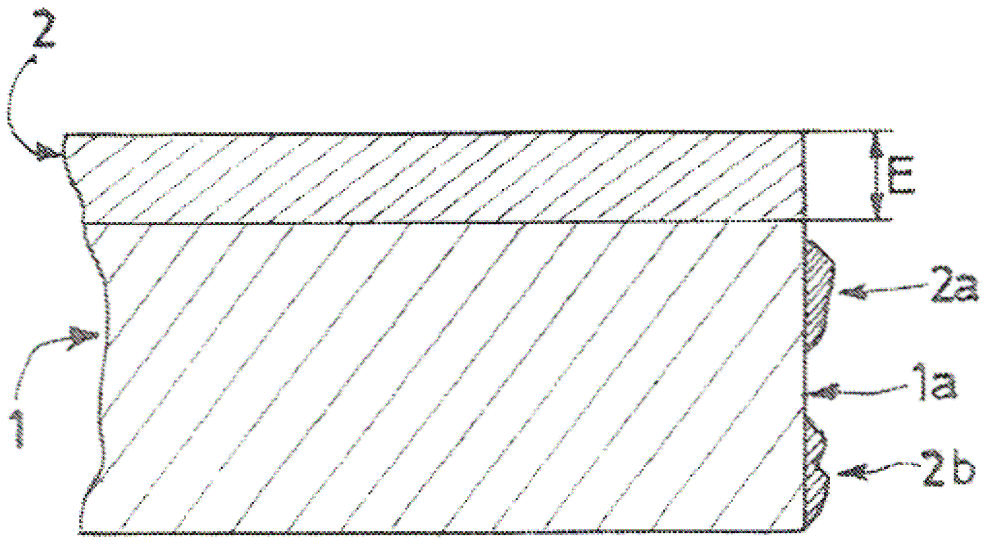


FIG. 1

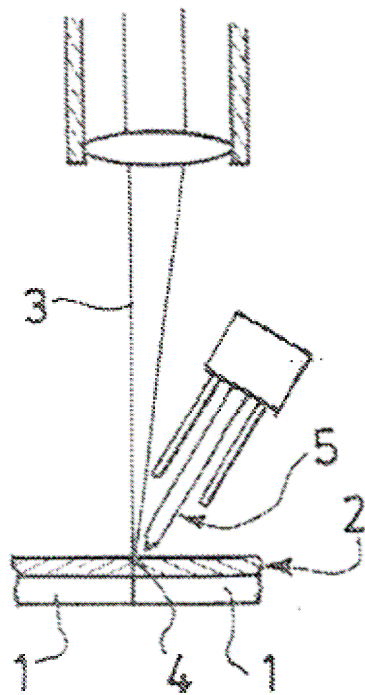


FIG. 2

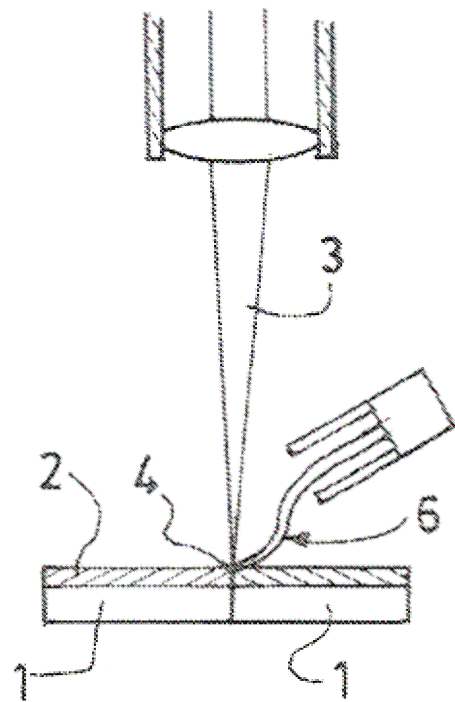


FIG. 3