

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 494**

51 Int. Cl.:

B23K 26/14 (2014.01)
B23K 26/32 (2014.01)
B23K 28/02 (2014.01)
B23K 35/02 (2006.01)
B23K 35/30 (2006.01)
B23K 26/20 (2014.01)
B23K 35/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2011 E 11723566 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015 EP 2593267**

54 Título: **Procedimiento de soldadura híbrida arco/láser de piezas en acero aluminizado con gas que incluye nitrógeno y/o oxígeno**

30 Prioridad:

13.07.2010 FR 1055691

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

21.12.2015

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**BRIAND, FRANCIS y
DUBET, OLIVIER**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 554 494 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 arco/láser de piezas en acero aluminizado con gas que incluye nitrógeno y/o oxígeno

5 La invención se refiere a un procedimiento de soldadura, de soldadura híbrida láser/arco de piezas en acero que incluye un revestimiento de la superficie a base de aluminio, en particular un revestimiento de aluminio y de silicio, empleando un gas de protección formado por argón y/o por helio al que se añaden bajas proporciones de nitrógeno o de oxígeno.

10 Se utilizan algunos aceros denominados aluminizados ya que revestidos de aluminio o de una aleación a base de aluminio, tal como los aceros de tipo USIBOR™, presentan muy elevadas características mecánicas después de estampado en caliente y, por lo tanto, cada vez más utilizados en el ámbito de la construcción de vehículos automóviles, cuando se busca una ganancia de peso.

15 En efecto, estos aceros se conciben por ser tratados térmicamente luego templados durante la operación de estampado en caliente y las características mecánicas que se derivan permiten una reducción muy significativa del peso del vehículo con respecto a un acero de alto límite de elasticidad estándar. Se utilizan principalmente para fabricar bastidores de parachoques, refuerzos de puerta, ejes centrales, montantes de ventanillas...

El documento EP-A-1878531, base del preámbulo de la reivindicación 1, propone soldar este tipo de aceros aluminizados por empleo de un procedimiento de soldadura híbrida láser/arco. El principio de la soldadura híbrida láser/arco es muy conocido en el estado de la técnica.

20 No obstante, se ha observado en la práctica que después de una operación de soldadura híbrida con atmósfera protectora formada por una mezcla He/Ar, de piezas de acero revestidas de aluminio o de una aleación de aluminio, en particular, aleación de tipo Al/Si, y tratamiento térmico post-soldadura que incluye un estampado en caliente a 920°C luego un temple en el útil (30°/s), una fase menos resistente en tracción que el metal de base y que la zona fundida aparece a menudo en el ensamblaje soldado.

25 Ahora bien, esta fase menos resistente en tracción constituye una zona frágil de la soldadura así obtenida, tal como se explica a continuación. Estas zonas más frágiles aparecen en el seno de la zona de martensita en forma de islotes de fase blanca que contienen agregados de aluminio procedente de la capa de la superficie.

30 Después del análisis, se ha determinado que esta fase contiene un porcentaje no desdeñable de aluminio (> 2%) que provoca la no transformación austenítica del acero durante su tratamiento térmico antes del estampado, es decir que esta fase permanece en forma de ferrita Delta y resulta una dureza menor que el resto de la parte que se haya sometido a una transformación martensítica/bainítica.

Ahora bien, la fase no transformada en fase martensita puede implicar, durante una caracterización mecánica del ensamblado después de la soldadura, estampado seguido de un tratamiento térmico, fisuras, e incluso una rotura por cizallamiento del ensamblado soldado, ya que estas zonas que hayan incorporado aluminio, presentan una resistencia de la soldadura más baja que la del metal depositado.

35 El problema que se plantea consiste por lo tanto en proponer un procedimiento de soldadura híbrida arco/láser que mejora las propiedades mecánicas de la junta soldada, durante una operación de soldadura de piezas de acero revestidas de una capa que incluye aluminio. Más concretamente, el problema consiste en poder obtener una microestructura homogénea de tipo martensita en zona fundida, es decir, en la junta de soldadura, después del estampado en caliente, típicamente a aproximadamente 920°C, y temple en el útil de estampado, típicamente con una velocidad de enfriamiento entre 800 y 500°C del orden de 30°C/seg.

40 La solución de la invención es un procedimiento de soldadura híbrida láser/arco que emplea un arco eléctrico y un haz láser que se combina uno con el otro, en particular, en el seno de un baño de soldadura único, en el cual el metal fundido es aportado por fusión de un hilo fusible y el baño de soldadura se realiza sobre al menos una pieza de acero que incluye un revestimiento de la superficie a base de aluminio, y en el cual se emplea por otra parte un gas de protección, donde el gas de protección está constituido de al menos un compuesto principal elegido entre el argón y el helio, y de 1 a 20% en volumen de al menos un compuesto adicional elegido entre el nitrógeno y el oxígeno.

45 Según la invención, el baño de soldadura, y en consecuencia posteriormente la junta de soldadura, se obtiene, por lo tanto, a nivel del plan de junta formado por la puesta en contacto, en particular, de un extremo a otro, de las piezas que se deben soldar, por fusión del acero constitutivo de las piezas bajo la acción simultánea de un haz láser y de un arco eléctrico que se combinan uno con el otro para ir a fundir el metal de la o de las piezas que se deben soldar, mientras que se obtiene una aportación suplementaria de metal fundido por otra parte gracias a un hilo fusible que también es fundido, preferentemente por el arco eléctrico, siendo el metal fundido así obtenido depositado en el baño de soldadura formado sobre la o las piezas a ensamblar.

55 Con el fin de solucionar el problema mencionado anteriormente, según la invención, se utiliza como atmósfera de

- protección de la zona de soldadura, en particular del baño de soldadura, una mezcla gaseosa que está formada solamente, por una parte, por argón, por helio o por los dos como compuesto(s) principal(es) de la mezcla gaseosa y, por otra parte, de nitrógeno o de oxígeno, o incluso de los dos, como compuesto(s) adicional(es), para constituir una mezcla gaseosa binaria de tipo Ar/N₂, Ar/O₂, He/O₂ o He/N₂, o una mezcla gaseosa ternaria de tipo Ar/He/N₂ o Ar/He/O₂, o incluso una mezcla gaseosa cuaternaria de tipo Ar/He/O₂/N₂. En todos los casos, la proporción de compuesto principal (i.e. AR y He) o la suma de las proporciones de los compuestos principales (i.e. AR y He) es superiores a la proporción de compuesto adicional (i.e. N₂ u O₂) o la suma de las proporciones de los compuestos adicionales (i.e. N₂ y O₂) presentes en la mezcla gaseosa.
- Entre estas distintas mezclas gaseosas utilizables, se prefieren especialmente dos mezclas gaseosas ya que conducen a muy buenos resultados, tal como se explica a continuación, a saber las mezclas Ar/N₂ o Ar/He/N₂ que contienen a lo sumo un 10% de nitrógeno (% en volumen) y ventajosamente de 3 a 7% aproximadamente de nitrógeno. De manera general, hay que tener en cuenta que, en el marco de la presente invención, excepto que se indique lo contrario, todos los porcentajes (%) dados son porcentajes en volumen (% en volumen).
- En efecto, el empleo de un procedimiento de soldadura híbrida arco/láser utilizando una mezcla gaseosa de protección formada por argón y/o por helio, por una parte, y de nitrógeno y/o de oxígeno, por otra parte, permite obtener, durante el ensamblaje de piezas de acero aluminizado, una junta de soldadura de microestructura martensítica desprovista o casi desprovista de islotes blanqueante de ferrita, ya que la adición de O₂ o de N₂ permite atrapar el aluminio procedente de la capa de la superficie y que se libera durante la fusión de dicha capa bajo el efecto del arco y del haz láser.
- La captación del aluminio por los compuestos O₂ o N₂ conduce a la formación de compuestos de tipo Al₂O₃ o AlN evitando así la formación de ferrita u otros compuestos intermetálicos dañinos. En realidad, los óxidos o los nitruros de aluminio así formados sobrenadan en la superficie del baño, impidiendo así la puesta en solución del aluminio en el baño de soldadura.
- Resulta una supresión o al menos una notable disminución de la incorporación de aluminio en la soldadura, por lo tanto, una mejora de la resistencia en tracción debido a una desaparición total o casi total de la fase blanqueante de ferrita Delta habitualmente observada.
- Según el caso, el procedimiento de la invención puede comprender una o varias de las siguientes características:
- el gas de protección contiene de 1 a 15% en volumen de dicho, al menos, compuesto adicional.
 - el gas de protección contiene al menos 2 en volumen de dicho, al menos, compuesto adicional.
 - el gas de protección contiene a lo sumo 10% en volumen de dicho, al menos, compuesto adicional.
 - el gas de protección contiene solamente nitrógeno como compuesto adicional.
 - el gas de protección contiene al menos 4% en volumen de nitrógeno como compuesto adicional.
 - el gas de protección contiene al menos 5% en volumen de nitrógeno como compuesto adicional.
 - el gas de protección contiene a lo sumo 8% en volumen de nitrógeno como compuesto adicional.
 - el gas de protección contiene a lo sumo 7% en volumen de nitrógeno como compuesto adicional.
 - el gas de protección contiene al menos 5,5% en volumen de nitrógeno y a lo sumo 6,5% en volumen de nitrógeno.
 - el gas de protección es una mezcla He/Ar/N₂ o Ar/N₂.
 - el o las piezas de acero incluyen un revestimiento de la superficie a base de aluminio que tiene un espesor comprendido entre 5 y 100 μm, preferentemente inferior o igual a 50 μm. El revestimiento cubre al menos una superficie de la o de las piezas pero preferentemente nada o casi nada del revestimiento a base de aluminio está presente sobre los bordes de los extremos de la o de dichas piezas, es decir, sobre los tramos de una chapa por ejemplo.
 - la o las piezas metálicas son de acero con un revestimiento de la superficie a base de aluminio y de silicio, preferentemente el revestimiento de la superficie contiene más de 70% en peso de aluminio.
 - la o las piezas metálicas son de acero con un revestimiento de la superficie constituido esencialmente de aluminio y de silicio (Al/Si).
 - la o las piezas metálicas incluyen un revestimiento de la superficie a base de aluminio y de silicio que contiene una proporción de aluminio entre 5 y 100 veces superior a la de silicio, por ejemplo, una proporción de aluminio de 90% en peso y una proporción de silicio de 10% en peso, lo que representa una

ES 2 554 494 T3

capa de revestimiento de la superficie que comprende 9 veces más de aluminio que de silicio.

- 5 - la o las piezas metálicas incluyen un revestimiento de la superficie a base de aluminio y de silicio que contiene una proporción de aluminio entre 5 y 50 veces superior a la de silicio, en particular, una proporción de aluminio entre 5 y 30 veces superior a la de silicio, en particular, una proporción de aluminio entre 5 y 20 veces superior a la de silicio.
- se sueldan varias piezas una con la otra, típicamente dos piezas; pudiendo dichas piezas ser idénticas o diferentes, en particular, en términos de formas, de espesores, etc...
- las piezas son de acero muy aleado (> 5% en peso de elementos de aleación), débilmente aleado (< 5% en peso de elementos de aleación) o no aleado, por ejemplo un acero al carbono.
- 10 - el hilo de soldadura es un hilo macizo o un hilo tubular.
- el hilo de soldadura tiene un diámetro entre 0,5 y 5 mm, típicamente entre aproximadamente 0,8 y 2,5 mm.
- el hilo fusible siendo fundido por el arco eléctrico, preferentemente un arco obtenido por medio de un soplete de soldadura MIG.
- el hilo fusible contiene carbono y/o manganeso (Min 0,1% de C y Min 2% de Mn)
- 15 - la o las piezas que se deben soldar se eligen entre los lados flancos empalmados y los tubos.
- la o las piezas que se deben soldar son elementos de tubos de escape.
- las piezas se posicionan y se sueldan, de un extremo a otro, juntos.
- el arco eléctrico se genera por un soplete de soldadura de tipo MIG (Metal Inert Gas).
- el haz láser se genera por un generador o un dispositivo láser de tipo CO₂, YAG, de fibra, en particular, de fibras de iterbio o de erbio, o de disco.
- 20 - el haz láser precede el arco MIG durante la soldadura, considerando el sentido de la soldadura.
- el régimen de soldadura MIG es de tipo arco corto.
- la tensión de soldadura es inferior a 20 V, típicamente comprendida entre 11 y 16 V.
- la intensidad de soldadura es inferior a 200 A, típicamente comprendida entre 118 y 166 A.
- 25 - la velocidad de soldadura es inferior a 20 m/min, típicamente comprendida entre 4 y 6 m/min.
- la o las piezas que se deben soldar tienen un espesor comprendido entre 0,8 y 2,5 mm, preferentemente entre 1,8 y 2,3 mm Se considera el espesor a nivel del plano de junta que se debe realizar, es decir, al lugar en que el metal se funde para formar la junta de soldadura, por ejemplo en el borde del extremo o de las piezas que se deben soldar.
- 30 - la junta de soldadura tiene una estructura de tipo martensítica.
- la presión del gas está comprendida entre 2 y 15 bar, por ejemplo del orden de 4 bares.
- el caudal del gas está comprendido entre 10 y 40 l/min, típicamente del orden de 25 l/min.
- el punto de focalización del haz láser se focaliza por encima de la pieza que se debe soldar, y en una meseta comprendida entre 3 a 6 mm.
- 35 - la distancia entre el hilo de aportación y el haz láser debe estar comprendida entre 2 y 3 mm.
- se sueldan varias piezas una con la otra, típicamente dos piezas.
- la mezcla gaseosa utilizada en el marco de la presente invención puede ser realizada bien sea directamente in situ por mezcla de los constituyentes de la mezcla en proporciones deseadas por medio de un mezclador de gas, o bien estar bajo la forma precondicionada, es decir, realizada en fábrica de acondicionamiento luego a continuación transportada hasta el lugar de utilización en recipientes de gas adecuados, tales como botellones de gas de soldadura.
- 40

La invención se va ahora a comprender mejor gracias a la descripción siguiente y a los ejemplos realizados para mostrar la eficacia del procedimiento de soldadura híbrida arco/láser de la invención.

Ejemplos

ES 2 554 494 T3

El procedimiento de soldadura híbrida láser/arco según la invención ha dado buenos resultados durante su empleo para operar una soldadura híbrida por medio de una fuente láser de tipo CO₂ y de un soplete de soldadura al arco MIG de piezas en acero revestido de una capa de aproximadamente 30 µm de una aleación aluminio/silicio en proporciones respectivas del 90% y de 10% en peso.

5 Las piezas soldadas tienen un espesor de 2,3 mm.

En el marco de los ensayos realizados, el gas empleado que se distribuye en un caudal de 25l/min y a una presión de 4 bares, es:

- Ensayo A (comparativo): mezcla ARCAL 37 formada por 70% de helio y 30% de argón,
- Ensayo B: Mezcla ARCAL 37 añadido el 6% de N₂.
- 10 - Ensayo C: Mezcla ARCAL 37 añadido el 3% de O₂.

La mezcla ARCAL 37 es comercializada por Air Líquide.

El soplete utilizado es un soplete MIG de referencia OTC alimentado por un hilo de aportación de tipo NIC 535 (0,7% C y 2% Mn) de 1,2 mm de diámetro, que se suministra a un ritmo de 3 m/min.

15 La tensión de soldadura de 15 V aproximadamente y la intensidad de aproximadamente 139 A que se obtiene gracias a un generador de tipo Digi@wave 500 (Arco corto/Arco corto +) en modo sinérgico (EN 131) comercializado por Air Líquid Welding Francia.

La fuente láser es un oscilador láser de tipo CO₂ de potencia de 12 kW

La velocidad de soldadura alcanzada es de 4 m/min.

20 Las piezas que se deben soldar son flancos empalmados dispuestos, de un extremo a otro, juntados de acero aluminizado (Al/Si) de tipo Usibor 1500™.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que la presencia de N₂ en una mezcla argón/helio conduce bien a mejores resultados que los ensayos sin nitrógeno en el gas de protección.

Del mismo modo, la presencia de una baja proporción de O₂ en una mezcla argón/helio permite contradecir el efecto de supresión de transformación austenítica provocado por la presencia de aluminio en zona fundida.

25 En efecto, al utilizar las mezclas Ar y/o He y N₂ y/o O₂ según la invención, se asiste por lo tanto a una notable mejora de los resultados, que aumenta proporcionalmente el contenido en N₂ u O₂ en la mezcla. En efecto las micrografías ponen de manifiesto que, en un caso como en otro, las fases blancas desaparecieron enteramente, mientras que eso no es el caso con la mezcla ARCAL 37 sola.

30 Además, con las adiciones de O₂ o N₂, la resistencia a la rotura del ensamblaje, después de la austenitización y temple, es equivalente a la del metal de base.

Los resultados obtenidos en los ensayos ponen de manifiesto que una adición de nitrógeno en el argón y/o en el helio permite mejorar mucho la calidad de la soldadura de los aceros revestidos de una capa de la superficie de aleación aluminio/silicio, en particular una microestructura homogénea de tipo martensita en zona fundida.

35 La mejora es tanto más notable cuanto que el contenido en nitrógeno aumenta pero con un grado óptimo inferior a 10% en volumen, lo que incitaría a utilizar del orden de 6 a 7% de nitrógeno en el argón o en el argón/helio.

La mejora es también tanto más notable cuanto que el contenido en oxígeno aumenta pero con un grado óptimo inferior a 10% en volumen, lo que incitaría a utilizar del orden de 3 a 5% de nitrógeno en el argón o en el argón/helio.

40 El procedimiento de la invención se adapta especialmente a la soldadura de flancos empalmados (tailored blanks) utilizados en el ámbito de la construcción automóvil, de elementos de tubos de escape, en particular, de vehículos, o en la soldadura de tubos.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento de soldadura híbrida láser/arco que emplea un arco eléctrico y un haz láser que se combinan, uno con el otro, siendo un baño de soldadura realizado sobre al menos una pieza de acero que incluye un revestimiento de la superficie a base de aluminio, en el cual metal fundido es aportado por fusión de un hilo fusible, y en el cual se emplea, por otra parte, un gas de protección, caracterizado por que el gas de protección está constituido de al menos compuesto principal elegido entre el argón y el helio, y de 1 a 20% en volumen de al menos un compuesto adicional elegido entre el nitrógeno y el oxígeno.
- 5
- 2.- Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado por que el gas de protección contiene de 2 a 10% en volumen de dicho, al menos, compuesto adicional.
- 10
- 3.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas de protección contiene solamente el nitrógeno como compuesto adicional.
- 4.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas de protección contiene de 4 a 7% en volumen de nitrógeno como compuesto adicional.
- 15
- 5.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas de protección es una mezcla de He/Ar/N₂ o de Ar/N₂.
- 6.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las piezas de acero incluyen un revestimiento de la superficie a base de aluminio que tiene un espesor comprendido entre 5 y 100 µm.
- 7.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que el espesor del revestimiento es inferior o igual a 50 µm.
- 20
- 8.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las piezas metálicas son de acero con un revestimiento de la superficie a base de aluminio y de silicio, preferentemente el revestimiento de la superficie contiene más de 70% en peso de aluminio.
- 9.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el hilo fusible siendo fundido por el arco eléctrico, preferentemente un arco obtenido por medio de un soplete de soldadura MIG.
- 25
- 10.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el hilo fusible contiene carbono y/o manganeso (Min 0,1% de C y Min 2% de Mn).
- 11.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las piezas que se deben soldar se eligen entre los flancos empalmados, los tubos o elementos de tubos de escape.
- 30
- 12.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las piezas se posicionan y se sueldan, de un extremo a otro, juntados.