

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 501 490**

51 Int. Cl.:

B23K 9/025 (2006.01)
B23K 9/16 (2006.01)
B23K 9/173 (2006.01)
B23K 9/20 (2006.01)
B23K 35/38 (2006.01)
B23K 9/23 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2011 E 11723565 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.07.2014 EP 2593262**

54 Título: **Procedimiento de soldadura por arco, con gases inertes que contienen nitrógeno, de piezas metálicas aluminizadas**

30 Prioridad:

13.07.2010 FR 1055688

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

02.10.2014

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
Direction de la Propriété Intellectuelle 75, Quai
d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**BERTIN, PASCAL;
DUBET, OLIVIER;
GADREY, SÉBASTIEN y
RICHARD, FRÉDÉRIC**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 501 490 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 por arco, con gases inertes que contienen nitrógeno, de piezas metálicas aluminizadas

5 La invención se refiere a un procedimiento de soldadura por arco eléctrico de piezas de acero que incluye un revestimiento de la superficie a base de aluminio de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 (véase, por ejemplo, la solicitud de patente japonesa JP 2010/110787).

10 Algunos aceros revestidos de aluminio o de una aleación a base de aluminio, tales como los aceros USIBOR™, presentan elevadas características mecánicas muy elevadas después del embutido en caliente y son, por lo tanto, cada vez más utilizados en el ámbito de la construcción de vehículos automóviles, cuando se busca una ganancia de peso. En efecto, estos aceros se conciben para ser tratados térmicamente luego templados durante la operación de embutido en caliente y las características mecánicas que se derivan permiten una reducción muy significativa del peso del vehículo con respecto a un acero de elevado límite de elasticidad estándar. Se utilizan principalmente para fabricar soportes de parachoques, refuerzos de puerta, montantes centrales, montantes de ventanilla.

15 Se utilizan también otros aceros revestidos de aluminio o de aleación de aluminio por sus propiedades de resistencia a la corrosión y al calor. Se pueden citar, en particular, los aceros Aluzinc® utilizados para las construcciones exteriores o los cajetines eléctricos, Alusi® y Alupur® para las cajas silenciadoras, las pantallas térmicas, revestimiento de calderas, conductos de chimeneas, aplicaciones en central eléctrica o en petroquímica.

En teoría, todos los procedimientos de soldadura por arco convencionales, tales como los procedimientos de soldadura MIG, MAG o también de soldadura fuerte, se pueden utilizar para ensamblar estos aceros aluminizado.

20 No obstante, se ha observado en la práctica que después de una operación de soldadura por arco de partes revestidas de aluminio o de una aleación de aluminio, una fase menos resistente en tracción aparece en zona fundida del ensamblaje soldado. Esta fase está constituida por compuestos intermetálicos o de ferrita delta.

25 En el caso del Usibor, después del análisis, se ha determinado que esta fase contiene un porcentaje no desdeñable de aluminio que provoca la no transformación austenítica del acero durante su tratamiento antes del embutido, es decir esta fase permanece en forma de ferrita Delta y resulta de una dureza menor que el resto de la pieza que se haya sometido a una transformación martensítica/bainítica.

Ahora bien, la fase no transformada puede implicar, fisuras, o incluso una ruptura del ensamblaje. En efecto, estas zonas que contienen la fase ferrita Delta, que hayan incorporado aluminio, presentan una resistencia de la soldadura más baja que la del metal de base.

30 Un procedimiento de soldadura híbrido láser-arco de piezas de acero con revestimiento de la superficie a base de aluminio ya fue propuesto en el documento de la solicitud de patente europea nº 1878531.

Aunque este procedimiento da buenos resultados en algunos casos, es de aplicación complicada ya que requiere combinar los efectos de un arco eléctrico con los de un haz láser.

35 Además, obliga a invertir a la vez en una fuente de soldadura por arco y sobre todo en una fuente de soldadura láser, lo que genera un coste importante y operaciones de mantenimiento suplementarias que pueden perjudicar a la productividad global del procedimiento.

Y las aplicaciones contempladas en MIG son la soldadura de espárragos, o distintos piezas en acero sobre chapas aluminizadas, o la soldadura de dos chapas entre sí tal como en el caso de cajas silenciadoras.

40 El problema que se plantea consiste por lo tanto en proponer un procedimiento de soldadura de aplicación simple que permite obtener buenas propiedades mecánicas de la junta soldada, en particular de tracción, durante una operación de soldadura de piezas de acero revestidas de aluminio o de una aleación de aluminio.

La solución de la invención es un procedimiento de soldadura por arco eléctrico de al menos una pieza de acero que incluye un revestimiento de la superficie a base de aluminio tal como se define en la reivindicación 1.

45 La mezcla gaseosa utilizada en el procedimiento de la invención se forma por lo tanto únicamente por argón, por helio o los dos añadido nitrógeno para constituir una mezcla gaseosa binaria Ar/N₂ o He/N₂, o una mezcla ternaria Ar/He/N₂.

50 Tal como ya se estipula, y de acuerdo con la invención, por "procedimiento de soldadura por arco eléctrico", se entiende un procedimiento de soldadura en el marco del cual la fusión del metal se opera únicamente por un arco eléctrico, lo que excluye por lo tanto la presencia de cualquier haz láser puesto en juego para fundir el metal de la o de las piezas que se deben soldar. Se deduce entonces que los procedimientos de soldadura híbrida arco/láser se excluyen del campo de la presente invención, un solo arco no reacciona de la misma manera que un arco asistido de un haz láser.

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

ES 2 501 490 T3

- el gas de protección contiene al menos 0,025% y a lo sumo 20% en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene al menos 0,025% y a lo sumo 15% en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene al menos 1% en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene al menos 2% en volumen de nitrógeno.
- 5 - el gas de protección contiene al menos 3% en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene menos de 10% en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene al menos 4% en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene a lo sumo 9% en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene a lo sumo 8% en volumen de nitrógeno.
- 10 - el gas de protección contiene al menos 5% en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene a lo sumo 7% en volumen de nitrógeno.
- 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 contiene del orden de 6% en volumen de nitrógeno.
- 15 - la 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 inferiores o iguales a 50 μm . El revestimiento cubre al menos una superficie de la o de las piezas pero no o casi no el revestimiento a base de aluminio no está presente sobre los bordes de los extremos de la o de dichas piezas, es decir, sobre los tramos de una chapa por ejemplo.
- 20 - la o las piezas metálicas son de acero con un revestimiento de la superficie a base 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, bien sea que
- 25 - representa una capa de revestimiento de la superficie que incluye 9 veces más aluminio que silicio.
- la o las piezas metálicas incluyen un revestimiento de la superficie a base de aluminio y silicio que contiene una proporción de aluminio entre 5 y 50 veces superiores a la de silicio, en particular, una proporción de aluminio entre 5 y 30 veces superiores a la de silicio, en particular, una proporción de aluminio entre 5 y 20 veces superiores a la de silicio.
- 30 - se trata de un procedimiento de soldadura MIG (Metal Inert Gas) con hilo de aportación fusible, por ejemplo, un hilo macizo o un hilo forrado.
- la o las piezas que se deben soldar son uno o varios elementos de vehículo automóvil.
- la tensión de soldadura aplicada está comprendida entre 14 y 35 V.
- la intensidad de soldadura aplicada está comprendida entre 80 y 300 A.
- 35 - la o las piezas que se deben soldar tienen un espesor comprendido entre 0,6 y 2,5 mm, preferentemente entre 1 y 2 mm. Se considera el espesor a nivel del plano de junta que se debe realizar, es decir, al lugar dónde el metal se funde por el arco eléctrico para formar la junta de soldadura, por ejemplo, a nivel del borde de extremo o de la o de las piezas que se deben soldar.
- 40 - la presión del gas entre 2 y 15 bares, preferentemente inferior a 12 bares, en particular, del orden de 4 a 8 bares.
- El caudal de gas es inferior a 30 l/min, en general inferior 25 l/min, típicamente comprendido entre 15 y 20 l/min según la aplicación en cuestión.
- 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.
- 45 - 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 aleados, por ejemplo un acero al carbono.

- el hilo de soldadura es un hilo macizo o un hilo forrado.
- el hilo de soldadura tiene un diámetro entre 0,5 y 5 mm, típicamente entre aproximadamente 0,8 y 2,5 mm.

La invención va ahora a comprenderse mejor gracias a la descripción siguiente.

- 5 La solución propuesta consiste por lo tanto en realizar una soldadura de las piezas aluminizadas, es decir, que incluyen un revestimiento de la superficie de aluminio o preferentemente una aleación de aluminio, tal como preferentemente un revestimiento Al/Si, por medio de un solo arco eléctrico (i.e. sin presencia de haz láser) y de un gas de protección particular.

- 10 Para ello, según la presente invención, se aplica, durante la soldadura por arco, un gas de protección que permite obtener una estabilización del arco sobre el aluminio y disminuir la puesta en solución del revestimiento a base de aluminio en el metal fundido de la o de las piezas metálica/as que se deben soldar, es decir, en la junta de soldadura.

Este gas de protección particular está compuesto por argón y/o helio con una adición volumétrica de nitrógeno de 0,025% a 30%, preferentemente de 3% a 10% de nitrógeno.

- 15 Esta mezcla gaseosa implica por reacción entre el aluminio y el nitrógeno, la formación de nitruros de aluminio que tienen una mejor emisividad eléctrica, disminuyendo así los movimientos de arco y el tamaño del punto catódico, por lo tanto conduciendo a una estabilización del arco de soldadura.

- 20 Además, los nitruros de aluminio sobrenadan en la superficie del baño, impidiendo así la puesta en solución del aluminio presente en la superficie de la pieza. Resulta, de ello 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 por el hecho de una desaparición total o casi total de la fase en forma de ferrita Delta o de compuestos intermetálicos habitualmente observada.

- 25 La mezcla gaseosa utilizada se puede realizar bien sea directamente in situ por mezcla de los constituyentes de la mezcla deseada en proporciones deseadas por medio de un mezclador de gas, o bien estar bajo forma preacondicionada, es decir, realizada en fábrica de acondicionamiento luego a continuación transportado a su lugar de utilización en recipientes de gas adecuados, tales como botellones de gas de soldadura.

Ejemplos

- 30 El procedimiento de la invención dio buenos resultados durante una operación de soldadura por arco MIG manual de piezas Usibor 1500™, es decir, de piezas de acero revestido de una capa de 30 µm de una aleación aluminio/silicio (Al/Si) en proporciones respectivas de 90% y de 10% en peso.

Las piezas soldadas tienen un espesor de 1,2 mm.

En el marco de los ensayos realizados, el gas empleado (% en volumen) que se distribuye en un caudal de 20l/min y a una presión de 4 bares, es:

- 35
- Ensayo A (comparativo): argón puro (100%).
 - Ensayo B (de la invención): mezcla formada por argón y por 2% de nitrógeno (N₂).
 - Ensayo C (de la invención): mezcla formada por argón y por 4% de N₂.
 - Ensayo D (de la invención): mezcla formada por argón y por 6% de N₂.
 - Ensayo E (de la invención): mezcla formada por argón y por 8% de N₂.
 - Ensayo F (comparativo): mezcla formada por argón y por 8% en volumen de CO₂.

- 40 La antorcha utilizada es una antorcha MIG comercializada por la sociedad DINSEE alimentada por un hilo de aportación de tipo Nertalic 88 (ER 100 SG: AWS, A 5,28) comercializada por la sociedad Air Líquid Welding, de 1,2 mm de diámetro, que se suministra a un ritmo de 2,8 a 3,5 m/min.

- 45 La tensión de soldadura es de 15 V aproximadamente y la intensidad es de aproximadamente 128 A; se obtienen gracias a un generador de tipo Digi@wave 400 (Arco corto/Arco corto +) en modo sinérgico (EN 131) comercializado por Air Líquid Welding Francia. La velocidad de soldadura alcanzada es de 20 cm/min.

Las piezas que se deben soldar forman entre sí un ángulo de 45° aproximadamente y el plano de unión formado por el vértice del ángulo.

Los resultados obtenidos muestran la notable influencia del nitrógeno puesto que la presencia de N₂ en el argón conduce a bien mejores resultados que la utilización de solo argón.

5 En efecto, con el argón solo (Ensayo A), el arco es inestable y la transferencia errática, es decir que, se forman grandes gotas de metal fundido. Los ensamblajes realizados bajo argón tienen todos un aspecto deteriorado. Se puede, en particular, observar una falta de fondeo en el borde de los cordones y éstos presentan un sobreespesor importante. Además, durante la soldadura, se asiste a la formación de grandes proyecciones de gotitas de metal en fusión, así como con mucho humo.

10 Al contrario, con las mezclas Ar/N₂ según la invención, se asiste a una notable mejora de los resultados, dicha mejora aumenta proporcionalmente al contenido en N₂ en la mezcla hasta aproximadamente 6% a 8% en las condiciones de los ensayos.

15 Así, con la mezcla Ar/N₂ a 2% de N₂ (Ensayo B), la transferencia de metal es más estable que en el Ensayo A pero el cordón no está completamente exento de cualquier defecto, aunque la mejora sea ya notable. En efecto, se puede también puntualmente perturbar la estabilidad del arco, aunque las rupturas de arco están muy poco presentes, o incluso inexistentes. El fenómeno de formación de grandes gotas durante la soldadura disminuye también. La adición de 2% de nitrógeno al argón mejora en realidad sobre todo el fondeo alto/bajo del cordón.

20 Al aumentar la adición de nitrógeno a 4% en el argón (Ensayo C), sin cambiar los otros parámetros, en particular, eléctricos, se constata una mejora general del aspecto de superficie y un fondeo aceptable en el borde alto/bajo del cordón, así como una mejora del aspecto de superficie del cordón: pequeñas estrías de solidificación y sobreespesor poco importante en el centro. Estos resultados son satisfactorios y reproducibles. La fusión del hilo es buena con una transferencia correcta y más estable. Los resultados de ensamblaje en ángulo presentan un fondeo aceptable en el borde alto/bajo del cordón. El baño sigue siendo por el contrario también un poco "frío" y puede ser difícil de manejar en algunas condiciones.

25 El aumento de la adición de nitrógeno a 6% (Ensayo D) conduce a una mejora general y también más notable del aspecto de superficie y un buen fondeo en el borde alto/bajo del cordón. La superficie del cordón presenta solamente muy pequeñas estrías así como un muy bajo sobreespesor central.

30 En el Ensayo E, el argón se añade de 8% de nitrógeno. La rugosidad de la superficie del cordón también disminuyó, el fondeo es bueno y ha habido pocas proyecciones adherentes. Desde un punto de vista operativo, la adición del 8% de nitrógeno en el argón permite obtener una transferencia estable con una buena fusión del hilo. Es interesante tener en cuenta que con esta mezcla, se obtiene una real "flexibilidad" operativa ya que permite una regulación de parámetros (variación de velocidad hilo o variación de tensión) que no es posible bajo argón puro y no inevitablemente tan fácil con las otras mezclas argón/nitrógeno ensayadas.

35 Finalmente, en el Ensayo F (comparativo), la adición de 8% de CO₂ en el argón genera una estabilidad de arco necesaria para realizar el ensamblaje pero el aspecto de cordón se deteriora y subsiste zonas de ferrita Delta dañina para las propiedades mecánicas del ensamblaje. La adición de CO₂ no permite por lo tanto solucionar el problema vinculado a la formación de ferrita Delta, contrariamente al nitrógeno.

Estos resultados ponen de manifiesto claramente que una adición de nitrógeno en el argón permite mejorar mucho la calidad de la soldadura de los aceros revestidos de una capa de la superficie de aleación aluminio/silicio. La mejora es tanto más notable cuanto que el contenido en nitrógeno aumenta, lo que incitaría a utilizar al menos un 8% de nitrógeno en el argón.

40 No obstante, controles radiográficos realizados en paralelo pusieron de manifiesto que este contenido en nitrógeno no debía ser excesivo cuando se desea también evitar la formación de porosidades en el metal depositado. En efecto, los controles radiográficos efectuados sobre los cordones obtenidos en los Ensayos B a E ponen de manifiesto que para contenidos en nitrógeno que llega hasta 6% aproximadamente, la tasa de porosidades es aceptable, es decir, conforme a las recomendaciones de algunas normas, tales como las normas francesas NF-EN 45 287-1, NF EN ISO 5817, EN 462-1 W10.

Por el contrario, a partir de una adición del 8% de nitrógeno en el argón (ensayo E), se encuentran a veces porosidades al principio de los cordones de soldadura. Estas porosidades hacen que los ensamblajes realizados con este porcentaje pueden ser no conformes a la norma.

50 Es por lo tanto preferible limitar el contenido en nitrógeno en aproximadamente 6% o prever apéndices de principio y de fin del cordón, allí donde se encontraron las porosidades.

Además se realizaron también controles micrográficos de tal manera para visualizar la estructura de los cordones después de la soldadura.

55 Estos controles ponen en evidencia para los cordones obtenidos en el marco del Ensayo A, una fase dúctil en forma de zonas blancas debido a la puesta en solución de aluminio y de silicio procedentes de la capa Al/Si que cubre las piezas. Estas zonas contienen ferrita Delta que perjudica las propiedades mecánicas de los ensamblajes soldados.

A la inversa, después del examen de los cordones obtenidos en el marco de los ensayos B a E, todo indica que las zonas de ferrita Delta disminuyen significativamente por la adición de nitrógeno en el gas de protección. A partir de 4% de nitrógeno, las zonas de ferrita Delta no aparecen ya en zona fundida.

5 Esto demuestra el interés de la adición de nitrógeno en el argón cuando se desea evitar la formación de zonas de ferrita delta en los cordones de soldadura realizados sobre piezas de acero revestidas de una capa Al/Si, tales como los aceros de tipo Usibor. Hay que tener en cuenta que ensayos complementarios pusieron de manifiesto que todo o parte del argón puede ser sustituido por helio, sin pérdida de los beneficios resultantes de la adición de nitrógeno.

10 De ahí, se utiliza una proporción de nitrógeno generalmente inferior a 10% en volumen, preferentemente entre 4 y 8% en volumen, ventajosamente entre 5 y 7% en volumen, y más concretamente del orden de un 6% en volumen, siendo el resto argón y/o helio.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de al menos una pieza metálica que incluye un revestimiento de la superficie a base de aluminio, empleando un gas de protección, en el cual la fusión del metal de dicha pieza metálica se opera únicamente por el arco eléctrico, con exclusión de cualquier haz láser, caracterizado porque el gas de protección está constituido por una mezcla de argón y/o de helio, y de nitrógeno, conteniendo dicho gas de protección al menos 0,025% y a lo sumo 30% en volumen de nitrógeno.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el gas de protección contiene al menos 0,025% y a lo sumo 20% en volumen de nitrógeno.
- 10 3.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el gas de protección contiene al menos 3% en volumen de nitrógeno o menos del 10% en volumen de nitrógeno.
- 4.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el gas de protección contiene al menos 4% en volumen de nitrógeno y a lo sumo 8% en volumen de nitrógeno.
- 5.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el gas de protección contiene de 5 a 7% en volumen de nitrógeno.
- 15 6.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la o las piezas metálicas 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.
- 7.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la o las piezas metálicas son de acero con un revestimiento de la superficie a base de aluminio y de silicio (Si/Al).
- 20 8.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque 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 superiores a la de silicio.
- 9.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque 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 superiores a la de silicio.
- 25 10.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se trata de un procedimiento de soldadura MIG con hilo de aportación fusible.
- 11.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la o las piezas que se deben soldar son uno o varios elementos de vehículo automóvil.
- 30 12.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se sueldan varias piezas una con la otra, típicamente dos piezas.