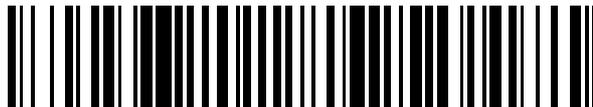


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 501 044**

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 11723564 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.07.2014 EP 2593261**

54 Título: **Procedimiento de soldeo por arco con gas oxidante de piezas metálicas aluminizadas**

30 Prioridad:

13.07.2010 FR 1055689

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

01.10.2014

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:

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

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 501 044 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 soldeo por arco con gas oxidante de piezas metálicas aluminizadas

5 La invención trata sobre un procedimiento de soldeo por arco eléctrico de piezas de acero que comprenden un revestimiento de superficie a base de aluminio, de conformidad con el preámbulo de la reivindicación 1 (véase, por ejemplo, el documento JP 2010/110 787 A).

10 Algunos aceros revestidos con aluminio o con una aleación a base de aluminio, como los aceros USIBOR™, presentan características mecánicas muy elevadas tras embutición en caliente y, en consecuencia, cada vez se usan más en el ámbito de la construcción de vehículos automóviles, cuando se busca una ganancia de peso. De hecho, estos aceros están diseñados para ser tratados térmicamente, después templados durante la operación de embutición en caliente y las características mecánicas que se derivan de ello permiten un aligeramiento muy significativo del peso del vehículo respecto a un acero con alto límite de elasticidad estándar. Se usan, principalmente, para fabricar vigas de parachoques, refuerzos de puerta, pilares centrales, montantes de vanos...

15 Otros aceros revestidos con aluminio o con aleación de aluminio se usan, igualmente, por sus propiedades de resistencia a la corrosión y al calor. Se pueden citar, especialmente, los aceros Aluzinc® usados para las construcciones exteriores o las cajas eléctricas, Alusi® y Alupur® para los tubos de escape, las pantallas térmicas, recubrimiento de calderas, conductos de chimeneas, aplicaciones en central eléctrica o en petroquímica.

En teoría, todos los procedimientos de soldeo por arco convencionales, como los procedimientos de soldeo MIG, MAG, o también de soldeo fuerte, pueden usarse para ensamblar estos aceros aluminizados.

20 Sin embargo, se ha observado en la práctica que tras una operación de soldeo por arco de piezas revestidas con aluminio o con una aleación de aluminio, aparecía una fase menos resistente a la tracción en la zona fundida del ensamblaje soldado. Esta fase está constituida por compuestos intermetálicos o por ferrita delta.

25 En el caso del Usibor, tras análisis, se ha determinado que esta fase contiene un porcentaje no despreciable de aluminio que provoca la no transformación austenítica del acero en el momento de su tratamiento antes de la embutición, es decir que esta fase queda en forma de ferrita Delta y de ello resulta una dureza menor que el resto de la pieza que ha sufrido una transformación martensítica/bainítica.

Ahora bien, la fase no transformada puede ocasionar fisuras, incluso rotura del ensamblaje. De hecho, estas zonas que contienen la fase de ferrita Delta, habiendo incorporado aluminio, presentan una resistencia de la soldadura más escasa que la del metal de base.

30 El documento europeo EP-A-1878531 ya ha propuesto un procedimiento de soldeo híbrido láser-arco de piezas de acero con revestimiento de superficie a base de aluminio.

Aunque este procedimiento proporciona buenos resultados en algunos casos, es complicado de emplear, pues necesita 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 soldeo por arco y, sobre todo, en una fuente de soldeo por láser, lo que genera un coste importante y operaciones de mantenimiento adicionales que pueden perjudicar la productividad global del procedimiento.

Y las aplicaciones contempladas con MIG son el soldeo de espárragos o elementos diversos de acero en chapas aluminizadas o el soldeo de dos chapas entre sí, como en el caso de los tubos de escape.

40 Por consiguiente, el problema que se plantea es proponer un procedimiento de soldeo sencillo de emplear que permita obtener buenas propiedades mecánicas de la junta soldada, en particular en tracción, en el momento de una operación de soldeo de piezas de acero revestidas con aluminio o con una aleación de aluminio y, asimismo, obtener una transferencia estable del material de aportación.

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

45 Por lo tanto, la mezcla gaseosa es, al menos, ternaria, ya que está formada por argón, por helio, o ambos, adicionada no solamente con nitrógeno, sino también con O₂ o CO₂ para constituir una mezcla gaseosa ternaria Ar/N₂/CO₂, Ar/N₂/O₂, He/N₂/O₂, He/N₂/CO₂, o una mezcla cuaternaria Ar/He/N₂/O₂ o Ar/He/N₂/CO₂.

50 Como ya se ha dispuesto, y de conformidad con la presente invención, por "procedimiento de soldeo por arco eléctrico" se entiende un procedimiento de soldeo en el contexto del que la fusión del metal se opera únicamente por un arco eléctrico, lo que excluye, por lo tanto, la presencia de cualquier haz láser aplicado para fundir el metal de la o de las piezas que se van a soldar. De ello se deriva entonces que los procedimientos de soldeo híbrido arco/láser se excluyen del campo de la presente invención, no reaccionando de la misma manera un arco solo que un arco asistido por un haz láser.

ES 2 501 044 T3

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

- el gas de protección contiene al menos un 0,025 % y como máximo un 20 % en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene al menos un 0,025 % y como máximo un 15 % en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene al menos un 3 % en volumen de nitrógeno.
- 5 - el gas de protección contiene al menos un 4 % en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene menos de un 10 % en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene como máximo un 9 % en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene como máximo un 8 % en volumen de nitrógeno.
- el gas de protección contiene como máximo un 10 % en volumen de oxígeno o de CO₂.
- 10 - el gas de protección contiene como máximo un 8 % en volumen de oxígeno o de CO₂.
- el gas de protección contiene al menos un 1 % en volumen de oxígeno o de CO₂.
- el gas de protección contiene al menos un 5 % en volumen de nitrógeno y/o como máximo un 7 % en volumen de nitrógeno, preferentemente aproximadamente un 6 % de nitrógeno.
- 15 - el gas de protección contiene al menos un 5,5 % en volumen de nitrógeno y como máximo un 6,5 % en volumen de nitrógeno.
- la o las piezas de acero comprenden un revestimiento de superficie a base de aluminio que tiene un grosor comprendido entre 5 y 100 µm, preferentemente inferior o igual a 50 µm.
- la o las piezas metálicas son de acero con un revestimiento de superficie a base de aluminio y de silicio.
- 20 - la o las piezas metálicas comprenden un revestimiento de 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 un 90 % en peso y una proporción de silicio de un 10 % en peso, o sea una capa de revestimiento de superficie que comprende 9 veces más de aluminio que de silicio. El revestimiento recubre al menos una superficie de la o de las piezas, pero no hay o casi no hay presencia de revestimiento a base de aluminio sobre los rebordes de los extremos de la o de las mencionadas piezas, es decir sobre los cantos de una chapa, por ejemplo.
- 25 - la o las piezas metálicas comprenden un revestimiento de superficie a base de aluminio y de silicio que contiene una proporción de aluminio entre 5 y 50 veces superior a la de silicio, especialmente 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.
- 30 - se trata de un procedimiento de soldeo MIG con hilo de aportación fusible, por ejemplo un hilo macizo o un hilo tubular.
- la o las piezas que se van a soldar son un o unos elementos de vehículo automóvil.
- la tensión de soldeo está comprendida entre 14 y 35 V.
- la intensidad de soldeo está comprendida entre 80 y 300 A.
- 35 - la o las piezas que se van a soldar tienen un grosor comprendido entre 0,6 y 2,5 mm, preferentemente entre 1 y 2 mm. Se considera el grosor a la altura del plano de junta que se va a realizar, es decir en el sitio en el que el arco eléctrico funde el metal para formar la junta de soldeo, por ejemplo a la altura del borde del extremo de la o de las piezas que se van a soldar.
- 40 - la presión del gas entre 2 y 15 bar, preferentemente inferior a 12 bar, en particular aproximadamente de 4 a 8 bar.
- el caudal del gas es inferior a 30 l/min, en general inferior a 25 l/min, típicamente comprendido entre alrededor de 15 y 20 l/min, según la aplicación considerada.
- se sueldan varias piezas unas con otras, típicamente dos piezas; pudiendo ser las mencionadas piezas idénticas o diferentes, especialmente en cuanto a formas, grosores, etc...
- 45 - las piezas son de acero fuertemente aleado (>5 % en peso de elementos de aleación), escasamente aleado

ES 2 501 044 T3

(<5 % en peso de elementos de aleación) o no aleados, por ejemplo un acero al carbono.

- el hilo de soldeo es un hilo macizo o un hilo tubular.
- el hilo de soldeo tiene un diámetro de entre 0,5 y 5 mm, típicamente entre alrededor de 0,8 y 2,5 mm.

Gracias a la descripción que sigue, ahora se entenderá mejor la invención.

- 5 Por lo tanto, la solución que se propone es realizar un soldeo de piezas aluminizadas, es decir que comprenden un revestimiento de superficie de aluminio o de una aleación de aluminio, como una aleación de Al/Si, mediante un arco eléctrico y un gas de protección particular.

10 Según la presente invención, se emplea, durante el soldeo, un gas de protección que permite obtener una estabilización del arco sobre el aluminio y disminuir la disolución del revestimiento a base de aluminio en la (o las) pieza metálica que se va a soldar.

Este gas de protección particular está compuesto, de conformidad con la presente invención, por argón y/o helio con una adición volúmica de nitrógeno de un 0,025 % a un 30 %, preferentemente de un 3 % a un 10 % de nitrógeno, y de un 2 % de oxígeno o de CO₂.

15 Esta mezcla gaseosa ocasiona, por reacción entre el aluminio y el nitrógeno, la formación de nitruros de aluminio que tienen una mejor emisividad eléctrica, disminuyendo de este modo los movimientos del arco y el tamaño del punto catódico, llevando, por lo tanto, a una estabilización del arco de soldeo.

20 Además, los nitruros de aluminio sobrenadan en la superficie del baño, impidiendo de este modo la disolución del aluminio presente en la superficie de la pieza. De ello resulta una supresión o al menos una disminución notable de la incorporación de aluminio en la soldadura, por lo tanto una mejora de la resistencia a la tracción, debido a una desaparición total o casi total de la fase en forma de ferrita Delta o de compuestos intermetálicos habitualmente observada.

Además, la presencia de un compuesto oxidante, es decir O₂ o CO₂, en proporción escasa permite aumentar la estabilización del arco y mejorar la fusión del metal de aportación.

25 La mezcla gaseosa utilizada puede realizarse bien directamente en el lugar por la mezcla de los constituyentes de la mezcla en las proporciones deseadas mediante un mezclador de gas, o bien estar en forma preenvasada, es decir realizada en una fábrica de envasado, después a continuación llevada a su lugar de uso en recipientes de gas adecuados, como botellas de gas de soldeo.

Ejemplos

30 El procedimiento de la invención ha proporcionado buenos resultados en el momento de una operación de soldeo por arco MIG manual de piezas Usibor 1500TM, es decir de piezas de acero revestido con una capa de 30 µm de una aleación de aluminio/silicio con proporciones respectivas de un 90 % y de un 10 % en peso.

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

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

- 35
- Ensayo A (comparativo): argón puro.
 - Ensayo B (comparativo): mezcla formada por argón y por un 2 % en volumen de nitrógeno (N₂).
 - Ensayo C (comparativo): mezcla formada por argón y por un 4 % de N₂.
 - Ensayo D (comparativo): mezcla formada por argón y por un 6 % de N₂.
 - Ensayo E (comparativo): mezcla formada por argón y por un 8 % de N₂.
- 40
- Ensayo F (comparativo): mezcla formada por argón y por un 8 % de CO₂.
 - Ensayo G (invención): mezcla formada por argón, por un 6 % de N₂ y por un 8 % de CO₂.
 - Ensayo H (invención): mezcla formada por argón, por un 6 % de N₂ y por un 1 % de CO₂.

La antorcha utilizada es una antorcha MIG de referencia Dinsee alimentada por un hilo de aportación de tipo Nertalic 88 (ER 100 SG: AWS, A 5.28) de 1,2 mm de diámetro que se suministra a un ritmo de 2,8 a 3,5 m/min.

45 La tensión de soldeo de alrededor de 15 V y la intensidad de alrededor de 128 A que se obtienen gracias a un generador de tipo Digi@wave 400 (Arco corto/Arco corto +) en modo sinérgico (EN 131) comercializado por Air

Liquide Welding Francia.

La velocidad de soldeo alcanzada es de 20 cm/min.

Las piezas que se van a soldar forman entre sí un ángulo de alrededor de 45° y el plano de junta formado por la cúspide del ángulo.

- 5 Los resultados obtenidos muestran que la presencia de N₂ en el argón lleva a resultados bastante mejores que el uso de argón solo.

De hecho, con el argón solo (Ensayo A), el arco es inestable y la transferencia errática (gotas gruesas). Todos los ensamblajes realizados con argón tienen un aspecto degradado. Se puede observar, especialmente, una falta de mojabilidad en la orilla de los cordones y estos presentan un sobregrosor importante. Además, durante el soldeo, se presencia la formación de proyecciones gruesas de gotitas de metal fundido, así como muchos vapores.

- 10 Al contrario, con las mezclas de Ar/N₂, se presencia una mejora notable de los resultados que aumenta proporcionalmente al contenido de N₂ en la mezcla.

- 15 De este modo, con la mezcla de Ar/N₂ al 2 % de N₂ (Ensayo B), la transferencia de metal es más estable que en el Ensayo A, pero el cordón no está totalmente exento de cualquier defecto. De hecho, la estabilidad del arco también puede estar afectada puntualmente, aunque las roturas de arco se presenten poco, incluso sean inexistentes. El fenómeno de formación de gotas gruesas durante el soldeo disminuye igualmente. De hecho, la adición de un 2 % de nitrógeno al argón mejora, sobre todo, la mojabilidad superior/inferior del cordón.

- 20 Aumentando la adición de nitrógeno al 4 % en el argón (Ensayo C), sin cambiar los otros parámetros, especialmente eléctricos, se constata una mejora general del aspecto de la superficie y una mojabilidad aceptable en la orilla superior/inferior del cordón, así como una mejora del aspecto de la superficie del cordón: estrías de solidificación escasas y sobregrosor 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 una mojabilidad aceptable en la orilla superior/inferior del cordón. En cambio, el baño continúa todavía un poco "frío" y puede ser difícil de manejar en algunas condiciones.

- 25 El aumento de la adición de nitrógeno al 6 % (Ensayo D) lleva a una mejora general y todavía más notable del aspecto de la superficie y una buena mojabilidad en la orilla superior/inferior del cordón. La superficie del cordón presenta únicamente unas estrías muy leves, así como un sobregrosor central muy escaso.

- 30 En el Ensayo E, se adiciona al argón un 8 % de nitrógeno. La rugosidad de la superficie del cordón todavía ha disminuido, la mojabilidad es buena y hay pocas proyecciones adherentes. Desde un punto de vista operativo, la adición de un 8 % de nitrógeno en el argón permite obtener una transferencia estable con una buena fusión del hilo. Es interesante señalar que con esta mezcla se obtiene una "flexibilidad" operativa real, pues permite un ajuste de parámetros (variación de velocidad de hilo o variación de tensión) que no es posible con el argón puro y tampoco necesariamente tan cómodo con las otras mezclas de argón/nitrógeno sometidas a prueba.

- 35 En el Ensayo F, la adición de un 8 % de CO₂ en el argón solo genera una estabilidad de arco necesaria para realizar el ensamblaje, pero el aspecto del cordón se degrada y perduran playas de ferrita Delta, nefasta para las propiedades mecánicas del ensamblaje.

La adición de CO₂ solo en el argón no permite, por lo tanto, resolver el problema ligado a la formación de ferrita Delta, pero, en cambio, permite estabilizar el arco y mejorar la soldabilidad.

- 40 En cambio, el Ensayo G muestra que la adición de un 8 % de CO₂ en una mezcla de argón adicionada con un 6 % de nitrógeno permite eliminar las playas de ferrita delta y proporciona una estabilidad de arco mejorada respecto al ensayo E. Como contrapartida, el aspecto del cordón se degrada.

El Ensayo H muestra que la adición de un 1 % de CO₂ en una mezcla de argón adicionada con un 6 % de nitrógeno permite eliminar las playas de ferrita delta, mejorar la estabilidad del arco respecto al ensayo E y permite obtener un buen aspecto del cordón.

- 45 Por lo tanto, la adición de CO₂ en una mezcla de Ar/ N₂ permite resolver el problema ligado a la formación de ferrita Delta llevando a una buena estabilidad de arco.

Estos resultados muestran claramente que una adición de nitrógeno y de un compuesto oxidante en proporciones escasas, en particular CO₂ u O₂, en argón permite mejorar en gran manera la calidad del soldeo de los aceros revestidos con una capa de superficie de aleación de aluminio/silicio.

- 50 La mejora es tanto más notable en cuanto que aumenta el contenido de nitrógeno, lo que induciría a usar al menos un 8 % de nitrógeno en el argón.

Sin embargo, unos controles radiográficas realizados en paralelo han mostrado que este contenido de nitrógeno no

debía ser excesivo cuando se desea, igualmente, evitar la formación de porosidades en el metal depositado.

De hecho, los controles radiográficos efectuados sobre los cordones obtenidos en los Ensayos B a E muestran que para contenidos de nitrógeno que van hasta alrededor de un 6 %, el índice de porosidades es aceptable, es decir acorde con lo recomendado por algunas normas, como las normas NF-EN 287-1, NF EN ISO 5817, EN 462-1 W10.

- 5 En cambio, a partir de una adición de un 8 % de nitrógeno en el argón (ensayo E), a veces se encuentran porosidades al principio de los cordones de soldadura. Estas porosidades hacen que los ensamblajes realizados con este porcentaje puedan no estar acordes con la norma.

Por lo tanto, es preferible limitar el contenido de nitrógeno a un 6 % o prever apéndices en el principio y final del cordón, allí donde se han encontrado las porosidades.

- 10 Además, se han realizado igualmente controles micrográficos para visualizar la estructura de los cordones tras el soldeo.

Estos controles han hecho aparecer, para los cordones obtenidos en el contexto del Ensayo A, una fase dúctil en forma de playas blancas, debida a la disolución de aluminio y de silicio que provienen de la capa de Al/Si que recubre las piezas. Estas playas contienen ferrita Delta que perjudica las propiedades mecánicas de los ensamblajes soldados.

- 15

Al contrario, tras examen de los cordones obtenidos en el contexto de los ensayos B a E, resulta que las playas de ferrita Delta disminuyen significativamente al añadir nitrógeno en el gas de protección. A partir de un 4 % de nitrógeno, las playas de ferrita Delta ya no aparecen en la zona fundida.

- 20 Esto demuestra el interés de añadir nitrógeno en el argón cuando se desea evitar la formación de playas de ferrita delta en los cordones de soldadura realizados en piezas de acero revestidas con una capa de Al/Si, como los aceros de tipo Usibor. Debe señalarse que unos ensayos complementarios han mostrado que todo o parte del argón podía sustituirse por helio, sin perder los beneficios que resultan de la adición de nitrógeno.

- 25 De ahí que se utilice una proporción de nitrógeno inferior a un 10 % en volumen, preferentemente entre un 4 y un 8 % en volumen, ventajosamente entre alrededor de un 5 y un 7 % en volumen y más particularmente aproximadamente un 6 % en volumen, siendo el resto argón y/o helio.

Además, respecto a la presencia de oxígeno o de CO₂, se puede decir que la influencia de estos compuestos es notable en lo que respecta a la mejora de la estabilidad del arco y de la soldabilidad.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de soldeo por arco eléctrico de al menos una pieza metálica que comprende un revestimiento de superficie a base de aluminio, que emplea un gas de protección, en el que la fusión del metal de la mencionada pieza metálica se opera únicamente por el arco eléctrico, excluyendo cualquier haz láser, caracterizado por que el gas de protección está constituido por una mezcla de argón y/o de helio, de nitrógeno y de un compuesto oxidante elegido entre el oxígeno (O₂) y el dióxido de carbono (CO₂), conteniendo el mencionado gas de protección al menos un 0,025 % y como máximo un 30 % en volumen de nitrógeno.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el gas de protección contiene como máximo un 10 % en volumen de oxígeno o de CO₂.
- 10 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas de protección contiene al menos un 3 % en volumen de nitrógeno o menos de un 10 % en volumen de nitrógeno.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas de protección contiene al menos un 4 % en volumen de nitrógeno y como máximo un 8 % en volumen de nitrógeno.
- 15 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas de protección contiene de un 5 a un 7 % en volumen de nitrógeno.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la o las piezas metálicas comprenden un revestimiento de superficie a base de aluminio que tiene un grosor comprendido entre 5 y 100 µm, preferentemente inferior o igual a 50 µm.
- 20 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la o las piezas metálicas son de acero con un revestimiento de superficie a base de aluminio y de silicio.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la o las piezas metálicas comprenden un revestimiento de superficie a base de aluminio y de silicio que contiene una proporción de aluminio entre 5 y 100 veces superior a la de silicio.
- 25 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se trata de un procedimiento de soldeo MIG con hilo de aportación fusible.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la o las piezas que se van a soldar son un o unos elementos de vehículo automóvil.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se sueldan varias piezas unas con otras, típicamente dos piezas.