

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 225**

51 Int. Cl.:

B23K 26/26 (2014.01)

B23K 26/32 (2014.01)

B23K 26/30 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.04.2015 PCT/IB2015/000508**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2015 WO15162478**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2015 E 15722763 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2019 EP 3134225**

54 Título: **Proceso y aparato para la producción de láminas de acero aluminizado para soldadura y endurecimiento en prensa; pieza en bruto soldada correspondiente**

30 Prioridad:
25.04.2014 WO PCT/IB2014/000612

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.10.2019

73 Titular/es:
**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:
**SCHMIT, FRANCIS;
VIERSTRAETE, RENÉ;
YIN, QINGDONG y
EHLING, WOLFRAM**

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 726 225 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

Proceso y aparato para la producción de láminas de acero aluminizado para soldadura y endurecimiento en prensa; pieza en bruto soldada correspondiente

5

[0001] La invención se refiere principalmente a un proceso para la preparación de láminas de acero aluminizadas para soldar, véase la reivindicación 1.

[0002] La invención también se refiere a un proceso para producir piezas en bruto soldadas a partir de las láminas de acero aluminizadas anteriores, véase la reivindicación 12.

[0003] La invención todavía se refiere principalmente a un proceso para producir piezas endurecidas por presión a partir de piezas en bruto soldadas anteriormente, para su uso como partes estructurales o de seguridad en vehículos motorizados, véanse las reivindicaciones 20 y 32.

15

[0004] La invención también se refiere a una pieza en bruto soldada, véase la reivindicación 22, y a un dispositivo para fabricar piezas en bruto soldadas, véase la reivindicación 25.

[0005] Se conoce la fabricación de piezas de acero soldadas a partir de piezas en bruto de acero de diferente composición y/o espesor soldadas de extremo a extremo de forma continua. De acuerdo con un primer modo conocido de fabricación, estas piezas en bruto soldadas se conforman en frío, por ejemplo, mediante estampación en frío. De acuerdo con un segundo modo conocido de fabricación, estas piezas en bruto soldadas se calientan a una temperatura que permite la austenización del acero y a continuación se deforman en caliente y se enfrían rápidamente dentro de la herramienta de formación. La presente invención se refiere a este segundo modo de fabricación.

20

[0006] La composición del acero se selecciona para permitir que se realicen las etapas de calentamiento y deformación en caliente, y para dar a la pieza soldada final alta resistencia mecánica, alta resistencia al impacto y buen aguante a la corrosión. Dichas piezas de acero encuentran aplicaciones particulares en la industria automotriz y, más particularmente, para la fabricación de piezas anti-intrusión, piezas estructurales o piezas involucradas en la seguridad de los vehículos motorizados por su capacidad de absorción de los impactos.

30

[0007] Entre los aceros que tienen las características requeridas para las aplicaciones mencionadas anteriormente, la lámina de acero recubierta que es objeto de la publicación EP971044 comprende, en particular, un pre-recubrimiento de aleación de aluminio o a base de aluminio. La lámina se recubre, por ejemplo, por inmersión continua, en un baño que comprende, además de aluminio, silicio y hierro con un contenido controlado. Después de la conformación en caliente y el enfriamiento, es posible obtener una microestructura predominantemente martensítica, y la resistencia a la tracción puede superar los 1500 MPa.

35

[0008] Un proceso de fabricación conocido para piezas de acero soldadas consiste en suministrar al menos dos láminas de acero de acuerdo con la publicación EP971044, para soldar estas dos láminas de extremo a extremo para obtener una pieza en bruto soldada, posiblemente para realizar un corte de esta pieza en bruto soldada, y a continuación calentar la pieza en bruto soldada antes de realizar la deformación por calor, por ejemplo mediante estampación en caliente, para conferir a la pieza de acero la forma requerida para su aplicación.

40

[0009] Una técnica de soldadura conocida es la soldadura por rayo láser. Esta técnica ofrece ventajas en términos de flexibilidad, calidad y productividad en comparación con otras técnicas de soldadura como el moletado o la soldadura por arco. Sin embargo, en los procesos de ensamblaje que comprenden una etapa de fusión, el pre-recubrimiento a base de aluminio consiste en una capa de aleación intermetálica en contacto con el sustrato de acero, cubierto por una capa de aleación metálica, se diluye durante la operación de soldadura con el sustrato de acero dentro de la zona fundida que es la zona que se lleva al estado líquido durante la operación de soldadura y que se solidifica después de esta operación de soldadura formando la conexión entre las dos láminas.

50

[0010] Entonces pueden intervenir dos fenómenos:

55

- de acuerdo con un primer fenómeno, un aumento en el contenido de aluminio en el metal fundido, resultante de la dilución de una parte del pre-recubrimiento dentro de esta zona, da lugar a la formación de compuestos intermetálicos. Estos pueden ser sitios de inicio de ruptura en caso de estrés mecánico.

- de acuerdo con un segundo fenómeno, el aluminio, un elemento alfa en solución sólida en la zona fundida, retrasa la transformación de esta zona en austenita durante la etapa de calentamiento que precede al estampado en caliente. Por lo tanto, ya no es posible obtener en la zona fundida una estructura completamente templada después del enfriamiento que sigue a la conformación en caliente, y la unión soldada comprende ferrita. La zona fundida tiene una menor dureza y resistencia a la tracción que las dos láminas adyacentes.

60

[0011] Para evitar el primer fenómeno descrito anteriormente, la publicación EP2007545 describe un proceso

65

que consiste en eliminar de la periferia las láminas destinadas a someterse a la operación de soldadura, dejando que la capa de aleación metálica sea superficial a la capa de aleación intermetálica. Esta eliminación se puede lograr mediante el cepillado, el mecanizado o el impacto de un rayo láser. En este último caso, el ancho de la zona de eliminación se define por el desplazamiento longitudinal de un rayo láser de cierta anchura, o incluso por la

5 oscilación de un rayo láser más pequeño que esta anchura, tomando como punto de referencia el borde de la lámina. La capa de aleación intermetálica se mantiene para garantizar una resistencia a la corrosión satisfactoria y para evitar los fenómenos de descarbonación y oxidación durante el tratamiento térmico que precede a la operación de conformación.

10 **[0012]** Para evitar el segundo fenómeno mencionado anteriormente, la publicación WO2013014512 (base del preámbulo de las reivindicaciones 1, 22 y 25) describe un proceso que consiste, además de la eliminación de la capa metálica descrita anteriormente, en eliminar el aluminio presente en el borde de las láminas antes de la soldadura, cuya presencia puede resultar de una operación de corte, y en producir una unión soldada con un alambre de relleno de material para aumentar el contenido de carbono de la zona fundida, en proporciones

15 específicas.

[0013] En los procesos de las publicaciones anteriores, cuando la eliminación de la capa de aleación metálica resulta de un fenómeno que involucra una fusión, como la eliminación del rayo láser, hay una presencia más o menos significativa de aluminio que se ha vertido en la oblea (que también se denomina cara secundaria) de la

20 lámina. La soldadura posterior lleva a su incorporación por dilución en la zona fundida y da como resultado uniones soldadas cuya resistencia mecánica y/o tenacidad son menores que las del metal base.

[0014] Los diferentes procesos para eliminar el flujo de aluminio en la oblea mediante maquinado, raspado, ablación por láser pulsado, son difíciles de implementar debido a una posición difícil de la pieza en bruto con respecto a la herramienta o el haz, la rápida obstrucción de las herramientas cuando la extracción se realiza por

25 medios mecánicos, o la posible proyección de aluminio en las caras preparadas en el caso de la ablación con láser en la oblea.

[0015] Además, después de quitar la capa de metal de aluminio en la periferia de las láminas, el material subyacente tiene un aspecto más opaco y más oscuro. Se sabe que la soldadura con láser requiere un posicionamiento muy preciso del haz con respecto al plano de unión formado por las láminas a ensamblar. Este posicionamiento y guía del haz, o "seguimiento de la unión", generalmente se realiza por medio de sensores capaces de detectar la variación, en una dirección transversal a la unión soldada, de un haz de luz reflejada, con el plano de la unión que aparece sustancialmente más oscuro. Sin embargo, la implementación lado a lado antes de la

30 soldadura de dos láminas en las que se ha conseguido la ablación periférica de la capa metálica, da lugar solo a una pequeña variación de contraste en el plano de acoplamiento que es difícil de detectar y la guía del rayo láser se consigue con una precisión menor.

[0016] Por lo tanto, se busca un proceso para preparar las zonas periféricas de láminas de aluminio recubiertas que no tenga los inconvenientes descritos anteriormente.

40

[0017] Se busca un proceso de preparación económico que elimine la operación costosa y delicada de limpiar el aluminio o la aleación de aluminio que ha fluido en el lado secundario después de la ablación por fusión y vaporización.

45

[0018] También se busca un proceso de preparación que garantice un contenido de aluminio de menos del 0,3% en la unión soldada realizada de láminas pre-recubiertas de aluminio o de aleación de aluminio.

[0019] Todavía se está investigando un proceso para mejorar la precisión del seguimiento de la unión durante la soldadura de láminas de aluminio o aleación de aluminio pre-recubiertas cuya capa de metal ha sido eliminada en la periferia.

50

[0020] La presente invención tiene como objetivo resolver los problemas mencionados anteriormente. Para este propósito, el objeto de la invención es un proceso para la preparación de láminas destinadas a la fabricación de una pieza en bruto soldada de acero de acuerdo con la reivindicación 1. Preferiblemente, la eliminación simultánea mediante fusión y vaporización se realiza mediante un rayo láser que se superpone a dicho plano medio 51.

55

[0021] El ancho de la zona periférica 61 y el ancho de la zona periférica 62 se comprenden preferiblemente entre 0,25 y 2,5 mm.

60

[0022] En una realización particular, el ancho de la zona periférica 61 y el ancho de la zona periférica 62 son iguales.

[0023] En otra realización, el ancho de la zona periférica 61 y el ancho de la zona periférica 62 son diferentes.

65

ES 2 726 225 T3

- [0024]** Preferiblemente, la eliminación por fusión y vaporización se produce simultáneamente en las caras principales 111, 121 y 112, 122.
- [0025]** De acuerdo con una realización particular, las zonas periféricas 61, 62 de cada una de las primeras 11 y segundas láminas de acero 12, están desprovistas de su respectiva capa de aleación metálica 19, 20 dejando en su lugar su respectiva capa de aleación intermetálica 17 18.
- [0026]** Según un modo de la invención, los sustratos 25, 26 tienen diferentes composiciones de acero.
- 10 **[0027]** Según una realización particular, los pre-recubrimientos 15, 16 tienen diferentes espesores.
- [0028]** Ventajosamente, la capa de aleación metálica 19, 20 del pre-recubrimiento 15, 16 comprende, en contenidos que se expresan en peso, entre el 8 y el 11% de silicio, entre el 2 y el 4% de hierro, siendo el resto de la composición aluminio e impurezas inevitables.
- 15 **[0029]** El espacio 31 entre las caras secundarias 71 y 72 es, según la presente invención, superior a 0,04 mm, y ventajosamente superior a 0,06 mm. La invención también se refiere a un proceso para fabricar una pieza en bruto soldada según la reivindicación 12.
- 20 **[0030]** Preferiblemente, la operación de soldadura se realiza por al menos un rayo láser 95.
- [0031]** Preferiblemente, la operación de soldadura se realiza simultáneamente por dos rayos láser, un rayo de soldadura en el lado de las caras principales 111 y 121, y el otro rayo de soldadura en el lado de las caras principales opuestas 112 y 122.
- 25 **[0032]** La eliminación por fusión y vaporización se lleva a cabo ventajosamente por medio de un rayo láser 80, y los dispositivos que permiten realizar la eliminación y la operación de soldadura se combinan dentro de un equipo cuya velocidad de desplazamiento relativa en relación con la primera lámina 11 y la segunda lámina 12 es idéntica.
- 30 **[0033]** Preferiblemente, la operación de soldadura se realiza utilizando simultáneamente al menos un rayo láser 95 y un alambre de relleno 82.
- [0034]** De acuerdo con una realización particular, la etapa de eliminación se guía por medio de un dispositivo para rastrear el plano medio 51, con las coordenadas (x-y) que definen la ubicación del plano 51 en el momento t que se registran por medio de un ordenador, y se utilizan para guiar la posterior operación de soldadura.
- 35 **[0035]** De acuerdo con una realización de la invención, la etapa de eliminación esta guiada por medio de un primer dispositivo para monitorizar el plano medio 51, y la guía de soldadura se lleva a cabo por medio de un segundo dispositivo para monitorizar del plano medio, distinto del primer dispositivo.
- 40 **[0036]** De acuerdo con otra realización de la invención, las láminas 11 y 12 se sujetan mediante un dispositivo de sujeción 98 durante la operación de eliminación por fusión y vaporización, manteniéndose la sujeción constantemente hasta la operación de soldadura y al menos durante la operación de soldadura, por el dispositivo 98.
- 45 **[0037]** La invención también se refiere a un proceso para producir una pieza curada a presión a partir de una pieza en bruto soldada según la reivindicación 20.
- [0038]** Preferiblemente, la conformación en caliente de la pieza en bruto soldada se realiza mediante una operación de estampación en caliente.
- 50 **[0039]** La invención también se refiere a una pieza en bruto soldada según la reivindicación 22.
- [0040]** La suma del ancho de las zonas periféricas 61 y 62 varía preferiblemente en menos el 10% a lo largo de la unión soldada.
- 55 **[0041]** Preferiblemente, la capa de aleación metálica 19, 20 del pre-recubrimiento 15, 16 comprende, en contenidos que se expresan en peso, entre el 8 y el 11% de silicio, entre el 2 y el 4% de hierro, siendo el resto de la composición aluminio y las impurezas inevitables.
- 60 **[0042]** La invención también se refiere a un dispositivo para fabricar piezas en bruto soldadas según la reivindicación 25.
- [0043]** Preferiblemente, la distancia 64 entre los rayos láser 80 y 95 se comprende entre 0,5 mm y 2 m. Ventajosamente, la distancia 64 es inferior a 600 mm. De acuerdo con una realización particular, la distancia 64 es
- 65

inferior a 5 mm.

[0044] Según una realización ventajosa, el rayo láser 80 se abre desde una cabeza de ablación, el rayo 95 se abre desde una cabeza de soldadura, y las cabezas forman un elemento compacto cuyo dispositivo de enfoque es común para los rayos láser 80 y 95.

[0045] De acuerdo con la invención, el dispositivo de guía 94 también permite posicionar el rayo láser 95 con respecto al plano medio 51.

10 **[0046]** En una realización particular, el dispositivo comprende además un dispositivo de alambre de relleno 82 para producir dicha unión soldada.

[0047] Ventajosamente, el dispositivo comprende además un rayo láser para soldar en la cara opuesta a aquella en la que opera el rayo 95. La invención también se refiere al uso de una parte endurecida por presión de acuerdo con las características anteriores, para la fabricación de piezas estructurales, anti-intrusión o absorción de impactos, en particular vehículos automotrices según la reivindicación 32.

[0048] Otras características y ventajas de la invención se evidenciarán a partir de la siguiente descripción dada a modo de ejemplo y con referencia a las siguientes figuras adjuntas:

- 20 - La Figura 1 muestra una sección micrográfica de una lámina pre-recubierta con aluminio, destinada a ser soldada, en la que su periferia se prepara de acuerdo con un proceso de la técnica anterior.
- La Figura 2 muestra una descripción esquemática de dos láminas colocadas opuestas, después de que se haya producido un tratamiento de eliminación simultánea de la capa metálica de acuerdo con la invención.
- 25 - La Figura 3 ilustra la influencia de la separación de acoplamiento entre dos láminas enfrentadas, de las cuales se ha eliminado la capa metálica del pre-recubrimiento mediante ablación periférica simultánea, sobre el flujo del pre-recubrimiento a lo largo de las caras secundarias de estas láminas.
- La Figura 4 ilustra esquemáticamente una realización preferida de la invención.
- La Figura 5 ilustra un diagrama de un dispositivo preferido según la invención.
- 30 - La Figura 6a ilustra una vista en alzado de una unión soldada por láser realizada de acuerdo con la invención. Las micrografías 6c) y 6c) detallan la superficie de dos zonas donde tuvo lugar la ablación, ubicadas simétricamente en ambos lados de la unión soldada.
- La Figura 7a ilustra esquemáticamente las etapas del proceso convencional de fabricación de piezas en bruto soldadas pre-recubiertas con un recubrimiento metálico. A modo de comparación, la Figura 7b ilustra el proceso para fabricar piezas en bruto soldadas pre-recubiertas con un recubrimiento metálico, de acuerdo con la invención.

[0049] Téngase en cuenta que los diagramas no pretenden reproducir las dimensiones relativas de los diferentes elementos juntos, sino facilitar la descripción de las diversas partes constituyentes de la invención.

40 **[0050]** En los procesos de la técnica anterior, en los que la eliminación de la capa de aleación metálica resulta de una fusión, existe una presencia más o menos significativa de aluminio que ha fluido hacia el lado secundario. Esta situación se ilustra en la Figura 1, que muestra una sección macrográfica de una lámina de acero de 1 mm de espesor recubierta con una aleación de aluminio de la cual se ha eliminado la capa de aleación metálica superficial mediante fusión y vaporización utilizando un rayo láser. La Figura 1 presenta así un sustrato de acero 1 que comprende un pre-recubrimiento de aluminio 2 de 25 micrómetros de espesor. Solo una de las dos caras principales de la lámina se ilustra en la macrografía. En la periferia de la cara principal de la lámina, la capa de aluminio metálico se eliminó por medio de un rayo láser pulsado que deja la capa intermetálica en su lugar, creando así una zona de ablación 3. Debido a la presión de vapor o plasma generada por el rayo láser, el aluminio líquido está rechazado en la periferia de la zona 3, creando así una zona de acumulación de aluminio 5. Además, esta operación de ablación ha provocado un flujo 4 de una parte de la capa de aluminio en el lado secundario, flujo cuya longitud puede alcanzar aproximadamente 0,4 mm. Contrariamente a lo que sucede en el caso del impacto de un rayo láser sobre un recubrimiento orgánico que está totalmente vaporizado, el impacto del rayo láser en un recubrimiento metálico no da lugar a su desaparición total por vaporización, sino a una vaporización parcial y fusión.

55 **[0051]** Los inventores han demostrado que este fenómeno de flujo a lo largo de la cara secundaria podría evitarse mediante el siguiente proceso: según la Figura 2, se suministran al menos dos láminas de acero 11 y 12 pre-recubiertas, que pueden ser del mismo espesor o de diferentes espesores, con la Figura 2 que ilustra la primera alternativa. En esta etapa, las láminas 11 y 12 no son necesariamente rectangulares, y la geometría de su contorno se relaciona con la de las partes finales que se desea fabricar, que se obtendrán mediante la conformación posterior.

60 El término lámina metálica se entiende en el presente documento en un sentido amplio como cualquier objeto obtenido al cortar de una tira, un carrete o una hoja.

[0052] Estas láminas consisten en un sustrato de acero 25 y 26, que en particular puede estar en forma de lámina laminada en caliente o laminada en frío según el espesor deseado. La composición de estos sustratos puede ser idéntica o diferente dependiendo de la distribución deseada de las características mecánicas en la pieza final.

Estos aceros son, de acuerdo con la invención, aceros de tratamiento térmico capaces de someterse a un templado martensítico o bainítico después de un tratamiento de austenización. El espesor de las láminas preferiblemente se comprende entre 0,5 y 4 mm aproximadamente, el rango de espesor utilizado en particular en la fabricación de piezas estructurales o refuerzos para la industria automotriz.

5

[0053] Las láminas 11 y 12, respectivamente, comprenden las caras principales 111, 112 y 121, 122. En la superficie de cada una de estas caras, hay un pre-recubrimiento 15 y 16, cuyo espesor y composición pueden ser idénticos o diferentes en las láminas 1 y 2. Estos pre-recubrimientos 15 y 16 se obtienen ambos por inmersión en un baño de aluminización.

10

[0054] El pre-recubrimiento 15 está compuesto por:

- una capa de aleación intermetálica 17 en contacto con el sustrato 25. Es una capa de aleación de tipo Fe_xAl_y formada por reacción entre el sustrato 25 y el metal fundido del baño de aluminización, durante el paso continuo de las láminas en el baño de aluminización. Esta capa tiene un espesor típico de 3 a 10 micrómetros. El baño de aluminización es un baño de aluminio, o una aleación de aluminio, con el aluminio que tiene un peso superior al 50%, o una aleación a base de aluminio. En este último caso, el aluminio es el principal constituyente de la aleación.
- una capa de aleación metálica 19, cuya composición es sustancialmente la del baño de aluminio, o aleación de aluminio o aleación a base de aluminio.

20

[0055] De manera similar, en la lámina 12, el pre-recubrimiento 16 consiste en una capa de aleación intermetálica en contacto con el sustrato 26 y una capa de metal superficial.

25

[0056] Preferiblemente, la aleación metálica 19, 20 del pre-recubrimiento puede contener del 8 al 11% en peso de silicio, del 2 al 4% de hierro, siendo el resto de la composición aluminio e impurezas inevitables. La adición de silicio, en particular, permite reducir el espesor de la capa intermetálica 17.

30

[0057] Las dos láminas 11 y 12 se pueden organizar de manera que sus caras principales 111 y 112 se incluyan dentro del mismo plano 41. De esta manera, un rayo láser implementado simultáneamente en estas dos láminas interactuará de forma idéntica. Pero también se puede prever que las dos láminas 11 y 12 no están ubicadas exactamente en el mismo plano, es decir, que el punto de enfoque de un rayo láser no está ubicado exactamente al mismo nivel con respecto a la superficie de dos láminas con un pre-recubrimiento idéntico. Esta situación se puede encontrar, por ejemplo, en el caso de la diferencia de espesor entre las dos láminas 11 y 12. Incluso en este caso, los inventores han verificado que se obtienen los resultados deseados, en particular la ausencia de flujo de pre-recubrimiento a lo largo de las caras secundarias, cuando el proceso se implementa de acuerdo con la invención.

35

[0058] Las dos láminas 11 y 12 están acopladas para oponer entre ellas dos de sus caras secundarias 71 y 72. Este acoplamiento define así un plano medio 51 entre las láminas 11 y 12, perpendicular a sus caras principales, y un espacio 31 entre estas láminas.

40

[0059] De acuerdo con la invención, las respectivas capas de aleación metálica 19 y 29 se eliminan simultáneamente en una porción periférica 61 de hoja 11 y una porción periférica 62 de la lámina 12 mediante un proceso que comprende una fusión y una vaporización. En general, la mayor parte de esta eliminación se debe a un fenómeno de fusión; en el presente documento excluimos los procesos en los que la eliminación de las capas 19 y 20 se produciría por vaporización pura. Esta eliminación, también llamada ablación, se realiza preferiblemente mediante un rayo láser pulsado. El impacto de la alta densidad de energía y el haz de potencia en el pre-recubrimiento produce la licuefacción y la vaporización de la superficie del pre-recubrimiento. Debido a la presión del plasma, el pre-recubrimiento licuado se expulsa a la periferia del área donde se produce la ablación. Una sucesión de pulsos de láser cortos con parámetros adecuados da lugar a la ablación de las capas metálicas 19 y 20, dejando en su lugar la capa de aleación intermetálica 17 y 18. Sin embargo, dependiendo del grado de resistencia a la corrosión deseado en la pieza final, también es posible eliminar una porción mayor o inferior a la capa intermetálica 17 y 18, por ejemplo, más del 50% de esta capa. La interacción de un rayo láser pulsado dirigido hacia la periferia 61 y 62 de láminas pre-recubiertas, en traslación relativa con estas láminas, da lugar a una eliminación de la capa metálica 19 y 20.

45

50

[0060] La ablación se lleva a cabo simultáneamente en las láminas 11 y 12, es decir, los medios de fusión y vaporización se aplican simultáneamente a las zonas periféricas 61 y 62 opuestas entre sí. En particular, cuando la ablación se realiza mediante un rayo láser, impacta las zonas 61 y 62 al solaparse con el plano medio 51. Según una realización preferida, se usa un rayo láser pulsado de forma rectangular. También es posible utilizar un rayo láser de tamaño más pequeño que se hace oscilar para cubrir el ancho a tratar. El proceso también puede implementarse utilizando un haz principal dividido en dos subhaces, cada uno de los cuales se superpone al plano medio 51. Estos dos subhaces pueden disponerse simétricamente con respecto al plano 51, o desplazarse longitudinalmente entre sí en la dirección de soldadura. Estos dos haces secundarios pueden ser de tamaño idéntico o diferente.

55

[0061] En estos diferentes modos de ablación simultánea, se esperaba que el aluminio resultante de la fusión debido al impacto del haz fluyera sobre las caras secundarias 71 y 72 debido a la gravedad y la presión de plasma generada por el haz.

5

[0062] Sorprendentemente, los inventores han demostrado que las caras secundarias 71 y 72 no incluyen flujo de aluminio cuando el espacio 31 se comprende entre 0,02 y 2 mm. Sin querer estar limitado por la teoría, se cree que las caras secundarias 71 y 72 están cubiertas con una capa muy fina de óxido de hierro y/o aluminio procedente del corte de las láminas 11 y 12. La tensión interfacial entre esta capa delgada de óxido y el aluminio líquido, por un lado, y el espacio específico 31, por otro, la superficie libre del aluminio líquido entre las láminas 11 y 12 se curva para formar un ángulo de humedecimiento, sin que el líquido fluya en el espacio 31. Un espacio mínimo de 0,02 mm permite que el haz pase entre las láminas 11 y 12, eliminando cualquier rastro de aluminio que pudiera haber en el lado secundario. Además, como se verá más adelante, de acuerdo con una variante del proceso, se suelda inmediatamente después de realizar esta operación de ablación: cuando la distancia 31 es inferior a 0,02 mm, existe la posibilidad de que las dos partes en las láminas de 11 y 12, debido a su expansión térmica como resultado de las operaciones de ablación y soldadura, no entren en contacto entre sí, lo que provoca una deformación plástica perjudicial.

[0063] El espacio 31 es, de acuerdo con la invención, superior a 0,04 mm, lo que permite implementar procesos de corte mecánico cuya tolerancia no tiene que ser controlada de manera extremadamente estricta, y permite reducir los costes de producción.

[0064] Además, como se ha indicado anteriormente, la guía del haz de soldadura láser es más difícil en el caso de las láminas cuyo recubrimiento se ha eliminado en la periferia, debido a su aspecto más oscuro. Los inventores han demostrado que una anchura de espacio 31 superior a 0,06 mm permite mejorar significativamente el contraste óptico del plano de la unión que aparece diferencialmente con respecto a las zonas de ablación periférica, y así garantizar que la soldadura esté bien posicionada en el plano medio 51.

[0065] Además, los inventores han encontrado que cuando el espacio 31 era superior a 2 mm, el mecanismo explicado anteriormente ya no era operativo para evitar el flujo de aluminio líquido, como lo demuestran los resultados experimentales de la Figura 3.

[0066] De acuerdo con la invención, se retiene un espacio que se comprende entre 0,04 y 2 mm. Ventajosamente, este espacio puede comprenderse entre 0,06 y 0,2 mm.

35

[0067] Para el proceso de ablación, se puede usar ventajosamente un láser de tipo Q-switch de una potencia nominal de unos pocos cientos de vatios, que proporciona pulsos de una duración del orden de aproximadamente cincuenta nanosegundos con una potencia máxima de 1 a 20 megavatios. Este tipo de láser hace posible, por ejemplo, obtener una zona de impacto de haz rectangular de 2 mm (en el sentido de una dirección perpendicular al plano medio 51) y de 1 mm, o menos de 1 mm, (por ejemplo, 0,5 mm) en la dirección de la longitud de este plano medio. El desplazamiento del haz permite crear entonces zonas de ablación 61 y 62 en ambos lados del plano 51, sin que se produzca ningún flujo a lo largo de las caras 71 y 72.

[0068] La morfología de las zonas de ablación 61 y 62 se adaptará naturalmente a las siguientes condiciones de soldadura, en particular a la anchura de la zona soldada: por lo tanto, es posible prever, dependiendo de la naturaleza y la potencia del proceso de soldadura que seguirá, que el ancho de cada una de las zonas de ablación 61 y 62 se comprenderá entre 0,25 y 2,5 mm, o por ejemplo en el caso de soldadura por arco láser o plasma híbrido, entre 0,25 y 3 mm. Las condiciones de ablación se seleccionarán de modo que la suma de los anchos de las zonas de ablación 61 y 62 sea superior al ancho de la zona soldada.

50

[0069] Se puede prever que, si las láminas 11 y 12 son idénticas, los anchos de las zonas de ablación 61 y 62 también pueden ser idénticos. Pero también se puede prever, por ejemplo, mediante el descentrado en la dirección lateral de un rayo láser en relación con el plano medio 51 que los anchos de estas zonas de ablación son diferentes.

55

[0070] Según la invención, la ablación se puede realizar en un lado de las caras principales. La Figura 2 ilustra así este caso donde la ablación periférica simultánea se realizó solo en el lado de las caras principales 111 y 121.

[0071] Sin embargo, para limitar lo máximo posible la introducción de aluminio durante la soldadura que se llevará a cabo sobre estas láminas, esta ablación periférica simultánea también se puede realizar preferiblemente en todas las caras, es decir, 111, 121, 112, 122. Para este propósito, en el caso de una ablación por soldadura con láser, será ventajoso usar un dispositivo del tipo "interruptor de alimentación", que divide la potencia del haz, con una parte que se utiliza para la eliminación simultánea de las caras 111 y 121, y la otra parte que se utiliza para la ablación simultánea de las caras 112 y 122. También es posible utilizar un segundo láser, distinto del primero.

60

[0072] Después de esta operación de ablación simultánea, existen dos láminas cuya periferia ha estado desprovista de su capa de aleación metálica, adecuada para la soldadura. Esta soldadura puede ocurrir más tarde, y las láminas se pueden mantener una frente a otra, o separadas. Esta separación se produce fácilmente, y el proceso según la invención ha permitido limitar el flujo de aluminio líquido entre las láminas, de modo que un flujo solidificado no crea una conexión mecánica indeseable.

[0073] Pero los inventores también han descubierto que se puede llevar a cabo una operación de soldadura en línea con una ventaja en las láminas así preparadas. De hecho, dada la ausencia de flujo de aluminio en el lado secundario, las láminas preparadas se pueden soldar inmediatamente sin necesidad de quitar las láminas de la línea y a continuación reposicionarlas después de la limpieza. El intervalo de tiempo entre la operación de ablación simultánea y la operación de soldadura es inferior a un minuto, para minimizar la oxidación en las caras 71 y 72 y obtener una mayor productividad. Además, cuando este intervalo de tiempo es reducido, la soldadura se produce en láminas precalentadas por la operación de ablación, por lo que la cantidad de energía que se utilizará para la soldadura es menos importante.

[0074] Se puede utilizar cualquier proceso de soldadura continua adecuado al espesor, la productividad y las condiciones de calidad requeridas para uniones soldadas, que incluyen:

- 20 - soldadura por rayo láser
- soldadura por arco eléctrico, en particular mediante procesos TIG ("gas inerte de tungsteno"), plasma, MIG ("gas inerte de metal") o MAG ("gas activo de metal")
- soldadura por haz de electrones.

[0075] Un proceso usado preferiblemente, es la soldadura por láser debido a la alta densidad de energía inherente a este proceso, lo que permite obtener un ancho de zona de fusión estrecho que varía en pequeñas proporciones. Este proceso se puede usar solo, o combinado con un alambre de relleno 82, como se muestra en la Figura 5. En este caso, es posible modificar la composición de la zona fundida en virtud de una composición del alambre de relleno diferente de los de las composiciones de las láminas 25 y 26. El proceso de soldadura que asocia un rayo láser y un cable de relleno puede consistir en un proceso en el que el cable de relleno se funde únicamente con el rayo láser, o una soldadura híbrida con láser-TIG, es decir, un rayo láser combinado con un arco eléctrico suministrado por un soplete de soldadura TIG equipado con un electrodo no fusible, o una soldadura híbrida con láser-MIG en la que el soplete de soldadura está equipado con un electrodo de alambre fusible.

[0076] Según una variante de la invención, los dispositivos que realizan las operaciones de ablación y soldadura simultáneas se combinan en un solo dispositivo. Este último es impulsado por una sola velocidad de movimiento relativo en relación con las láminas. En este equipo, la velocidad de ablación simultánea es idéntica a la velocidad de soldadura, lo que permite la fabricación en condiciones óptimas de productividad y racionalización.

[0077] La Figura 4 ilustra una variante preferida de la invención: se muestran las láminas 11 y 12 que comprenden un pre-recubrimiento de aluminio, de aleación de aluminio o de aluminio. Un primer rayo láser 80 realiza una ablación simultánea de una zona periférica 61 de la lámina 11, y una zona periférica 62 de la lámina 12, superponiendo el rayo láser al plano medio de las láminas 11 y 12. Un segundo rayo láser 81 simultáneamente realiza una operación idéntica en la parte inferior de la lámina. Según una variante (no mostrada en la Figura 4) solo un rayo láser 80 realiza la ablación, y no se realiza en el lado opuesto. Esta variante se implementará cuando no sea necesario buscar un contenido de aluminio muy bajo en la zona soldada que se realizará más adelante.

[0078] A una cierta distancia 64 de esta primera zona de ablación, un rayo láser 95 realiza la soldadura de las láminas 11 y 12, para crear una zona soldada 63. La distancia entre los dispositivos de ablación y soldadura se mantiene constante de acuerdo con un dispositivo conocido *per se* representado esquemáticamente por 96. Las láminas 11 y 12 se mueven con relación a este conjunto 96 según el movimiento indicado por 97.

[0079] Las láminas 11 y 12 se sujetan ventajosamente mediante un dispositivo de sujeción, que no se muestra en la Figura 4. Las láminas se sujetan durante la operación de ablación de los paquetes 80 y 81, esta sujeción se mantiene hasta la soldadura incluida, esto se consigue mediante el haz 95. De esta manera, no se produce un desplazamiento relativo entre las láminas 11 y 12, y la soldadura con el rayo láser 95 puede intervenir con mayor precisión.

[0080] La distancia máxima entre los puntos de impacto de los haces 80, 81 por una parte, y 95 por otra parte, depende en particular de la velocidad de soldadura: como se ha visto anteriormente, se determinará en particular de modo que el tiempo entre los impactos de los haces (80, 81) y 95 sea inferior a un minuto. Esta distancia máxima puede ser preferiblemente inferior a 2 m para que el equipo sea particularmente compacto.

[0081] La distancia mínima 64 entre estos puntos de impacto se puede reducir a 0,5 mm. Una distancia inferior a 0,5 mm conduciría a una interacción indeseable entre los haces de ablación 80, 81 por una parte, y el "ojo

de la cerradura" inherentemente presente durante la soldadura por el haz 95, por otra.

[0082] También se puede obtener una pequeña distancia 64 combinando las dos cabezas de ablación y de soldadura (las cabezas se definen como los dispositivos desde los cuales se abren los rayos láser) dentro de una única cabeza más compacta, esta última que puede utilizar, por ejemplo, el mismo elemento de enfoque para la operación de ablación y soldadura.

[0083] Una distancia muy corta 64 permite implementar el proceso gracias a un equipo especialmente compacto y para asegurar que una cierta cantidad de la energía térmica suministrada por los rayos láser 80 y 81 se suma a la energía de soldadura lineal suministrada por el haz 95, aumentando así la eficiencia energética global del proceso. Una distancia muy corta permite acortar el tiempo de ciclo necesario para la producción unitaria de una pieza en bruto soldada, y así aumentar la productividad. Estos efectos se obtienen en particular cuando la distancia 64 es inferior a 600 mm, o incluso inferior a 5 mm.

[0084] La Figura 5 ilustra un diagrama de un dispositivo preferido según la invención. Esto incluye los siguientes elementos:

- una estación A comprende un dispositivo de suministro 91 conocido *per se*, que permite suministrar al menos una primera 11 y una segunda 12 láminas de acero pre-recubiertas con aluminio o aleación de aluminio, o aleación a base de aluminio,
- una estación B comprende un dispositivo de acoplamiento 92 de estas láminas 11 y 12, también conocido *per se*. Después de acoplar las láminas, se define así un plano medio virtual 51,
- una estación C comprende un dispositivo de sujeción 98 de estas láminas 11 y 12 conocidas *per se*, que pueden ser, por ejemplo, un dispositivo de sujeción magnético, mecánico o hidráulico,
- una estación D comprende al menos un dispositivo de guía 94 conocido *per se* que permite detectar el plano medio 51 y posicionar el rayo láser 80 con respecto a este plano medio. Este dispositivo puede comprender, por ejemplo, una iluminación de la región del plano medio por un haz de luz y un sensor fotosensible CCD o CMOS del haz reflejado, lo que permite localizar la posición (x, y) del plano medio en un instante dado. Esto hace posible controlar el posicionamiento del haz de ablación por láser 80 que está aguas abajo en la dirección de la dirección de soldadura relativa, de modo que su posición coincida con la ubicación deseada de la zona de ablación,
- al menos una fuente que permite obtener un rayo láser 80 para fundir y vaporizar la capa de metal de aluminio, simultáneamente en la zona periférica a ambos lados del plano medio 51. Como se ha mencionado anteriormente, un segundo rayo láser 81 (no mostrado en la Figura 5) también puede realizar la misma operación en las caras opuestas,
- al menos una fuente que permite obtener un rayo láser 95 para soldar las láminas 11 y 12, en el área de extracción de la capa metálica de aluminio 61, 62, para obtener una unión soldada. La fuente de láser utilizada se puede seleccionar entre una fuente láser de tipo de láser de CO₂ gaseoso de longitud de onda de 10 micrómetros o una fuente de láser de estado sólido con una longitud de onda de 1 micrómetro. Dado el espesor de las láminas, generalmente de menos de 3 milímetros, la potencia del láser de CO₂ gaseoso será mayor o igual a 3, o incluso de 7 kilovatios; en el caso de un láser de estado sólido, la potencia será mayor o igual a 2, o incluso de 4 kilovatios.

[0085] Opcionalmente, se puede aplicar un segundo rayo láser, de un tipo similar al 95, en la parte inferior, es decir, en el lado opuesto. Esta disposición hace posible aumentar la velocidad de soldadura y/o reducir la potencia unitaria de la fuente 95.

[0086] Este haz 95 puede ser guiado por su propio dispositivo de guía, distinto de 94 (caso no mostrado en la Figura 5), o guiado por el dispositivo 94. Los inventores han descubierto que la última solución es particularmente ventajosa ya que permite garantizar que la soldadura se encuentre exactamente en el área donde se realizó la ablación, es decir, que las dos etapas de ablación y soldadura están perfectamente coordinadas. Opcionalmente, el conjunto puede comprender un dispositivo de alambre de relleno 82, para cambiar la composición de la zona fundida por una composición del alambre de relleno diferente de las de las composiciones de las láminas 25 y 26.

[0087] Las láminas 11 y 12 se mueven desde la estación A a la estación D, para obtener un desplazamiento relativo de las láminas con respecto a los rayos láser 80 y 95, que están dispuestos en la misma línea con respecto al plano medio 51, y a una distancia fija de 64 entre sí.

[0088] Como se ha mencionado anteriormente, esta distancia 64 se comprende preferiblemente entre 0,5 mm y 2 m, preferiblemente entre 0,5 mm y 600 mm, o entre 0,5 mm y 5 mm.

[0089] La pieza en bruto soldada obtenida por el proceso de acuerdo con la invención tiene características específicas:

- según la Figura 5, la soldadura de las piezas en bruto que intervienen en línea a lo largo del plano medio 51 se lleva a cabo sobre las piezas en bruto 11 y 12 que han sufrido una ablación simultánea por medio del haz 95. La ablación da lugar a una fusión y una vaporización del recubrimiento, y se produce su solidificación posterior

formando ondulaciones específicas cuyo espaciado depende de la duración del pulso y la velocidad de avance del haz de ablación. En el proceso ilustrado en la Figura 5, esta morfología de solidificación es idéntica en ambos lados del plano 51, ya que la ablación se lleva a cabo gracias a un haz que se superpone a este plano de unión. Por lo tanto, la Figura 6 muestra una vista en alzado macrográfico de una unión soldada realizada de acuerdo con el

5 proceso de la Figura 5. Las zonas 13 y 14, que han sufrido una ablación simultánea, están ubicadas a ambos lados de la soldadura 23. Si consideramos las zonas 21 y 22 ubicadas enfrentadas a lo largo de una sección transversal 52a, vemos que la morfología de la solidificación es idéntica. Es lo mismo para las otras secciones, 52b ... 52n. Por lo tanto, cuando el rayo láser 95 para la soldadura impacta las dos láminas a ensamblar, este impacto se produce en zonas cuya reflectividad es idéntica en ambos lados del plano 51, de modo que, según la invención, se obtiene una

10 profundidad de penetración absolutamente idéntica en ambos lados de este plano. Por lo tanto, la invención permite obtener una geometría de la unión soldada final muy regular y una dilución muy homogénea del aluminio en la soldadura, independientemente de la sección transversal 52a, 52b, 52n considerada.

- por otro lado, en la técnica anterior, se ha visto que la ablación se lleva a cabo en una sola lámina cada vez, utilizando un rayo láser en desplazamiento longitudinal que toma como punto de referencia el borde de la lámina. Sin embargo, a pesar de las precauciones tomadas en la operación de corte de lámina, la rectitud de un borde

15 preparado tiene inevitablemente una desviación de una línea recta ideal, desviación que es cuantificable por una desviación típica σ_1 . Además, el desplazamiento longitudinal del rayo láser está sujeto a una variación de su posición en la dirección transversal, cuantificada por una desviación típica σ_2 . Por este método, por lo tanto, se produce una lámina cuyo ancho del área con ablación incluye una variación de la desviación típica ($\sigma_1 + \sigma_2$) en la

20 dirección longitudinal de la operación de ablación. Después de esta operación, estas dos láminas se juntan y se sueldan. De este modo, se produce una pieza en bruto soldada cuyo ancho total de la zona con ablación comprende una cierta variabilidad que es la suma de las variabilidades asociadas con cada una de las dos láminas, es decir, $2(\sigma_1 + \sigma_2)$

- en comparación, en el proceso de acuerdo con la invención, la ablación se realiza tomando un solo plano de

25 referencia, el plano medio 51, y la operación de ablación se realiza en una sola etapa, de modo que la variabilidad del ancho total del área con ablación en la dirección longitudinal es igual a ($\sigma_1 + \sigma_2$), una reducción de la mitad en comparación con la técnica anterior. Las mediciones del ancho del área total de ablación realizadas en diferentes posiciones a lo largo de una unión soldada demuestran que varía en menos del 10%.

30 **[0090]** En síntesis, las Figuras 7a y b muestran esquemáticamente la comparación de las etapas del proceso convencional de fabricación de piezas en bruto soldadas pre-recubiertas con un recubrimiento metálico con aquel según la invención:

En el caso del proceso convencional (Fig. 7a), la ablación del pre-recubrimiento metálico se lleva a cabo en la periferia de cada lámina, y esta operación se realiza individualmente en cada lámina (etapa A1). A continuación, se elimina (etapa A2) el recubrimiento vertido sobre la oblea, como resultado de la etapa A1. Después del almacenamiento intermedio de las láminas (etapa A3), se colocan para su ensamblaje mediante soldadura (etapa A4). Después de este ensamblaje, no hay simetría entre las estructuras de solidificación en las zonas de ablación periféricas, y estas estructuras se colocan al azar con respecto al plano medio de las láminas de acoplamiento.

35 Estas láminas a continuación se sueldan (etapa A5)

En el caso del proceso de acuerdo con la invención (Figura 7b), el pre-recubrimiento metálico se retira simultáneamente sobre la periferia de las láminas enfrentadas, manteniéndose un espacio específico entre las láminas (etapa B1). Esta operación produce una situación donde las estructuras de solidificación son idénticas, simétricamente a ambos lados del plano medio de acoplamiento. A continuación, sin una etapa intermedia, las

45 láminas así preparadas se ensamblan inmediatamente (etapa B2). Por lo tanto, puede verse que las uniones soldadas realizadas de acuerdo con el proceso convencional, y de acuerdo con la invención, difieren en las características morfológicas en las zonas de solidificación en las inmediaciones del metal de soldadura fundido.

50 **[0091]** A modo de ejemplo no limitante, las siguientes realizaciones ilustrarán las ventajas conferidas por la invención.

EJEMPLO

[0092] Se suministraron láminas de acero de 1,2 mm de espesor que tenían una composición en peso con el

55 0,23% de C, el 1,19% de Mn, el 0,014% de P, el 0,001% de S, el 0,27% de Si, el 0,028% de Al, el 0,034% de Ti, el 0,003% de B, el 0,18% de Cr, siendo el resto hierro e impurezas resultantes de la elaboración. Estas piezas en bruto tienen un pre-recubrimiento de 30 micrómetros de espesor en cada lado. Este pre-recubrimiento consiste en una capa intermetálica de 5 micrómetros de espesor en contacto con el sustrato de acero, que contiene, en peso, el 50% de aluminio, el 40% de hierro y el 10% de silicio. Esta capa de aleación intermetálica resulta de la reacción entre el

60 sustrato de acero y el baño de aleación de aluminio.

[0093] La capa intermetálica está recubierta por una capa metálica de 25 micrómetros de espesor, que contiene, en peso, el 9% de silicio, el 3% de hierro, siendo el resto aluminio e impurezas inevitables.

65 **[0094]** Estas láminas tienen unas dimensiones de 400 mm x 800 mm. La soldadura está destinada a

producirse sobre los bordes largos de 400 mm.

- [0095]** Dos de estas láminas se colocaron de modo que el espacio entre sus bordes opuestos fuera de 0,1 mm. La ablación de la capa metálica se realizó en la periferia de estas láminas, gracias a un láser pulsado de potencia media de 800W. Esta ablación se realiza simultáneamente por dos haces en cada una de las caras opuestas de la lámina. Las láminas son impulsadas por el movimiento relativo al haz a una velocidad constante $V = 6$ m/min. Cada uno de los haces está enfocado para obtener un punto focal rectangular de 2 mm x 0,5 mm, extendiéndose la distancia de 2 mm en la dirección transversal con respecto al plano medio de las dos láminas. De esta manera, se crean simultáneamente dos láminas cuya periferia está desprovista de la capa de metal en un ancho de sustancialmente 1 mm en cada una de las láminas. La guía de esta operación de ablación se realiza por medio de un sensor que detecta la posición del plano medio entre las dos láminas, colocadas inmediatamente aguas arriba con respecto a los dos haces de ablación por láser pulsado, en una posición indicada como x_0 . Este sensor está ubicado a una distancia d_1 de aproximadamente 100 mm de los haces de ablación. En el sensor, las coordenadas (x_0, y_0) de la posición del plano medio se registran en un tiempo t_0 por medios informáticos. A medida que las láminas se mueven a una velocidad v , esta posición plana llega a la altura de los haces de ablación pulsados

$$t_1 = t_0 + \frac{d_1}{V}$$

en un tiempo t_1 . Gracias a un dispositivo de desviación del rayo láser, la posición precisa del impacto de los rayos láser en las láminas que tienen lugar en el momento t_1 se adapta de modo que corresponda exactamente a la zona de ablación definida desde la posición del plano medio.

- [0096]** Después de la ablación, un rayo láser ubicado a una distancia fija d_2 de 200 mm de rayo láser pulsado, permite una unión soldada entre estas láminas. La soldadura se realiza con una potencia lineal de 0,6 kJ/cm, bajo protección de helio, para evitar fenómenos de descarburación, oxidación y absorción de hidrógeno. El tiempo que transcurre entre la operación de ablación y la soldadura es de 2 segundos.

- [0097]** La guía del haz de soldadura láser se consigue nuevamente mediante el sensor ubicado aguas arriba de la operación de ablación. La posición del plano medio registrada en el tiempo t_0 llega a la altura del haz de

$$t_0 + \frac{(d_1 + d_2)}{V}$$

soldadura láser en el tiempo $t_0 + \frac{(d_1 + d_2)}{V}$. Gracias a un dispositivo de guía de rayo láser óptico, la posición precisa del impacto del rayo de soldadura láser se ajusta de manera que se centre en la posición del plano medio que se ha definido previamente.

- [0098]** La Figura 6a es una macrografía que ilustra una vista en alzado de la unión soldada con láser obtenida, donde la soldadura 23 está rodeada por dos zonas 13 y 14 donde la ablación se realizó simultáneamente. El ancho total de ablación 24 es 1,92 mm en promedio, y varía menos del 10% a lo largo de la pieza en bruto soldada.

- [0099]** Las Figuras 6b y 6c ilustran un aumento mayor, con la superficie de las zonas 21 y 22 dispuestas simétricamente en cada lado de la sección 52a en forma transversal a la unión soldada. Se puede ver que las ondulaciones de solidificación de estas zonas 21 y 22 son idénticas en ambos lados de la unión soldada y tienen un carácter de continuidad.

- [0100]** Además, el contenido de aluminio de la zona soldada así producida se analizó mediante una microsonda Castaing: permanece por debajo del 0,3%, lo que indica que la cantidad de aluminio en las caras secundarias, después de la etapa de ablación y antes de la soldadura es prácticamente nula.

- [0101]** Una pieza en bruto soldada realizada en las condiciones de la invención se calentó a continuación en un horno a una temperatura de 900 °C y se mantuvo a esa temperatura, siendo el tiempo de residencia total en el horno de 6 minutos. La pieza calentada se estampa en caliente para formar una pieza de trabajo, que se mantiene en la herramienta de prensa de estampado para enfriar la pieza de trabajo a una velocidad mayor que la velocidad crítica de templado martensítico del acero.

- [0102]** Se puede ver que la zona soldada en la parte estampada en caliente no comprende compuestos intermetálicos de Fe-Al frágiles, y que la dureza de la zona fundida es prácticamente idéntica a la del metal base.

- [0103]** Por lo tanto, la invención hace posible producir económicamente piezas estructurales y de seguridad para el campo de la automoción, que comprenden una unión soldada, a partir de láminas aluminizadas.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso de preparación de láminas para la fabricación de una pieza en bruto soldada de acero, que comprende las etapas sucesivas de:
- 5 - suministrar al menos una primera (11) y una segunda (12) láminas de acero pre-recubiertas, que consiste en un sustrato de acero de tratamiento térmico (25, 26), adaptada para someterse a un templado martensítico o bainítico después de un tratamiento de austenización y un pre-recubrimiento (15,16) que consiste en una capa de aleación intermetálica (17,18) en contacto con dicho sustrato de acero, rematada por una capa metálica de aluminio o
- 10 aleación de aluminio o aleación a base de aluminio (19, 20), dicha al menos una primera lámina (11) que comprende una cara principal (111), una cara principal opuesta (112) y al menos una cara secundaria (71), dicha al menos una segunda lámina (12) que comprende una cara principal (121), una cara principal opuesta (122) y al menos una cara secundaria (72),
- 15 **caracterizado porque** después del suministro:
- dichas al menos una primera (11) y segunda (12) láminas se acoplan, dejando un espacio (31) de entre 0,04 y 2 mm entre las al menos una cara secundarias (71) y (72) colocadas una frente a la otra, acoplando dicha al menos una primera (11) y segunda lámina (12) que definen un plano medio (51) perpendicular a las caras principales de
- 20 dicha al menos una primera (11) y una segunda lámina (12), y a continuación
- al menos dicha cara principal (111) y dicha cara principal (121) se eliminan simultáneamente mediante fusión y vaporización, dicha capa de aleación metálica (19) en una zona periférica (61) de dicha al menos una lámina metálica (11), y dicha capa de aleación metálica (20) en un área periférica (62) de dicha al menos una lámina (12), dichas áreas periféricas (61) y (62) que son las áreas de las caras principales (111) y (121) más cercanas a dicho
- 25 plano medio (51) ubicado a cada lado del mismo.
2. Proceso según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha eliminación simultánea mediante fusión y vaporización se lleva a cabo mediante un haz de láser que se superpone a dicho plano medio (51).
- 30 3. Proceso de preparación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** el ancho de dicha zona periférica (61) y el ancho de dicha zona periférica (62) se comprenden entre 0,25 y 2,5 mm.
4. Proceso de preparación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el ancho de dicha zona periférica (61) y el ancho de dicha zona periférica (62) son iguales.
- 35 5. Proceso de preparación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el ancho de dicha zona periférica (61) y el ancho de dicha zona periférica (62) son diferentes.
6. Proceso de preparación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque**
- 40 dicha eliminación mediante fusión y vaporización se produce simultáneamente en dichas caras principales (111), (121) y (112), (122).
7. Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** dichas zonas periféricas (61, 62) de cada una de dichas al menos una primera (11) y una segunda láminas de acero (12) están
- 45 desprovistas de su respectiva capa de aleación metálica (19, 20) que deja en su lugar su respectiva capa de aleación intermetálica (17, 18).
8. Proceso de preparación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** dichos sustratos (25, 26) tienen diferentes composiciones de acero.
- 50 9. Proceso de preparación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** dichos pre-recubrimientos (15, 16) tienen diferentes espesores.
10. Proceso de preparación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque**
- 55 dicha capa de aleación metálica (19, 20) de dicho pre-recubrimiento (15, 16) comprende, en contenidos que se expresan en peso, entre el 8 y el 11% de silicio, entre el 2 y el 4% de hierro, con el resto de la composición que es aluminio e impurezas inevitables.
11. Proceso de preparación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque**
- 60 dicho espacio (31) es superior a 0,06 mm.
12. Proceso para fabricar una pieza en bruto soldada, **caracterizado porque** se suministra al menos una primera (11) y una segunda (12) láminas preparadas por un proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, y en que se produzca una operación de soldadura de dicha al menos una primera lámina (11) y al menos una
- 65 segunda lámina (12) en el área de dicha eliminación por fusión y vaporización, en un plano definido por dicho plano

medio (51), menos de un minuto después de dicha operación de eliminación por fusión y vaporización en dicha al menos una primera lámina (11) y al menos una segunda lámina (12).

13. Proceso de fabricación según la reivindicación 12, **caracterizado porque** dicha operación de soldadura se realiza mediante al menos un rayo láser (95).

14. Proceso de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizado porque** dicha operación de soldadura se realiza simultáneamente mediante dos rayos láser, un rayo de soldadura en el lado de dichas caras principales (111) y (121), y el otro rayo de soldadura en el lado de dichas caras principales opuestas (112) y (122).

15. Proceso de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado porque** dicha eliminación mediante fusión y vaporización se lleva a cabo por medio de un rayo láser (80), y porque los dispositivos para realizar dicha eliminación y dicha operación de soldadura se combinan en equipos cuya velocidad relativa de movimiento con respecto a dicha al menos una primera lámina (11) y dicha al menos una segunda lámina (12) es idéntica.

16. Proceso de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, **caracterizado porque** dicha operación de soldadura se realiza utilizando simultáneamente al menos un rayo láser (95) y un alambre de relleno (82).

17. Proceso de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, **caracterizado porque** dicha etapa de eliminación se guía mediante un dispositivo de seguimiento de dicho plano medio (51), en el que las coordenadas (x-y) que definen la ubicación de dicho plano (51) en un momento t, se registran por medios informáticos, y se usan para guiar dicha operación de soldadura que interviene más adelante.

18. Proceso de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado porque** dicha etapa de eliminación se guía por medio de un primer dispositivo para controlar dicho plano medio (51), y porque la guía de dicha soldadura se realiza por medio de un segundo dispositivo para rastrear dicho plano medio, distinto de dicho primer dispositivo.

19. Proceso de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 18, **caracterizado porque** dichas láminas 11 y 12 se sujetan mediante un dispositivo de sujeción (98) durante dicha operación de eliminación por fusión y vaporización, manteniéndose dicha sujeción constantemente hasta dicha operación de soldadura y al menos durante dicha operación de soldadura por dicho dispositivo (98)

20. Proceso de fabricación de una pieza endurecida a presión a partir de una pieza en bruto soldada, que comprende las etapas sucesivas de:

40 - suministrar al menos una pieza en bruto soldada fabricada según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 19, y
 - calentar dicha al menos una pieza en bruto soldada para formar, aleando entre dicho sustrato de acero de tratamiento térmico (25, 26), adaptada para someterse a un templado martensítico o bainítico después de un tratamiento de austenización, y dicho pre-revestimiento (15, 16) un compuesto de aleación intermetálica, y para impartir una estructura parcial o totalmente austenítica a dicho sustrato (25, 26), y

45 - conformar en caliente dicha al menos una pieza en bruto soldada para obtener una pieza de trabajo, y
 - volver a enfriar dicha una pieza de trabajo con una velocidad suficiente para formar al menos parcialmente martensita o bainita en dicho sustrato (25, 26), obteniendo así un endurecimiento en prensa.

21. Proceso de fabricación según la reivindicación 20, **caracterizado porque** dicha conformación en caliente de dicha al menos una pieza en bruto soldada se realiza mediante una operación de estampación en caliente.

22. Pieza en bruto soldada formada por el ensamblaje de al menos una primera (11) y una segunda (12) lámina de acero pre-recubierta, que consiste en un sustrato de acero de tratamiento térmico (25,26), adaptada para someterse a un templado martensítico o bainítico después de un tratamiento de austenización y un pre-recubrimiento (15, 16) que consiste en una capa de aleación intermetálica (17, 18) en contacto con dicho sustrato de acero, rematada por una capa aluminio, o aleación de aluminio o a base de aluminio (19, 20), dicha al menos una primera lámina (11) que comprende una cara principal (111), una cara principal opuesta (112), dicha al menos una segunda lámina (12) que comprende una cara principal (121) y una cara principal opuesta (122), dicha capa de aleación metálica (19) que se elimina mediante fusión y vaporización en una zona periférica (61) de dicha al menos una lámina (11), y dicha capa de aleación metálica (20) en un área periférica (62) de dicha al menos una lámina metálica (12), dicha pieza en bruto soldada que comprende al menos una unión soldada (52) que define un plano medio (51) perpendicular a las caras principales de dicha al menos una primera (11) y una segunda lámina (12), y secciones transversales (52). a), (52b), ... (52n) perpendiculares a dicho plano medio (51), **caracterizada porque** dicha al menos una primera (11) y una segunda (12) lámina de acero pre-recubierta están preparadas por un

- proceso según una de las reivindicaciones 1 a 19, **caracterizado porque** la suma de los anchos de las áreas periféricas (61, 62) es superior al ancho de la unión soldada (52), **porque** la profundidad de penetración es idéntica en ambos lados del plano medio (51) de la unión soldada (52), **porque** la geometría de la unión soldada (52) es regular con una dilución homogénea del aluminio en la soldadura para cualquier sección transversal (52a), (52b), ...
- 5 (52n) de la unión soldada (52), y porque las características morfológicas de dichas capas (17 y 18) resultantes de la solidificación después de dicha fusión y vaporización de dicho pre-recubrimiento, en dichas zonas periféricas (61) y (62), son idénticas en dichas secciones (52 a), (52b), ... (52n)) a ambos lados de dicho plano medio (51).
23. Pieza en bruto soldada según la reivindicación 22, **caracterizada porque** la suma del ancho de dichas
- 10 zonas periféricas (61) y (62) varía en menos del 10% a lo largo de dicha unión soldada.
24. Pieza en bruto soldada según una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, **caracterizada porque** dicha capa de aleación metálica (19, 20) de dicho pre-recubrimiento (15, 16) comprende, expresando el contenido en peso, entre el 8 y el 11% de silicio, entre el 2 y el 4% de hierro, con el resto de la composición que es aluminio e
- 15 impurezas inevitables.
25. Dispositivo para la fabricación de piezas en bruto soldadas que comprende:
- un dispositivo de suministro (91) de al menos una primera (11) y una segunda (12) láminas de acero de tratamiento
 - 20 térmico pre-recubiertas de aluminio, o de una aleación de aluminio, o de una aleación a base de aluminio,
 - un dispositivo de acoplamiento (92) de dichas láminas, a fin de obtener un plano medio (51) entre dichas láminas (11) y (12)
 - un dispositivo para sujetar (98) dichas láminas (11, 12)
- 25 **caracterizado porque** comprende, además:
- al menos una fuente que permita obtener un rayo láser (80) para fundir y vaporizar la capa metálica de aluminio, o una aleación de aluminio o una capa a base de aluminio, simultáneamente en una zona periférica (61, 62) de dichas
 - 30 al menos una primera (11) y segunda (12) láminas,
 - al menos un dispositivo de guía (94) para posicionar dicho rayo láser (80) con respecto a dicho plano medio (51),
 - al menos una fuente que permita obtener un rayo láser (95) para soldar dichas láminas (11) y (12), en la zona de eliminación de la capa metálica de aluminio (61, 62), de manera que se obtiene una unión soldada,
 - al menos un dispositivo que permita obtener un desplazamiento relativo de las láminas (11) y (12) con respecto a los rayos láser (80) y (95),
 - 35 - dicho dispositivo de guía (94) que también permita posicionar dicho rayo láser (95) con respecto al plano medio (51),
 - dichos rayos láser (80) y (95) que están dispuestos en la misma línea con respecto al plano medio (51), y a una distancia (64) fija entre sí.
- 40 26. Dispositivo según la reivindicación 25, **caracterizado porque** dicha distancia (64) entre dichos rayos láser (80) y (95) está comprendida entre 0,5 mm y 2 m.
27. Dispositivo según la reivindicación 26, **caracterizado porque** dicha distancia (64) es inferior a 600
- 45 mm.
28. Dispositivo según la reivindicación 26, **caracterizado porque** dicha distancia (64) es inferior a 5 mm.
29. Dispositivo según la reivindicación 25, **caracterizado porque** dicho rayo láser (80) se abre desde una cabeza de ablación, dicho rayo (95) se abre desde una cabeza de soldadura, dichas cabezas que forman un
- 50 elemento compacto en el que el dispositivo de enfoque es común para dichos rayos láser (80) y (95).
30. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 29, **caracterizado porque** comprende además un dispositivo de alambre de relleno (82) para producir dicha unión soldada.
- 55 31. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 30, **caracterizado porque** comprende además un rayo láser para realizar una soldadura en el lado opuesto al que opera dicho rayo (95).
32. Uso de una pieza de acero fabricada según la reivindicación 20 o 21 para la fabricación de piezas estructurales, anti-intrusión o absorción de impactos, en vehículos que incluyen automóviles.
- 60

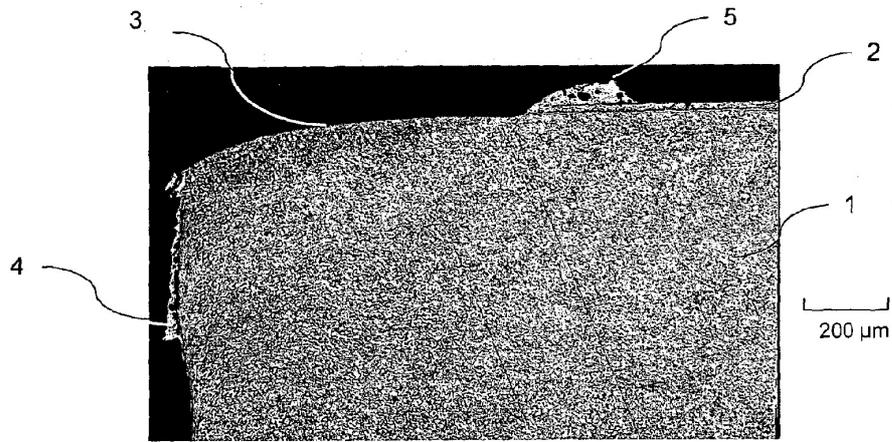


Fig. 1

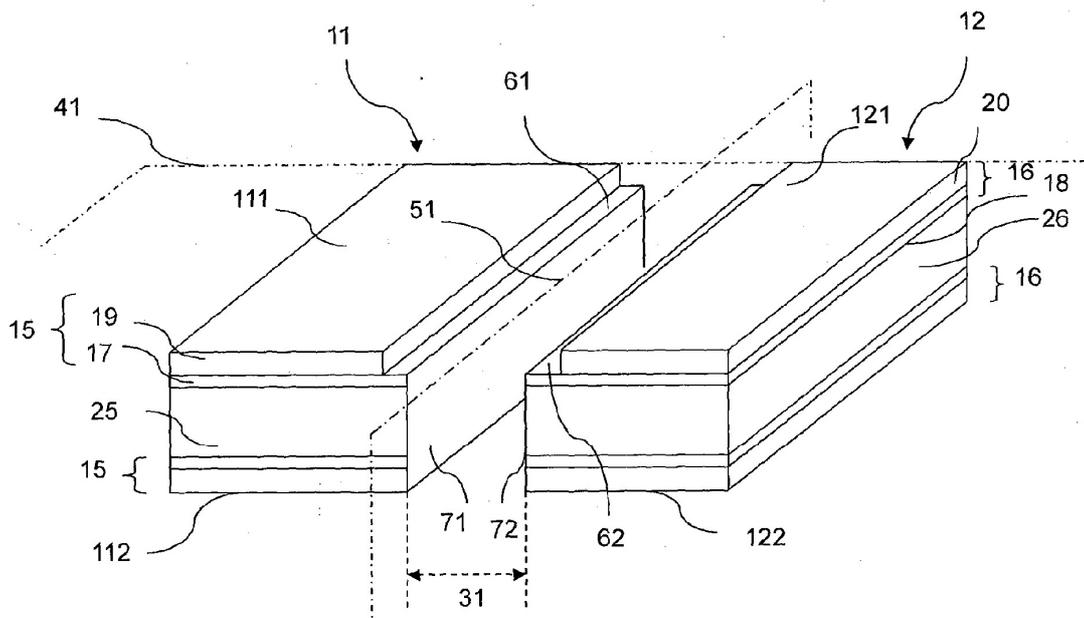


Fig. 2

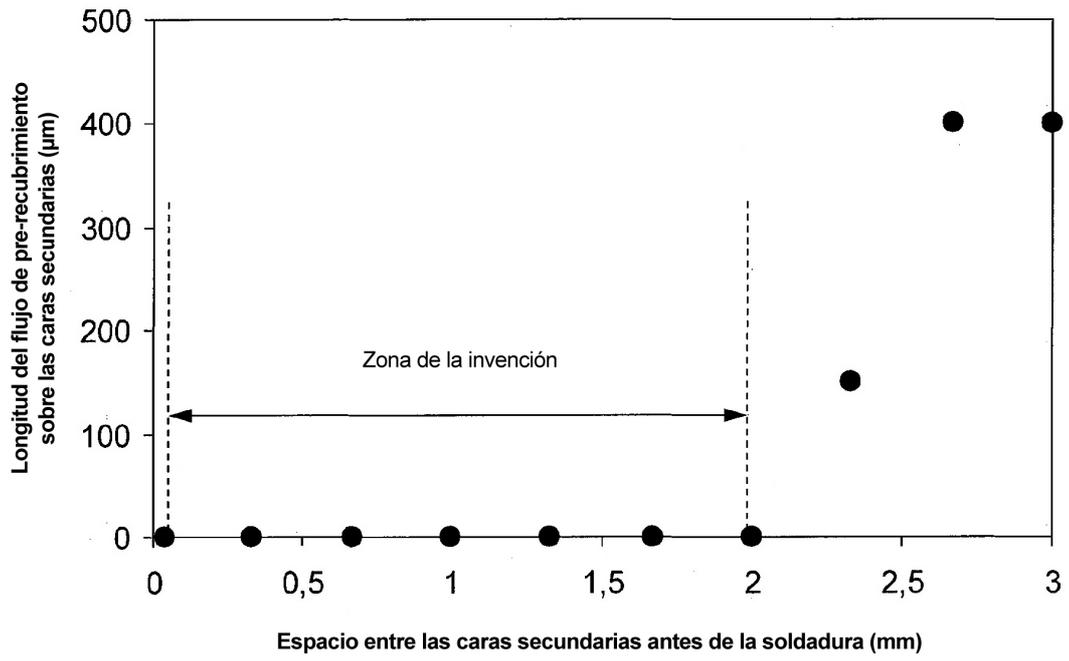


Figura 3

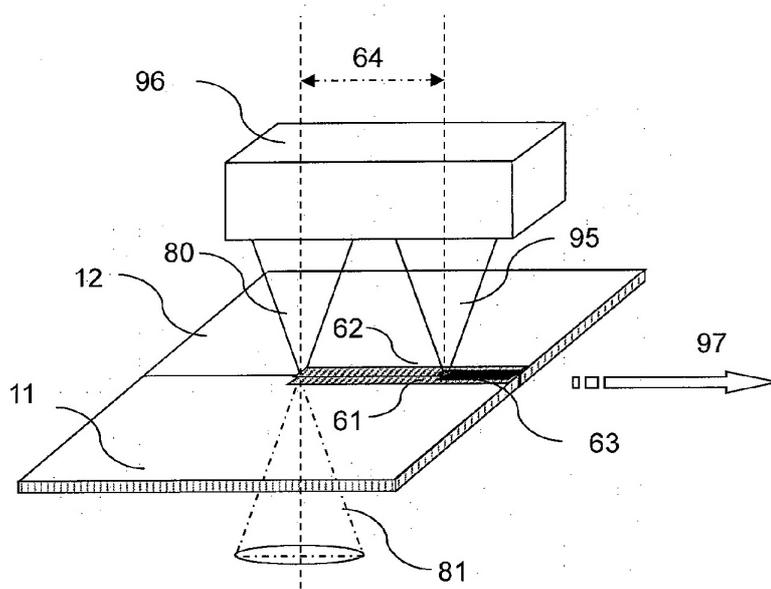


Fig. 4

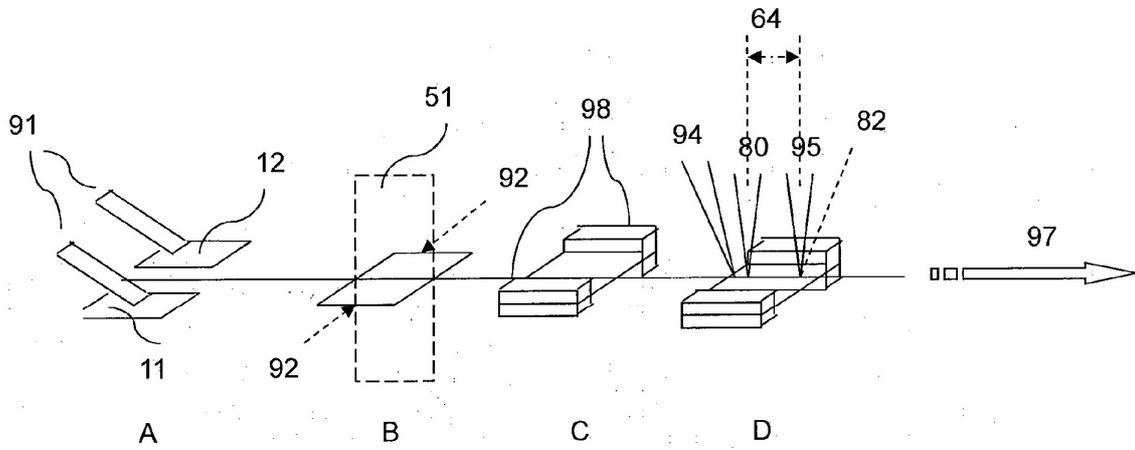


Fig. 5

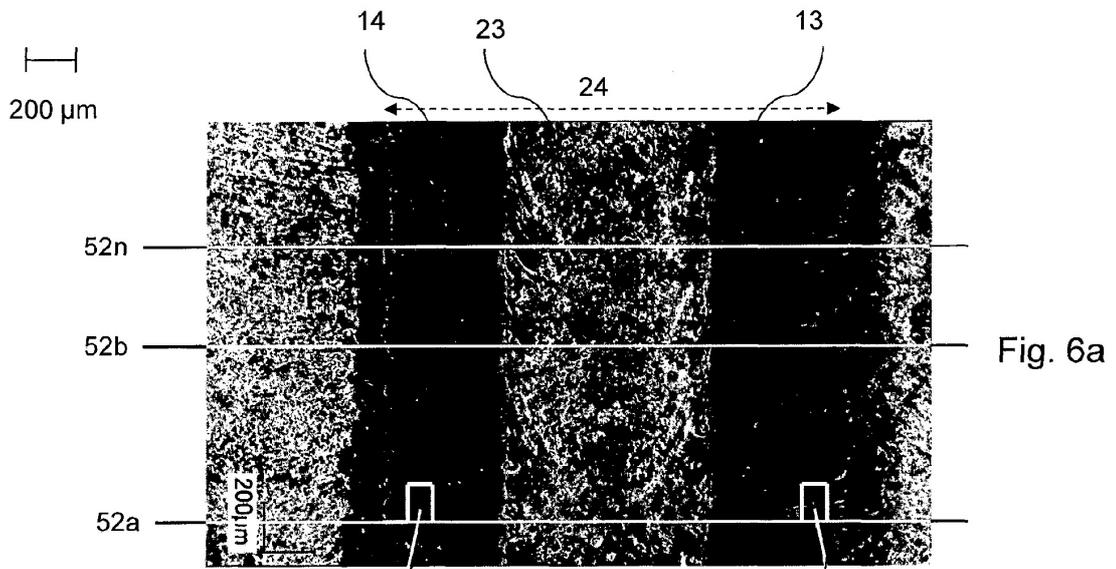


Fig. 6a

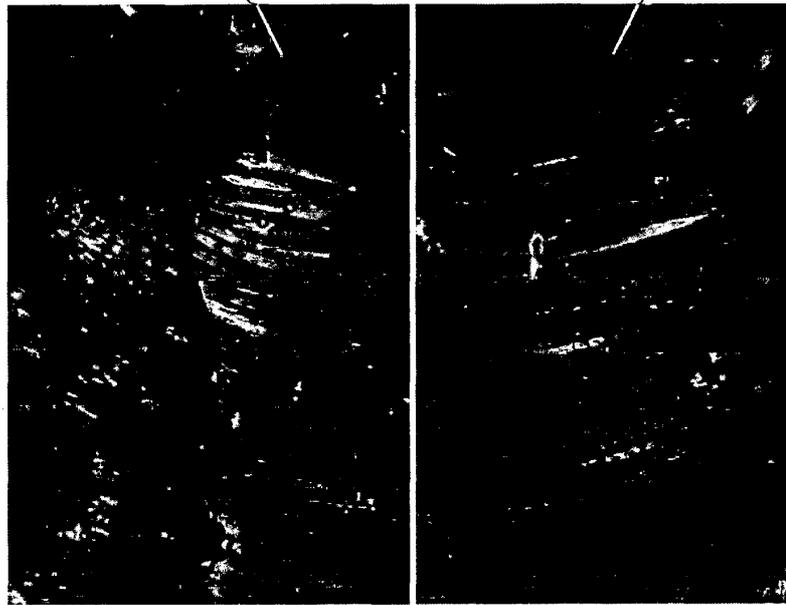


Fig. 6b

Fig. 6c

50 μm

Fig. 7a

Técnica anterior

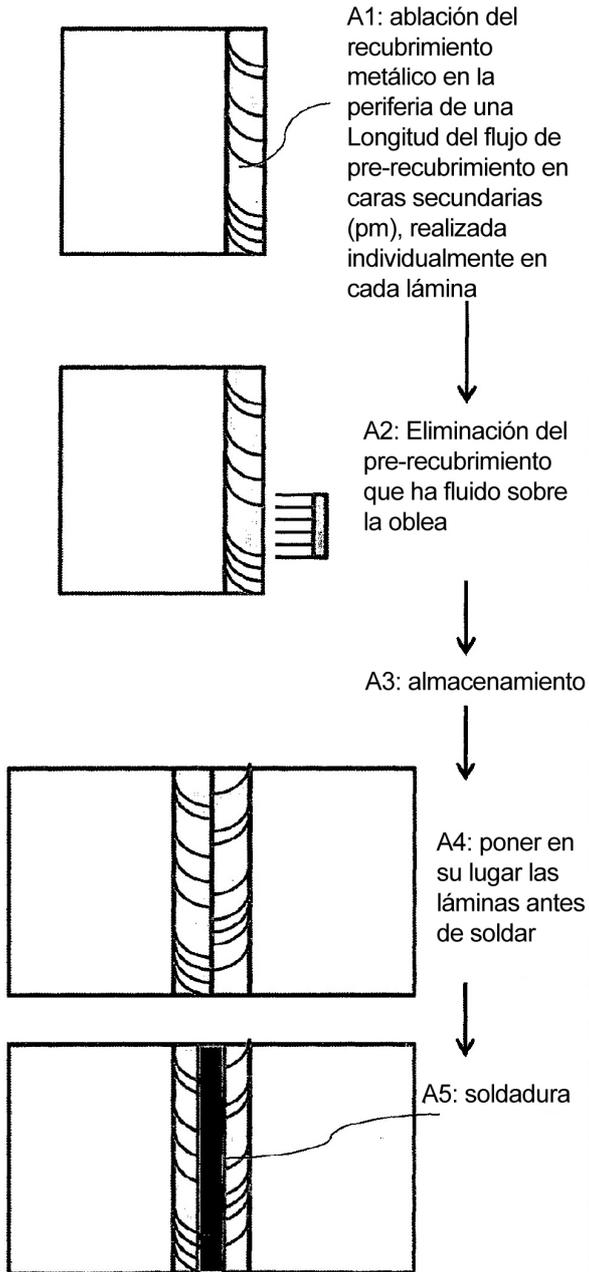


Fig. 7b

Invencción

