

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 678**

51 Int. Cl.:

B23K 11/14 (2006.01)

B23K 11/18 (2006.01)

B23K 11/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.09.2014 PCT/NL2014/050617**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2015 WO15037986**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2014 E 14781318 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.07.2018 EP 3046716**

54 Título: **Soldadura por proyección de chapas de metal**

30 Prioridad:

16.09.2013 NL 2011446

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

19.10.2018

73 Titular/es:

**AL-S TECHNOLOGY B.V. (100.0%)
Printerweg 39
3821 AP Amersfoort, NL**

72 Inventor/es:

PIETERMAN, KAREL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 686 678 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

Soldadura por proyección de chapas de metal

Antecedentes

La invención se refiere a la soldadura por proyección de chapas de metal.

5 La soldadura por proyección es conocida desde hace mucho tiempo para soldar chapas de hierro delgadas una encima de la otra, por ejemplo, en la industria de la fabricación de automóviles, en la que las bridas de las puertas se sueldan en conjunto. Una proyección hueca se forma en la chapa de hierro inferior presionando un punzón y una matriz contra la chapa antes de ejecutar la soldadura. Posteriormente, las chapas se prensan entre dos electrodos de soldadura de una pistola de soldadura. Durante la soldadura, la proyección gradualmente colapsa y se forma una
10 soldadura fuerte y estructural en el lugar de la proyección.

En particular, en la industria automotriz existe una creciente necesidad de partes fabricadas de chapas de metal no ferroso, en particular chapas de aluminio o magnesio y aleaciones de los mismos. Estas piezas livianas tienen las mismas buenas propiedades mecánicas. Sin embargo, cuando el procedimiento de soldadura por proyección conocido para chapas de hierro se aplica para estos metales, no se obtiene una soldadura fuerte y estructural. Por el
15 contrario, la proyección ya colapsa antes de que se inicie la formación de una soldadura.

En las solicitudes de patente publicadas se han descrito intentos anteriores para soldar por proyección chapas de aluminio. Sin embargo, estos intentos iniciales aún no han dado lugar a una implementación exitosa, y el solicitante ha descubierto ahora que los parámetros críticos del procedimiento para obtener una soldadura fuerte y estructural no eran aún conocidos. En general, los desarrollos descritos para soldar por proyección chapas de aluminio eran
20 sólo ligeras modificaciones del procedimiento para chapas de hierro, mientras que ahora se ha descubierto que un enfoque completamente diferente es necesario para obtener buenos resultados. Los desarrollos de las solicitudes de patentes publicadas se resumen a continuación.

El documento WO 99/03634 a nombre de Newcor Inc. divulga la soldadura por proyección de chapas de aluminio en la que la proyección en la chapa inferior tiene la forma de una cúpula. La proyección tiene una altura que es aproximadamente cuatro veces el espesor de la chapa, con lo que la proyección es de paredes muy delgadas y hueca por encima de la superficie superior principal de la chapa inferior. Esta proyección estructuralmente débil resulta en una gran impresión inicial o incluso colapsa inmediatamente después de aplicar la fuerza de presión, con lo cual no está definida el área de contacto de soldadura inicial. La corriente de soldadura se obtiene directamente de una sola fase convencional, 460 voltios, 60 Hz, alternando corriente de red que es básicamente sinusoidal en
30 cuanto a forma, en la que los impulsos de soldadura se generan rompiendo las ondas de ciclo medio de los mismos. Mediante la aplicación posterior, alternando los impulsos de soldadura sobre el contacto de soldadura inicial no definido, la cantidad de energía de soldadura que se introduce, en particular al comienzo del ciclo de soldadura, no está bajo control o es demasiado baja, con lo que se obtiene una soldadura débil.

El documento WO 01/00363 a nombre de Newcor Inc. desvela un desarrollo adicional del procedimiento descrito con anterioridad en la presente. La proyección en forma de anillo comprende una pared vertical hueca con una curvatura. La proyección delimita una abertura ciega que inevitablemente encierra una cantidad de aire que se expande rápidamente durante el ciclo de soldadura. Esto provoca grietas, inclusiones y contaminación procedentes del aire encerrado, lo que resulta en una soldadura débil.
35

El documento EP 0 102 927 divulga un conjunto de chapas de metal y un procedimiento de soldadura por proyección aplicado sobre el mismo de acuerdo con los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 9. En el procedimiento de soldadura divulgado ambas chapas de aluminio se proporcionan con proyecciones alargadas que colidan entre sí en una orientación transversal. Debido a la presencia de dos proyecciones colindantes, el punto de soldadura será visible en ambos lados del producto. Esta tecnología sólo se puede aplicar a productos de utilidad de bajo costo tal como conductos, de acuerdo con lo desvelado. La superficie superior de las proyecciones tiene una curvatura, en la que el contacto de soldadura pequeño inicial entre las proyecciones cruzadas mantiene la corriente de soldadura inicial baja. La corriente de soldadura aumenta gradualmente durante el colapso de las proyecciones. Esto implica que la corriente solo depende de la sección transversal de la masa fundida, lo que mantiene el control del ciclo de soldadura más bien bajo.
40
45

El documento US 4 495 397 divulga la soldadura por proyección de chapas de aluminio con proyecciones en forma de anillo, lo que provoca grietas, inclusiones y contaminación en la soldadura procedentes del aire encerrado. Las proyecciones se forman entre un punzón y una matriz con lados forjados en frío rectos que se encuentran bajo un ángulo entre sí. Las proyecciones tienen superficies laterales rectas bien definidas que se imponen por la matriz, mientras que la superficie superior y su curvatura se dejan sin definir. Esta es una aplicación directa del punzón y la matriz para soldar chapas de acero, que no va a funcionar para el aluminio. Durante el ciclo de soldadura se aplica una primera fuerza de presión que causa una deformación en frío permanente del 8%. Luego, la primera fuerza de presión se incrementa inmediatamente después de que la corriente de soldadura haya alcanzado su pico. Por lo tanto, la corriente de soldadura se controla por el cambio de la fuerza de presión como parámetro principal. Esto ya indica que la corriente de soldadura propiamente dicha no está bajo control. Además de eso, es prácticamente
50
55

imposible controlar la fuerza de presión de tal manera durante el ciclo de soldadura corto, dado que la fuerza de presión se aplica mediante un sistema mecánicamente lento. En apariencia, la fuerza de presión se cambia durante el ciclo de soldadura con el fin de, de alguna manera, compensar otras desventajas.

5 El documento JP 2002-103056 divulga el procedimiento de soldadura por proyección para aluminio similar al procedimiento de soldadura del documento US 4 495 397, utilizando proyecciones en forma de anillo que causa grietas, inclusiones y contaminación en las soldaduras. El procedimiento de soldadura se aplica para piezas de aluminio gruesas, no para chapas delgadas.

El documento DE 30 24 333 divulga una proyección en forma de cono para soldar piezas de aluminio, que se deriva de la soldadura de chapas de acero de la misma manera sencilla descrita con anterioridad en la presente.

10 El documento DE 100 29 352 describe la soldadura por proyección de chapas de aluminio con una proyección similar a la proyección desvelada en el documento WO 99/03634. La proyección tiene una altura que es aproximadamente dos veces el espesor de la chapa, con lo que la proyección es de delgadas muy paredes y hueca por encima de la superficie superior principal de la chapa inferior. Esta proyección sufre de impresión inicial o incluso colapsa inmediatamente después de que se aplica la fuerza de presión. La parte superior de la proyección tiene un radio constante y superficies laterales rectas. Esta forma deriva directamente de la soldadura por proyección de chapas de acero. Por estas razones, falla para el aluminio.

15 En las técnicas conocidas, cualquier oxidación de los objetos a soldar debe ser eliminada antes de la soldadura. En este sentido el documento JP06-170549 divulga un procedimiento en el que los objetos de aluminio a soldar se mueven recíprocamente y se hacen girar en el lugar de una proyección en forma de anillo para la eliminación local de la oxidación antes de la soldadura. Sin embargo, esto no se puede aplicar cuando las soldaduras de proyección están secuencialmente hechas entre los mismos objetos, dado que las soldaduras anteriores mutuamente fijan los objetos.

Es un objeto de la presente invención proporcionar una proyección y un procedimiento de soldadura por proyección para soldar chapas de metal de las que al menos una chapa de metal es una chapa de metal no ferroso.

25 **Sumario de la invención**

De acuerdo con un primer aspecto, la invención proporciona un conjunto de una primera chapa de metal y una segunda chapa de metal a soldar encima de la primera chapa de metal por medio de soldadura por proyección, en el que la primera chapa de metal es de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como componente principal aluminio o magnesio, en el que la primera chapa de metal comprende una proyección alargada que se extiende localmente por encima de la superficie superior principal de la primera chapa de metal a entrar en contacto con la superficie principal inferior de la segunda chapa de metal, en la que la proyección comprende una superficie superior que tiene una primera sección convexa con un primer radio que define en su centro la altura mayor de la superficie superior con respecto a la superficie superior principal de la primera chapa de metal, una segunda sección convexa con un segundo radio a lo largo de ambos lados alargados que se funden en la primera sección, y una tercera sección a lo largo de ambos lados alargados que se funden en las segundas secciones y en la superficie superior principal de la primera chapa de metal, en la que las primeras transiciones de la primera sección convexa en las segundas secciones convexas definen un primer ancho de la superficie superior y en la que las segundas transiciones de las segundas secciones convexas en las terceras secciones definen un segundo ancho de la superficie superior, y en la que las terceras transiciones de las terceras secciones en la superficie superior principal de la primera chapa de metal definen un tercer ancho de la superficie superior, en el que primer radio es mayor que el segundo radio.

La segunda chapa puede estar hecha de hierro, o la segunda chapa de metal puede estar hecha de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como principal componente aluminio o magnesio como la primera chapa. Durante la soldadura, un electrodo de soldadura aplica una fuerza de presión sobre las chapas en la posición de la proyección. La proyección de la chapa de metal no ferroso inferior comprende, de acuerdo con la invención, una superficie superior que tiene una primera sección convexa en la parte superior con un primer radio que se funde en las segundas secciones convexas con el segundo radio, en la que el primer radio es mayor que el segundo radio. De esta manera, la proyección tiene una primera sección convexa relativamente amplia que conduce a una superficie de contacto inicial con crecimiento progresivo en la parte superior debido a la depresión local elástica y plástica del material de chapa. La corriente de soldadura se conduce localmente muy bien a través de esta superficie de contacto inicial, mientras que la proyección propiamente dicha puede soportar y contrarrestar la fuerza de presión que se aplica durante la soldadura a una extensión tal que se forma una soldadura fuerte y estructural. La proyección no colapsa prematuramente durante la soldadura de las chapas de metal. Esta proyección permite la soldadura directa de las chapas sin la eliminación previa de la oxidación.

55 En una realización cuantificada la relación de primer radio / segundo radio es al menos 4.

En particular, la relación de primer radio / segundo radio es de 4 a 5.

Más en particular, no descrito en las reivindicaciones de la presente, la relación de primer radio / segundo radio es

de 4,5.

En una realización cuantificada en forma adicional la relación de primer ancho / segundo ancho es de 0,60 a 0,90.

En particular, no descrito en las reivindicaciones de la presente, la relación de primer ancho / segundo ancho es de 0,70 a 0,80.

- 5 Más en particular, no descrito en las reivindicaciones de la presente, la relación de primer ancho / segundo ancho es de 0,75.

En una realización, la tercera sección es una tercera sección cóncava con un tercer radio, en la que el tercer radio es igual al segundo radio. De esta manera, la superficie superior se funde gradualmente en la superficie superior principal de la primera chapa de metal, lo que mejora la resistencia contra el colapso prematuro de la proyección durante el procedimiento de soldadura.

- 10 En una realización, la proyección está llena de metal de la primera chapa de metal por encima de la superficie superior principal de la primera chapa de metal. Esta fracción de metal por encima de la superficie superior principal proporciona el material para formar la soldadura y mejora la resistencia contra el colapso prematuro de la proyección durante el procedimiento de soldadura.

- 15 En una realización, la proyección comprende una muesca en la superficie principal inferior de la primera chapa de metal. Esta muesca se forma para proporcionar la fracción del material de la proyección que se forja por encima de la superficie superior principal.

En una realización de la misma no descrita en las reivindicaciones de la presente, el punto más profundo de la muesca se encuentra debajo de la superficie superior principal de la primera chapa de metal.

- 20 En una realización cuantificada no descrita en las reivindicaciones de la presente, la proyección tiene entre su superficie superior y su muesca un espesor de material de al menos 0,3 milímetros.

En una realización cuantificada no descrita en las reivindicaciones de la presente, el tercer ancho es de 1 a 4 milímetros.

En particular, no descrito en las reivindicaciones de la presente, el tercer ancho es de 1,8 milímetros.

- 25 En una realización cuantificada, la longitud de la proyección entre la transición con la superficie superior principal de la primera chapa de metal es de 2 a 12 milímetros.

En particular, no descrito en las reivindicaciones de la presente, la longitud de la proyección entre la transición con la superficie superior principal de la primera chapa de metal es de 6 milímetros.

- 30 En una realización, la segunda chapa de metal es de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como componente principal aluminio o magnesio.

De acuerdo con un segundo aspecto, la invención proporciona un procedimiento para soldar por proyección una segunda chapa de metal por encima de una primera chapa de metal por medio de soldadura por proyección con un aparato de soldadura por proyección, en el que la primera chapa de metal es de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como componente principal aluminio o magnesio, en el que la primera chapa de metal comprende una proyección alargada que se extiende localmente por encima de la superficie superior principal de la primera chapa de metal a entrar en contacto con la superficie principal inferior de la segunda chapa de metal, en la que la proyección comprende una superficie superior que tiene una primera sección convexa con un primer radio que define en su centro la altura mayor de la superficie superior con respecto a la superficie superior principal de la primera chapa de metal, una segunda sección convexa con un segundo radio a lo largo de ambos lados alargados que se funden en la primera sección, y una tercera sección a lo largo de ambos lados alargados que se funden en las segundas secciones y en la superficie superior principal de la primera chapa de metal, en la que las primeras transiciones de la primera sección convexa en las segundas secciones convexas definen un primer ancho de la superficie superior y en la que las segundas transiciones de las segundas secciones convexas en las terceras secciones definen un segundo ancho de la superficie superior, y en la que las terceras transiciones de las terceras secciones en la superficie superior principal de la primera chapa de metal definen un tercer ancho de la superficie superior, en el que el primer radio es mayor que el segundo radio, en el que el aparato de soldadura por proyección comprende un primer electrodo de soldadura y un segundo electrodo de soldadura que se acoplan sobre la primera chapa de metal y la segunda chapa de metal en la posición de la proyección para ejercer una fuerza de presión sobre las chapas de metal y para alimentar posteriormente una corriente a través de las chapas de metal, en el que el procedimiento comprende alimentar una corriente de soldadura a través de los electrodos de soldadura de acuerdo con un impulso, en el que el impulso comprende en serie una primera trayectoria durante un primer intervalo de tiempo en el que la corriente se eleva desde cero a una corriente máxima, una segunda trayectoria a través de un segundo intervalo de tiempo en el que la corriente máxima está presente, una tercera trayectoria en la que la corriente disminuye gradualmente de nuevo a cero durante un tercer intervalo de tiempo, y una cuarta trayectoria en

la que la corriente de soldadura durante un cuarto intervalo de tiempo se mantiene a cero mientras aún se aplica la fuerza de presión.

5 Este procedimiento se refiere en particular a una configuración de soldadura simple de lado doble en la que una proyección de soldadura se hace entre los dos electrodos de soldadura. La segunda chapa puede estar hecha de hierro, o la segunda chapa de metal puede estar hecha de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como principal componente aluminio de magnesio como la primera chapa. El impulso comprende en serie la segunda trayectoria en la que la corriente máxima de soldadura está presente, seguido de la tercera trayectoria en la que la corriente de soldadura disminuye gradualmente de nuevo a cero. Se ha descubierto que esto es necesario para obtener una soldadura fuerte y estructural en estas chapas de metal por medio de soldadura por proyección. Durante 10 la soldadura, la proyección colapsa plásticamente, que es un procedimiento de forjado en caliente y no un procedimiento de fusión, en el que la disminución gradual de la corriente de soldadura de nuevo a cero mejora las propiedades de la articulación forjada en caliente.

En una realización, la corriente de soldadura se alimenta como un solo impulso, por lo que la cantidad necesaria de energía se aplica de manera eficiente al área de las chapas de metal en el lugar de la proyección.

15 En una realización, la corriente de soldadura es una corriente continua, que tiene una alta densidad de energía y que permite romper una capa de oxidación en las caras exteriores de las chapas de metal en la línea de contacto con la proyección.

En una realización cuantificada, el primer intervalo de tiempo es como máximo de 10 milisegundos.

20 En particular, no descrito en las reivindicaciones de la presente, el primer intervalo es como máximo de 5 milisegundos.

Más en particular, el primer intervalo es como máximo de 1 milisegundo.

Al mantener el primer intervalo relativamente corto, más tiempo queda para aplicar la corriente de soldadura máxima para el siguiente procedimiento de forjado en caliente.

25 En una realización cuantificada no descrita en las reivindicaciones de la presente, el segundo intervalo de tiempo es de 10 a 20 milisegundos, en el que la proyección es aplanada por forjado en caliente.

En particular, no descrito en las reivindicaciones de la presente, el segundo intervalo de tiempo es de 15 milisegundos.

30 En una realización cuantificada no descrita en las reivindicaciones de la presente, el tercer intervalo de tiempo es de al menos 5 milisegundos, con lo cual se obtiene la articulación de forjado en caliente y de este modo una soldadura fuerte y estructural sin o con una cantidad mínima aceptable de grietas de contracción o inclusiones.

En una realización de la misma, el tercer intervalo de tiempo es como máximo de la duración del segundo intervalo de tiempo.

35 En una realización, el cuarto intervalo de tiempo es al menos tan largo como la suma del primer intervalo de tiempo, el segundo intervalo de tiempo y el tercer intervalo de tiempo, con lo que se obtiene una soldadura fuerte y estructural sin o con una cantidad mínima aceptable de grietas de contracción o inclusiones.

En una realización cuantificada de la misma no descrita en las reivindicaciones de la presente, el cuarto intervalo de tiempo es de al menos 100 milisegundos.

En particular, no descrito en las reivindicaciones de la presente, el cuarto intervalo de tiempo es de al menos 300 milisegundos.

40 En una realización cuantificada no descrita en las reivindicaciones de la presente, la fuerza de presión es de 70-280 Newton por milímetro cuadrado de la proyección en proyección perpendicular a la superficie principal de la primera chapa de metal. Esta fuerza de presión es sustancialmente más alta en comparación con la soldadura por proyección de chapas de hierro.

45 En particular, no descrito en las reivindicaciones de la presente, la fuerza de presión es de 160 Newton por milímetro cuadrado de la proyección en proyección perpendicular a la superficie principal de la primera chapa de metal.

En una realización cuantificada la corriente de soldadura máxima es de 2,5 a 5 kiloamperios por milímetro cuadrado de la proyección en proyección perpendicular a la superficie principal de la primera chapa de metal. Esta corriente de soldadura es sustancialmente mayor en comparación con la soldadura por proyección de chapas de hierro.

50 En particular, no descrito en las reivindicaciones de la presente, la corriente de soldadura máxima es de 4 kiloamperios por milímetro cuadrado de la proyección en proyección perpendicular a la superficie principal de la primera chapa de metal.

En una realización, la segunda chapa de metal es de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como componente principal aluminio de magnesio.

De acuerdo con un tercer aspecto, la invención proporciona un procedimiento para soldar por proyección una segunda chapa de metal por encima de una primera chapa de metal por medio de soldadura por proyección con un aparato de soldadura por proyección, en el que la primera chapa de metal es de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como componente principal aluminio o magnesio, en el que la primera chapa de metal comprende múltiples proyecciones alargadas que se extienden localmente por encima de la superficie superior principal de la primera chapa de metal a entrar en contacto con la superficie principal inferior de la segunda chapa de metal, en la que las proyecciones comprenden una superficie superior que tiene una primera sección convexa con un primer radio que define en su centro la altura mayor de la superficie superior con respecto a la superficie superior principal de la primera chapa de metal, una segunda sección convexa con un segundo radio a lo largo de ambos lados alargados que se funden en la primera sección, y una tercera sección a lo largo de ambos lados alargados que se funden en las segundas secciones y en la superficie superior principal de la primera chapa de metal, en las que las primeras transiciones de la primera sección convexa en las segundas secciones convexas definen un primer ancho de la superficie superior y en la que las segundas transiciones de las segundas secciones convexas en las terceras secciones definen un segundo ancho de la superficie superior, y en la que las terceras transiciones de las terceras secciones en la superficie superior principal de la primera chapa de metal definen un tercer ancho de la superficie superior, en el que el primer radio es mayor que el segundo radio, en el que el aparato de soldadura por proyección comprende un primer electrodo de soldadura y un segundo electrodo de soldadura que se acoplan simultáneamente sobre la segunda chapa de metal en la posición de dos proyecciones para ejercer una fuerza de presión sobre las chapas de metal y para alimentar posteriormente una corriente a través de las chapas de metal, en el que el procedimiento comprende alimentar una corriente de soldadura a través de los electrodos de soldadura de acuerdo con un impulso, en el que el impulso comprende en serie una primera trayectoria durante un primer intervalo de tiempo en el que la corriente se eleva desde cero a una corriente máxima, una segunda trayectoria durante un segundo intervalo de tiempo en el que la corriente máxima está presente, una tercera trayectoria en la que la corriente disminuye gradualmente de nuevo a cero durante un tercer intervalo de tiempo, y una cuarta trayectoria en la que la corriente de soldadura durante un cuarto intervalo de tiempo se mantiene a cero mientras la fuerza de presión aún se aplica.

Este procedimiento se refiere a una configuración de soldadura en serie de un solo lado en la que dos soldaduras de proyección se hacen simultáneamente por los electrodos de soldadura que se encuentran en el mismo lado de la pieza de trabajo. La segunda chapa puede estar hecha de hierro, o la segunda chapa de metal puede estar hecho de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como principal componente aluminio de magnesio como la primera chapa. Este procedimiento tiene las mismas propiedades y ventajas que la configuración de soldadura simple de lado doble descritas con anterioridad y que, por lo tanto, no se repiten.

En una realización cuantificada de esta configuración de soldadura en serie de un solo lado que no se describe en las reivindicaciones de la presente, el segundo intervalo de tiempo es de 20 a 40 milisegundos.

En particular, no descrito en las reivindicaciones de la presente, el segundo intervalo de tiempo es de 30 milisegundos.

Los diversos aspectos y características descritos y mostrados en la memoria descriptiva se pueden aplicar, de forma individual, siempre que sea posible. Estos aspectos individuales, en particular los aspectos y características descritos en las reivindicaciones dependientes adjuntas, pueden ser objeto de solicitudes de patente divisionales.

Breve descripción de las figuras

La invención se aclara sobre la base de una realización de ejemplo mostrada en las figuras adjuntas, en las que:

Las Figuras 1A-1C son una vista isométrica, una vista lateral y un detalle de un aparato de soldadura por proyección de acuerdo con la invención para soldar por proyección chapas de aluminio de acuerdo con la invención en una configuración de soldadura simple de lado doble;

La Figura 1D es una vista isométrica de la chapa de aluminio inferior con proyecciones, como se muestra en la Figura 1A;

Las Figuras 2A-2C son una vista isométrica, una vista lateral y un detalle del aparato de soldadura por proyección de acuerdo con la invención para soldar por proyección chapas de aluminio de acuerdo con la invención en una configuración de soldadura en serie de un solo lado;

Las Figuras 3A y 3B muestran la formación de las proyecciones en una de las chapas de aluminio de las Figuras 1A-1C, 2A-2C;

Las Figuras 4A y 4B muestran detalles de la formación de las proyecciones de las Figuras 3A y 3B;

Las Figuras 5A y 5B muestran detalles de la formación de las proyecciones en una chapa de aluminio que es más

gruesa que la chapa de aluminio de las Figuras 1A-1C, 2A-2C;

Las Figuras 6A y 6B muestran una sección transversal y una vista isométrica del lado superior de la proyección en la chapa de aluminio de la Figura 1C;

5 La Figura 7 muestra el diagrama de la corriente de soldadura que se aplica por el aparato de soldadura por proyección durante la soldadura; y

Las Figuras 8A y 8B son secciones transversales en vistas microscópicas de la soldadura resultante cuando los parámetros de proyección y parámetros de soldadura se aplican dentro de los intervalos específicos de acuerdo con la invención, y cuando algunos de estos parámetros se aplican fuera de estos intervalos, respectivamente.

Descripción detallada de la invención

10 Las Figuras 1A-1C son una vista isométrica, una vista lateral y detalles de un aparato de soldadura por proyección 1 de acuerdo con la invención para soldar en una configuración de soldadura simple de lado doble. El aparato de soldadura por proyección 1 está configurado para soldar por proyección chapas de metal no ferroso de acuerdo con la invención, en particular para soldar por proyección chapas de aluminio o magnesio y aleaciones de los mismos que tiene al menos 80%, preferiblemente 90% de su peso de aluminio o magnesio como el componente principal, y
 15 una fracción o dotación adicional de cobre, manganeso, silicio, zinc o combinaciones de los mismos. Las aleaciones de aluminio tienen un código internacional de cuatro letras generalmente indicado 1xxx, 2xxx, 3xxx, 4xxx, 5xxx, 6xxx, 7xxx y 8xxx, en el que los ejemplos específicos son aleaciones de aluminio 1050, 1080, 1200, 2017, 2024, 3003, 3004, 3103, 4043, 5000, 5005, 5052, 5082, 5083, 5086, 5180, 5240, 5251, 5356, 5454, 5556, 6005, 6060, 6061, 6063, 6082, 6111, 6161 6262, 7020 y 7075. Las aleaciones de magnesio tienen un código generalmente indicado XX
 20 yy, en el que yy indica el porcentaje del peso en números enteros de XX que indica la fracción o dotación adicional, en la que A es aluminio, C es cobre, E es elementos de tierras raras, H es torio, K es circonio, L es litio, M es manganeso, Q es plata, S es silicio, W es itrio y Z es zinc. Los ejemplos específicos son aleaciones de magnesio AZ 31, AZ 61, AZ 80, AZ 80, ZK 60 y ZM 21. Tales chapas, preferiblemente los tipos 5xxx, 6xxx y AZ yy, pueden utilizarse en la industria automotriz para la fabricación tanto de piezas de carrocería livianas de autos como piezas colgantes livianas de autos, tal como puertas y guardabarros. Estas piezas pueden estar totalmente hechas de estas chapas, pero también hay una necesidad de piezas de automóviles que combinan estas chapas con chapas de hierro. Un ejemplo es una carrocería de hierro de un auto con un techo de chapa de aluminio. El espesor de las chapas es de entre 0,5 milímetros y 5 milímetros, y típicamente aproximadamente 0,8-2 milímetros.

30 En la realización de ejemplo descrita a continuación, el aparato de soldadura por proyección 1 se describe para soldar por proyección este tipo de chapas de metal no ferroso entre sí o a una chapa de hierro, en la que se da un ejemplo para soldar dos chapas de aleación de aluminio de la serie 6xxx.

El aparato de soldadura por proyección 1 como se muestra en las Figuras 1A-1C comprende una unidad de soldadura o pistola de soldadura 2 que se lleva en un brazo robótico, que no se muestra adicionalmente, para su manipulación a lo largo de una pieza de trabajo a soldar. Alternativamente, la pistola de soldadura 2 está instalada
 35 de manera estacionaria y la pieza de trabajo se manipula con respecto a la pistola de soldadura 2 por un brazo robótico. Como una alternativa adicional, la pistola de soldadura 2 está instalada de manera estacionaria y la pieza de trabajo está sujeta en un accesorio. La pistola de soldadura 2 comprende un marco eléctricamente conductor 3 con la forma de una mordaza que está montado en el brazo robótico, y un cabezal de presión eléctricamente conductor 15 que es móvil con respecto al marco 3. El marco 3 y el cabezal de presión están hechos de cobre o aluminio. El cabezal de presión 15 comprende un primer soporte 16 en el que está montado un primer electrodo de soldadura reemplazable 20 que tiene una superficie de soldadura inferior plana 21. El marco 3 comprende en su lado inferior un segundo soporte 4 en el que está montado un segundo electrodo de soldadura reemplazable 10 que tiene una superficie de soldadura superior plana 11. El primer electrodo de soldadura 20 y el segundo electrodo de soldadura 10 están hechos de una aleación de cobre que está optimizada para una vida de servicio larga. El aparato
 40 de soldadura por proyección 1 se utiliza para hacer soldaduras de proyección entre dos chapas superpuestas, en las que la superficie de contacto con el primer electrodo de soldadura 20 se mantiene libre de manchas. Este lado de la chapa está listo para ser terminado con un revestimiento sin tratamientos intermedios, tal como la reparación y pulido de punto.

50 El primer electrodo de soldadura 20 y el segundo electrodo de soldadura 10 están mutuamente alineados, en los que la superficie superior de soldadura 11 está orientada a la superficie de soldadura inferior 21. El cabezal por presión 15 es guiado de forma deslizante a lo largo del marco 3 para el movimiento lineal en la dirección A con respecto al marco 3. Este fenómeno es accionado por medio de un accionamiento neumocinético. La unidad neumocinética comprende en serie un cilindro neumático, un resorte y una varilla de accionamiento 14 de los que sólo se muestra el extremo que está conectado al cabezal de presión 15 a través de un sensor de presión 17. El cilindro neumático mueve la barra de accionamiento 14 hacia abajo hacia la pieza de trabajo. Cuando el electrodo de soldadura superior 20 toca la pieza de trabajo, el cilindro neumático comprime el resorte a una fuerza de presión preestablecida F. El resorte comprimido permite un seguimiento rápido de los pequeños desplazamientos del primer electrodo de soldadura 20 durante la soldadura. En el cabezal de presión 15 y el marco 3, se proporcionan dos anclas cooperantes 25, 26 que se acoplan entre sí para mantener los electrodos de soldadura 10, 20 alineados, mientras la

fuerza de presión F se aplica a la pieza de trabajo. Los electrodos de soldadura 10, 20 pueden formar parte de un circuito de agua de refrigeración para enfriar los electrodos de soldadura 10, 20 en la soldadura de ciclo corto. El sensor de presión 17 supervisa la fuerza de presión F y su curso para garantizar un procedimiento de soldadura adecuado como se describe más adelante.

5 Los electrodos de soldadura 10, 20 están conectados a un circuito de alimentación eléctrica 30 que está indicado esquemáticamente en la Figura 1B. El circuito de alimentación eléctrica 30 comprende un inversor 31 que tiene su entrada 32 conectada a una toma de corriente convencional, que es una toma trifásica de 230/400V, 50 Hz en este ejemplo. El inversor 31 está configurado para convertir las tres tomas de fase en una salida de corriente alterna de una sola fase que tiene una alta frecuencia de aproximadamente 1 kHz. La salida del inversor 31 está conectada a un transformador 33 que está montado en el marco 3 cerca de los electrodos de soldadura 10, 20. El transformador 33 transforma la corriente alterna de alta frecuencia de alta tensión desde el inversor 31 a una misma salida de alta frecuencia, tensión baja, alta corriente. La salida del transformador 33 está conectada a un rectificador 34 que transforma la corriente alterna a una corriente directa. Las dos salidas 35, 36 del rectificador 34 están conectadas con los dos electrodos de soldadura 10, 20. La tensión y corriente del inversor 31 se controlan con exactitud en el tiempo, lo que conduce a una corriente de soldadura específica a través de los electrodos de soldadura 10, 20 con una de cuyas características se describen los parámetros en adelante. Se comprende que "superior" e "inferior", y "primero" y "segundo" son términos relativos, no limitativos, para las dos chapas 50, 51, de las cuales una se proporciona con la proyección 60. Las chapas 50, 51 tienen un espesor constante entre las proyecciones posteriores 60. Las chapas 50, 51 pueden tener un espesor constante en todo el plano principal, es decir, con excepción de los puntos donde las proyecciones 60 están realmente presentes. Las chapas 50, 51 pueden tener una capa de oxidación externa en las superficies exteriores enfrentadas.

Como se muestra en las Figuras 1A-1C, dos chapas de aluminio 50, 51 a soldar en conjunto se colocan superpuestas entre los electrodos de soldadura 10, 20. La chapa de aluminio inferior 50 también se muestra por separado en la Figura 1D. Como se muestra en las Figuras 1C y 1D, la chapa de aluminio inferior 50 comprende múltiples proyecciones 60 que sobresalen hacia la superficie inferior de la chapa de aluminio superior 51. Las proyecciones 60 se forman en la chapa de aluminio 50 en una etapa anterior, como se describe en adelante.

Las Figuras 2A-2C muestran una configuración para soldado en serie de un solo lado. En esta configuración alternativa, la chapa de aluminio inferior 51 se proporciona con una parte del dobladillo 52 que se pliega hacia atrás para cerrar el borde de la chapa de aluminio cerrada 50 que se proporciona con las proyecciones 60. En esta configuración, el aparato de soldadura por proyección 1 comprende dos pistolas de soldadura 2 que actúan simultáneamente. Las pistolas de soldadura 2 comprenden cada una un electrodo de soldadura 10, 20 en el primer soporte 16 y pasadores no conductores 12 están montados en los segundos soportes 4. Alternativamente, los segundos soportes 4 se reemplazan por un marco de soporte para la pieza de trabajo que sostiene las chapas 50, 51 mutuamente posicionadas durante la soldadura. Las dos salidas 35, 36 del rectificador 34 están conectadas con los dos electrodos de soldadura 10, 20. La configuración del aparato de soldadura por proyección 1 como se muestra en las Figuras 2A-2C también se puede utilizar para soldadura en serie de un solo lado de la pieza de trabajo como se muestra en las Figuras 1A-1C.

Para todas las configuraciones, los electrodos de soldadura (10), 20 en los soportes superiores 16 son llevados hacia abajo en la dirección A para colindar con las chapas de aluminio superior 51 o la parte del dobladillo 52 en la posición de la proyección 60. Durante el procedimiento de soldadura, se aplican una fuerza de presión específica F y una corriente de soldadura de acuerdo con una característica específica en el tiempo, por lo que la proyección 60 colapsa completamente y se convierte en una soldadura fuerte y estructural por forjado en caliente, que tiene propiedades de material óptimas, como se describe en adelante. Después de la soldadura, la superficie inferior de la chapa superior 51 o la parte del dobladillo 52 está en contacto estrecho con la superficie alrededor de la proyección colapsada 60. Para todas las configuraciones, hay para cada punto de soldadura solo una proyección 60 que forma la soldadura entre las chapas 50, 51. En otras palabras, justo por encima de la totalidad de la longitud de la proyección 60 la superficie inferior de la chapa de aluminio superior 51 que está orientada a la proyección 60 es recta y se extiende en paralelo al plano principal de la chapa de aluminio superior 51. En la primera configuración de acuerdo con las Figuras 1A-1C la corriente de soldadura pasa principalmente a través de la proyección 60 que está confinada entre los electrodos de soldadura 10, 20. En la segunda configuración de acuerdo con las Figuras 2A-2C la corriente de soldadura pasa a través de las dos proyecciones 60 que están en serie a través de la chapa superior 50, pero también una fracción sustancial de la corriente pasa directamente a través de la parte del dobladillo 52 que es paralela con ella. Esto se compensa en la característica de corriente como se describe más adelante.

En todas las configuraciones, la pieza de trabajo tiene una brida con un ancho B que comprende las soldaduras estructurales distribuidas, en las que existe una necesidad en la técnica para mantener el ancho B de la brida de lo más pequeño posible. El aparato de soldadura por proyección 1 está, en todas las configuraciones, adaptado para soldar bridas con un ancho de 4 a 10 milímetros, preferiblemente de 6 a 8 milímetros.

Las proyecciones 60 se forman en una etapa anterior presionando la chapa de aluminio 50 entre un primer bloque de forma 80 y un segundo bloque de forma 90 de acero endurecido, como se muestra en las Figuras 3A y 3B. El primer bloque de forma 80 comprende una superficie inferior plana 81 que tiene un hoyo alargado 82. El segundo bloque de forma 90 comprende una superficie superior plana 91 y un punzón saliente 92 con una sección transversal

triangular recta y un borde superior afilado pero redondeado que está alineado con el hoyo 82. En la técnica, a menudo la totalidad del primer bloque de forma 80 se denomina la "matriz" y la totalidad del segundo bloque de forma 90 se denomina el "punzón". En la formación de la proyección 60, la chapa de aluminio 50 se coloca contra la superficie inferior plana 81 del primer bloque de forma 80 y el segundo bloque forma 90 es movido y presionado en la dirección K contra la chapa de aluminio 50 hasta que la superficie superior plana 91 está en contacto estrecho con la superficie inferior de la chapa de aluminio 50. En este fenómeno de formación, el punzón 92 penetra la chapa de aluminio 50 y deforma o forja en frío local y plásticamente el material para llenar completamente el espacio dentro del hoyo 82, con lo que la forma de la superficie superior de la proyección 60 es totalmente complementaria a la superficie interior del hoyo 82. En la técnica, por lo tanto, la superficie superior de la proyección 60 a menudo se denomina llamado la "hoyo". Las situaciones durante y después de la penetración se muestran en detalle en las Figuras 4A y 5A.

Las Figuras 5A y 5B muestran la formación de una proyección 60 de acuerdo con la invención en una chapa de aluminio 50a con un espesor diferente, en este ejemplo mayor. En la formación de la proyección 60, se utiliza el mismo primer bloque de formación 80 con el mismo hoyo 82, mientras que una segunda formación de bloque alternativa 90a se utiliza con la misma superficie superior 91 y un punzón alternativo 92a con una sección transversal triangular recta y un borde superior afilado pero redondeado. El punzón 90a es mayor y la base es más amplia que el punzón 90 para la chapa de aluminio más delgada. En el fenómeno de formación 92a, el punzón penetra la chapa de aluminio 50 y deforma local y plásticamente el material para llenar completamente el espacio dentro del hoyo 82, con lo que la forma de la superficie superior de la proyección 60 es nuevamente complementaria a la superficie interior del hoyo 82.

El hoyo 82 tiene para todos los espesores de chapa la misma geometría específica que se transfiere en forma complementaria a la superficie superior de la proyección 60 formada. Los parámetros geométricos de la proyección 60 se muestran en detalle en las Figuras 6A y 6B. Como se muestra en la Figura 6B, la proyección alargada es sustancialmente recta o rectilínea en su dirección longitudinal. Como también se muestra en la Figura 6A, la proyección 60 tiene una superficie superior 61 que se extiende por encima de la superficie superior principal 53 de la chapa de aluminio 50. La superficie superior 61 comprende una porción media prismática, alargada, 62 cuya sección transversal constante se muestra en la Figura 6A, y dos porciones de extremo 63, en la que los extremos de la porción media 62 se funden simétricamente en la superficie superior principal 53 de la chapa de aluminio 50.

Como se muestra en la Figura 6A, la porción media 62 de la superficie superior 61 comprende una primera sección convexa 65 con un primer radio R1 que no es sin fin. La primera sección convexa 65 define en su centro la altura mayor H1 de la superficie superior 61 con respecto a la superficie superior principal 53 de la chapa de aluminio 50. La altura mayor está entre 0,35 milímetros y 0,55 milímetros, preferiblemente aproximadamente 0,45 milímetros, para todos los espesores de chapa. La primera sección convexa 65 se funde simétricamente en ambos lados en las segundas secciones convexas 64 con un segundo radio menor R2. Estas primeras transiciones T1 de la primera sección convexa 65 en las segundas secciones convexas 64 son suaves. En términos matemáticos, las tangentes de las secciones de fusión 64, 65 coinciden en las primeras transiciones T1. La primera sección cóncava tiene un primer ancho W1 entre las primeras transiciones T1.

Las segundas secciones convexas 64 se funden simétricamente en terceras secciones cóncavas 63 con un tercer radio R3. Estas segundas transiciones T2 de las segundas secciones convexas 65 en las terceras secciones cóncavas 64 son suaves. En términos matemáticos, las tangentes de las secciones de fusión 64, 65 coinciden en las segundas transiciones T2 y cambian su dirección. La primera sección convexa 65 y las segundas secciones convexas 64 tienen un segundo ancho total W2 entre las segundas transiciones T2. Las terceras secciones cóncavas 63 se funden simétricamente en la superficie superior principal 53 de la chapa de aluminio 50. Estas terceras transiciones T3 de las terceras secciones cóncavas 63 en la superficie superior recta principal 53 son suaves. En términos matemáticos las tangentes de la sección de fusión 63 y la superficie superior recta principal coinciden en las terceras transiciones T3. La superficie superior 61 tiene un tercer ancho total W3 entre las terceras transiciones T3, que es el ancho total de la proyección 60 por encima de la superficie principal 53 de la chapa de aluminio 50.

Las transiciones T1, T2, T3 mencionadas con anterioridad son puntos ncionales en la sección transversal como se muestra en la Figura 6A y las líneas ncionales que se extienden paralelamente en la superficie superior principal 53 de la chapa de aluminio 50. Las terceras transiciones T3 forman las líneas de base de la superficie superior 61 a lo largo de los lados largos de la proyección 60. Las dos porciones extremas 63 tienen en una sección longitudinal y tomada de la porción media 62 el mismo contorno exterior que la sección transversal de la porción media 62. La superficie superior 61 de la proyección 60 tiene una longitud total L1. Como se muestra en la Figura 6A, la proyección 60 tiene un espesor mínimo de material Q tomado entre la superficie superior 61 y la superficie de la depresión 66. La proyección 60 forma un estrechamiento local en el material de la chapa.

Para los parámetros geométricos mencionados con anterioridad, se aplican los valores y relaciones específicos:

La relación de primer radio R1 / segundo radio R2 es de al menos 4. Preferiblemente, la relación de primer radio R1 / segundo radio R2 es de 4 a 5. Más preferiblemente, la relación de primer radio R1 / segundo radio R2 es de aproximadamente 4,5. La relación de primer ancho W1 / segundo ancho W2 es de entre 0,60 y 0,90.

ES 2 686 678 T3

- Preferiblemente, la relación primer ancho $W1$ / segundo ancho $W2$ es de aproximadamente 0,70 y 0,80. Más preferiblemente, la relación primer ancho $W1$ / segundo ancho $W2$ es de aproximadamente 0,75. Estas relaciones en parámetros geométricos resultan en una superficie superior 61 que tiene una primera sección convexa relativamente amplia 65 en la parte superior, pero que aún tiene la mayor altura $H1$ solo en la mitad de la misma, que forma la línea inicial de contacto con la superficie inferior de la chapa de aluminio 51 o parte del dobladillo 52 a soldar a la chapa 50 con la proyección 60, y, por lo tanto, forma el pasaje para la corriente de soldadura inicial. Ya cuando se aplica la fuerza de presión F , la primera sección convexa amplia 65 conduce a una superficie de contacto inicial de crecimiento progresivo en la parte superior debido a la depresión local elástica y plástica material frío. La corriente de soldadura se conduce localmente muy bien a través de, únicamente, esta superficie de contacto.
- El tercer ancho $W3$ está entre 1 y 4 milímetros. Preferiblemente, el tercer ancho $W3$ es de aproximadamente 1,8 milímetros. La longitud $L1$ está entre 2 y 12 milímetros. Preferiblemente, la longitud $L1$ es de 6 milímetros.
- El espesor mínimo de material Q es mayor que 0,3 milímetros. Preferiblemente, el espesor mínimo de material Q es mayor que 0,45 milímetros. Esto ya se aplica para los espesores de chapa de 0,8 a 1 milímetro. La parte superior 67 de la muesca 66 que se deja atrás por el punzón 92 siempre se encuentra por debajo de la superficie superior principal 53 de la chapa de aluminio 50, que se indica por la línea notional C en las Figuras 4B y 5B, con lo que la parte de la proyección 60 que se extiende por encima de la superficie superior principal de la chapa de aluminio 50 está llena de metal. El espesor mínimo de material que se obtiene de este modo asegura que la proyección 60 resiste la depresión local inicial del material frío. Cuando los electrodos de soldadura 10, 20 se ponen en contacto con la pieza de trabajo, la fuerza de presión F del segundo soporte 16 con respecto al primer soporte 4 se supervisa en el tiempo para verificar la integridad estructural de la proyección 60. Cuando la fuerza de presión F y su curso en el tiempo no están dentro de los límites prescritos se concluye con que la proyección 60 no se puede utilizar para una soldadura libre de manchas. Por lo tanto, no se aplica la corriente de soldadura. Esto puede ser debido a que la proyección 60 ya ha colapsado o a que una proyección no estaba presente en absoluto.
- La Figura 7 muestra el diagrama de la corriente de soldadura que se alimenta a través de los electrodos de soldadura 10, 20 del aparato de soldadura por proyección 1 durante la soldadura. La corriente de soldadura se aplica como un impulso único o continuo de corriente directa unipolar con parámetros específicos para la corriente de soldadura I en el tiempo t . El impulso de corriente se inicia después de que la fuerza de presión constante F se aplica y la integridad estructural de la proyección 60 se ha confirmado. En el momento en que se aplica inicialmente la fuerza de presión constante F , la reducción de la altura mayor debido a la depresión local elástica y plástica del material frío se limita a 2%. Esto se obtiene por las características de forma específicas de la proyección 60, en particular el primer radio $R1$ y el segundo radio $R2$ aplicados y la relación entre los mismos, y dado que la proyección 60 es sólida por encima de la superficie superior principal 53 de la primera chapa de aluminio 50. Debido a la excelente resistencia contra la depresión bajo la fuerza de presión F aplicada, cualquier oxidación entre las superficies de contacto se descompone. Por lo tanto, una etapa previa de eliminación de la oxidación conocida en la técnica no es necesaria.
- El impulso de corriente comprende en serie una primera trayectoria $P1$ en la que la corriente de soldadura (Amperios) durante un intervalo de tiempo $T1$ aumenta rápidamente desde 0 amperios a la corriente máxima I_{max} , una segunda trayectoria $P2$ en la que la corriente de soldadura durante un segundo intervalo de tiempo $t2$ es sustancialmente constante o constante, una tercera trayectoria $P3$ en la que la corriente de soldadura durante un intervalo de tiempo $t3$ disminuye proporcionalmente (de acuerdo con una línea recta en el diagrama con escalas lineales) a partir de la corriente máxima I_{max} a 0 amperios. Esto es seguido inmediatamente por una cuarta trayectoria $P4$ en la que durante un intervalo de tiempo restante $t4$ la corriente de soldadura se mantiene a 0 amperios, mientras la fuerza de presión F aún se aplica por los electrodos de soldadura 10, 20. Después de esta cuarta trayectoria $P4$ los electrodos de soldadura 10, 20 se retraen y posicionan en el siguiente punto de soldadura. Para los parámetros de impulso mencionados con anterioridad, se aplican los valores y relaciones específicos.
- La primera trayectoria $P1$ tiene un tiempo de subida extremadamente corto o primer intervalo de tiempo $t1$ de como máximo 10 milisegundos. Preferiblemente, el primer intervalo de tiempo $t1$ es como máximo de 5 milisegundos. Más preferiblemente, el primer intervalo de tiempo $t1$ es como máximo de 1 milisegundo.
- Para la configuración de soldadura simple de lado doble el doble, la segunda trayectoria $P2$ con la corriente constante tiene un segundo intervalo de tiempo $t2$ entre 10 y 20 milisegundos. Preferiblemente, el segundo intervalo de tiempo $t2$ es de aproximadamente 15 milisegundos. Para las configuraciones de soldadura en serie de un solo lado como se describe por referencia a las Figuras 2A-2C la segunda trayectoria $P2$ con la corriente constante tiene un segundo intervalo de tiempo $t2$ entre 20 y 40 milisegundos. Preferiblemente, el segundo intervalo de tiempo $t2$ es de aproximadamente 30 milisegundos.
- La tercera trayectoria $P3$ con la disminución proporcional tiene un tercer intervalo de tiempo $t3$ de al menos 5 milisegundos. Preferiblemente, el tercer intervalo de tiempo $t3$ es como máximo igual al segundo intervalo de tiempo $t2$.
- La primera trayectoria $P1$ y la tercera trayectoria $P3$ forman un trapecio asimétrico, en el que el primer intervalo de tiempo $t1$ es más corto que el tercer intervalo de tiempo $t3$. Preferiblemente, el primer intervalo de tiempo $t1$ es más

corto que la mitad del tercer intervalo de tiempo t3.

La cuarta trayectoria P4 tiene un cuarto intervalo de tiempo t4 que es al menos tan largo como la suma del primer intervalo de tiempo t1, el segundo intervalo de tiempo t2 y el tercer intervalo de tiempo t3 en el que la corriente se ha alimentado. Preferiblemente, el cuarto intervalo de tiempo t4 es de al menos 100 milisegundos. Más preferiblemente, el cuarto intervalo de tiempo t4 es de aproximadamente 300 milisegundos.

Estos parámetros de impulso específicos aseguran que al final se obtiene una soldadura de construcción con excelentes propiedades del material en el lugar anterior de la proyección 60. La proyección 60 propiamente dicha hace que la corriente de soldadura pase en la ubicación de la proyección 60 y no a través del área adyacente de la chapa 50 con la proyección 60. El primer intervalo de tiempo inicial corto relativo t1 de la primera trayectoria P1 asegura que la longitud del segundo intervalo de tiempo t2 puede ser óptima dentro del total del primer intervalo de tiempo t1, el segundo intervalo de tiempo t2 y el tercer intervalo de tiempo t3 en el que se alimenta la corriente de soldadura y, por lo tanto, se alimenta energía eléctrica a la soldadura. Esta primera duración corta t1 está asegurada por la superficie de contacto inicial grande relativa a la primera sección convexa amplia 65 después de que se aplica la fuerza de presión F, cuya superficie de contacto inicial relativamente grande forma la superficie principal para conducir la corriente de soldadura. El fuerte aumento de la corriente de soldadura en la primera trayectoria P1 es causado por una tensión de soldadura relativamente alta entre los electrodos de soldadura 10, 20 de aproximadamente 25 a 40 voltios y la fuerza de presión F relativamente alta como se especifica en adelante en la presente. La tensión de soldadura, corriente de soldadura y fuerza de presión son más altas que en comparación con la soldadura por proyección de dos chapas de hierro conocida en la técnica. Al final de la primera duración t1, comienza el colapso plástico de la proyección 60 calentada. El colapso es causado por la energía de soldadura eléctrica que se aplica sobre la segunda trayectoria P2. Al final de la segunda trayectoria P2 la proyección 60 está completamente colapsada y la superficie inferior de la segunda chapa de aluminio 51 colinda totalmente con la superficie superior 53 de la primera chapa de aluminio 50. El colapso de la proyección 60 calentada se produce en un único fenómeno continuo en el que la energía de la soldadura eléctrica se alimenta continuamente a la soldadura. El colapso gradual de la proyección 60 no es un procedimiento de fusión, sino un procedimiento de forjado en caliente bien controlado en el que la proyección 60 mantiene la fuerza suficiente para contrarrestar su colapso impuesto, por lo que los materiales se sueldan entre sí. Durante la siguiente tercera trayectoria P3 la corriente eléctrica se reduce proporcionalmente, por lo que la cantidad de energía que se alimenta a la soldadura también se reduce gradualmente para mejorar la articulación forjada en caliente.

Durante la cuarta trayectoria P4 ya no hay energía de soldadura eléctrica alimentada, mientras los electrodos de soldadura 10, 20 enfrían la soldadura y continúan aplicando la fuerza de presión F. En la cuarta trayectoria P4 la energía de soldadura se retrae de manera acelerada pero controlada durante el cuarto intervalo de tiempo t4 que es aproximadamente de la misma duración que la duración en la que se aplicó antes la corriente de soldadura eléctrica. De esta manera se obtiene una soldadura estructural con alta calidad con defectos de contracción mínimos.

La corriente de soldadura para la proyección preferida 60 con, en la base, una longitud L1 de 6 milímetros y un ancho W3 de 1,8 milímetros está en valores absolutos entre 30 kA y 50 kA, y preferiblemente de aproximadamente 40 kA. El tamaño de la base define el área proyectada de la superficie superior 61 de la proyección 60 en el plano de la superficie superior principal 53 de la chapa de aluminio 50. Cuando se hace referencia al área proyectada, la corriente de soldadura está entre 2,5 kA y 5 kA por mm², preferiblemente de aproximadamente 4 kA por mm² de área proyectada. La segunda trayectoria P2 es de aproximadamente el doble en la configuración de soldadura en serie en comparación con la configuración de soldadura individual para permitir que la misma cantidad de energía se introduzca a las proyecciones 60.

La fuerza de presión F para la proyección preferida 60 con, en la base, una longitud L1 de 6 milímetros y un ancho W3 de 1,8 milímetros está en valores absolutos entre 800 N y 3000 N, preferiblemente aproximadamente 1750 N. Cuando se hace referencia al área proyectada, la fuerza de presión F está entre 70 N y 280 N, preferiblemente aproximadamente 160 N por mm² de área proyectada. La fuerza de presión ejercida F es constante o sustancialmente constante durante el ciclo de soldadura, es decir, en o durante la primera trayectoria P1, la segunda trayectoria P2, la tercera trayectoria P3 y la cuarta trayectoria P4.

La Figura 8A es una vista microscópica de la soldadura estructural cuando se aplican los parámetros de soldadura dentro de los intervalos descritos con anterioridad. La soldadura está libre de grietas, y la cantidad de inclusiones y porosidad que se muestra como puntos negros 101 es mínima. Esta es una soldadura con una alta integridad estructural. Esta soldadura es incluso más fuerte que el material de las chapas de aluminio 50, 51 propiamente dicho.

La Figura 8B es una vista microscópica de una soldadura cuando algunos de los parámetros de soldadura se aplican fuera de los intervalos descritos con anterioridad. En particular, en este ejemplo, la segunda t2 duración y la tercera duración t3 se han seleccionado muy lejos de los intervalos especificados. Como un resultado, se ha cambiado la integridad del material, por lo que la soldadura comprende grietas de contracción alargadas, distribuidas, mostradas como líneas negras 100, y numerosas inclusiones y porosidad mostradas como puntos negros 101. Las grietas e inclusiones han dado lugar a una soldadura débil que no puede soportar cargas mecánicas como se requiere en la industria.

Debe comprenderse que la descripción anterior se incluye para ilustrar la operación de las realizaciones preferidas y no pretende limitar el ámbito de la invención. De la discusión anterior, muchas variaciones serán evidentes para aquellos con experiencia en la técnica que aún son abarcadas por el alcance de la presente invención, como se define por las reivindicaciones adjuntas.

5

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de una primera chapa de metal (50) y una segunda chapa (51) a soldar por encima de la primera chapa de metal por medio de soldadura por proyección, en el que la primera chapa de metal es de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como componente principal aluminio o magnesio, **caracterizado porque** la primera chapa de metal (50) comprende una proyección alargada (60) que se extiende localmente por encima de la superficie superior principal (53) de la primera chapa de metal (50) para entrar en contacto con la superficie inferior principal de la segunda chapa (51), en el que la proyección comprende una superficie superior (61) que tiene una primera sección convexa (65) con un primer radio (R1) que define en su centro la altura mayor (H1) de la superficie superior (61) con respecto a la superficie superior principal (53) de la primera chapa de metal (50), una segunda sección convexa (64) con un segundo radio (R2) a lo largo de ambos lados alargados que se funden en la primera sección (65), y una tercera sección (63) a lo largo de ambos lados alargados que se funden en las segundas secciones (64) y en la superficie superior principal (53) de la primera chapa de metal (50), en el que las primeras transiciones (T1) de la primera sección convexa (65) en las segundas secciones convexas (64) definen un primer ancho (W1) de la superficie superior (61) y en el que las segundas transiciones (T2) de las segundas secciones convexas (64) en las terceras secciones (63) definen un segundo ancho (W2) de la superficie superior (61), y en la que las terceras transiciones (T3) de las terceras secciones (63) en la superficie superior principal (53) de la primera chapa de metal (50) definen un tercer ancho (W3) de la superficie superior (61), en el que el primer radio (R1) es mayor que el segundo radio (R2).
2. Un conjunto de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la relación de primer radio (R1) / segundo radio (R2) es de al menos 4.
3. Un conjunto de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la relación de primer radio (R1) / segundo radio (R2) es de 4 a 5.
4. Un conjunto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la relación de primer ancho (W1) / segundo ancho (W2) es de 0,60 a 0,90.
5. Un conjunto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la tercera sección (63) es una tercera sección cóncava (63) con un tercer radio (R3), en el que el tercer radio es igual al segundo radio.
6. Un conjunto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la proyección (60) está llena de metal de la primera chapa de metal (50) por encima de la superficie superior principal (53) de la primera chapa de metal (50).
7. Un conjunto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la proyección (60) comprende una muesca (66) en la superficie principal inferior (54) de la primera chapa de metal (50).
8. Un conjunto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la segunda chapa (51) es de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como componente principal aluminio o magnesio.
9. Un procedimiento para soldar por proyección una segunda chapa de metal (51) por encima de una primera chapa de metal (50) por medio de soldadura por proyección con un aparato de soldadura por proyección (1), en el que la primera chapa de metal (50) es de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como componente principal aluminio o magnesio, en el que el aparato de soldadura por proyección (1) comprende un primer electrodo de soldadura (20) y un segundo electrodo de soldadura (10) que se acoplan sobre la primera chapa de metal (50) y la segunda chapa de metal (51) en la posición de la proyección (60) o que se acoplan simultáneamente en la segunda chapa de metal (51) en la posición de dos proyecciones (60) para ejercer una fuerza de presión sobre las chapas de metal (50,51) y para alimentar posteriormente una corriente a través de las chapas de metal, en el que el procedimiento comprende alimentar una corriente de soldadura a través de los electrodos de soldadura de acuerdo con un impulso, en el que el impulso comprende en serie una primera trayectoria (P1) durante un primer intervalo de tiempo (t1) en el que la corriente se eleva desde cero a una corriente máxima, una segunda trayectoria (P2) durante un segundo intervalo de tiempo (t2) en el que la corriente máxima está presente, una tercera trayectoria (P3) en la que la corriente disminuye gradualmente de nuevo a cero durante un tercer intervalo de tiempo (t3), y una cuarta trayectoria (P4) en la que la corriente de soldadura durante un intervalo de cuarto tiempo (t4) se mantiene en cero mientras que la fuerza de presión aún se aplica **caracterizado porque** la primera chapa de metal comprende una o más proyecciones alargadas (60) que se extienden localmente por encima de la superficie superior principal (53) de la primera chapa de metal (50) para entrar en contacto con la superficie inferior principal de la segunda chapa (51), en el que las una o más proyecciones (60) comprenden una superficie superior (61) que tiene una primera sección convexa (65) con un primer radio (R1) que define en su centro la altura mayor (H1) de la superficie superior (61) con respecto a la superficie superior principal (53) de la primera chapa de metal (50), una segunda sección convexa (64) con un segundo radio (R2) a lo largo de ambos lados alargados que se funden en la primera sección (65), y una tercera sección (63) a lo largo de ambos lados alargados que se funden en las segundas secciones (64) y en la superficie superior principal (53) de la primera chapa de metal (50), en la que las primeras transiciones (T1) de la primera sección convexa (65) en las segundas secciones convexas (64) definen un primer ancho (W1) de la superficie superior (61) y en la que las segundas transiciones (T2) de las segundas secciones convexas (64) en las

ES 2 686 678 T3

terceras secciones (63) definen un segundo ancho (W2) de la superficie superior (61), y en la que las terceras transiciones (T3) de las terceras secciones (63) en la superficie superior principal (53) de la primera chapa (50) definen un tercer ancho (W3) de la superficie superior (61), en el que el primer radio (R1) es mayor que el segundo radio (R2).

- 5 **10.** Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la corriente de soldadura se alimenta como un único impulso.
- 11.** Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en el que la corriente de soldadura es una corriente continua.
- 10 **12.** Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que el primer intervalo de tiempo (t1) es más corto que el tercer intervalo de tiempo (t3).
- 13.** Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-12, en el que el primer intervalo de tiempo (t1) es como máximo de 10 milisegundos.
- 14.** Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-13, en el que el primer intervalo es como máximo de 1 milisegundo.
- 15 **15.** Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-14, en el que el tercer intervalo de tiempo (t3) es como máximo la duración del segundo intervalo de tiempo (t2).
- 16.** Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-15, en el que el cuarto intervalo de tiempo (t4) es al menos tan largo como la suma del primer intervalo de tiempo (t1), el segundo intervalo de tiempo (t2) y el tercer intervalo de tiempo (t3).
- 20 **17.** Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-16, en el que la corriente máxima de soldadura es de 2,5 a 5 kiloamperios por milímetro cuadrado de la proyección (60) en proyección perpendicular a la superficie principal (53) de la primera chapa de metal (50).
- 18.** Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-17, en el que la segunda chapa (51) es de un metal o aleación de metal no ferroso que tiene como componente principal aluminio o magnesio.

25

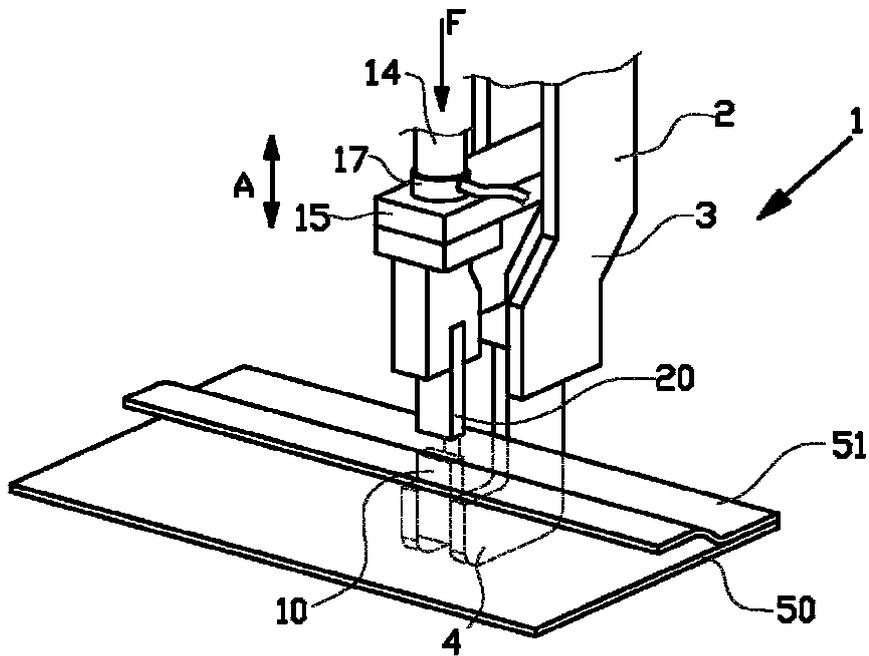


FIG. 1A

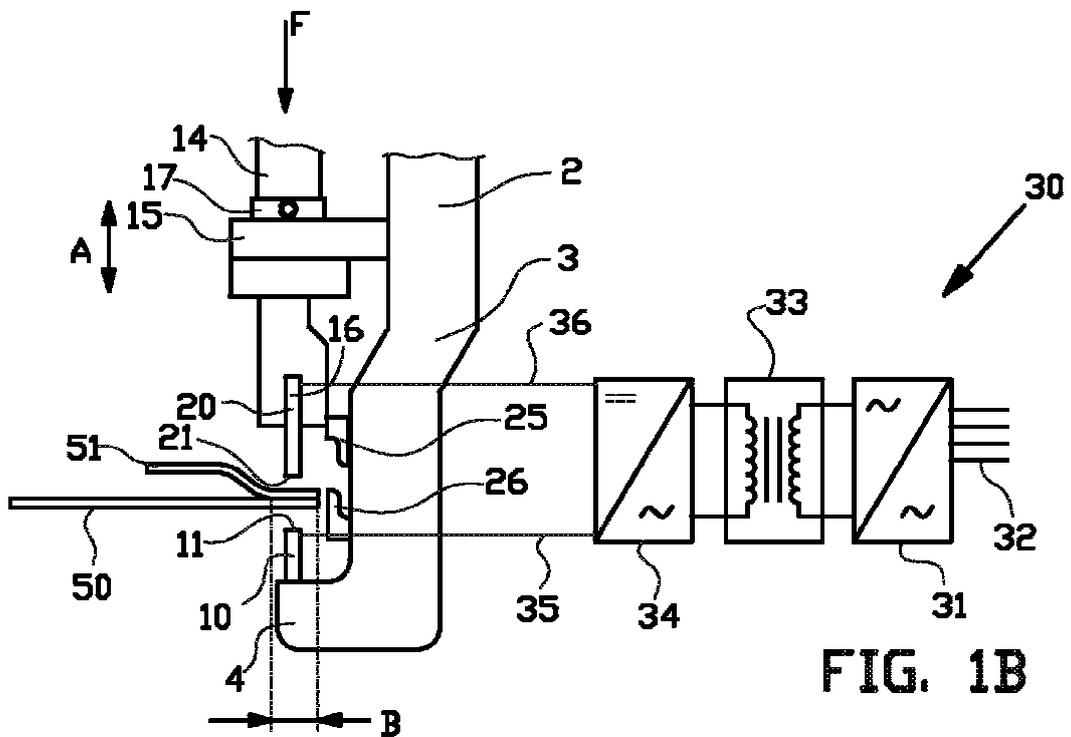


FIG. 1B

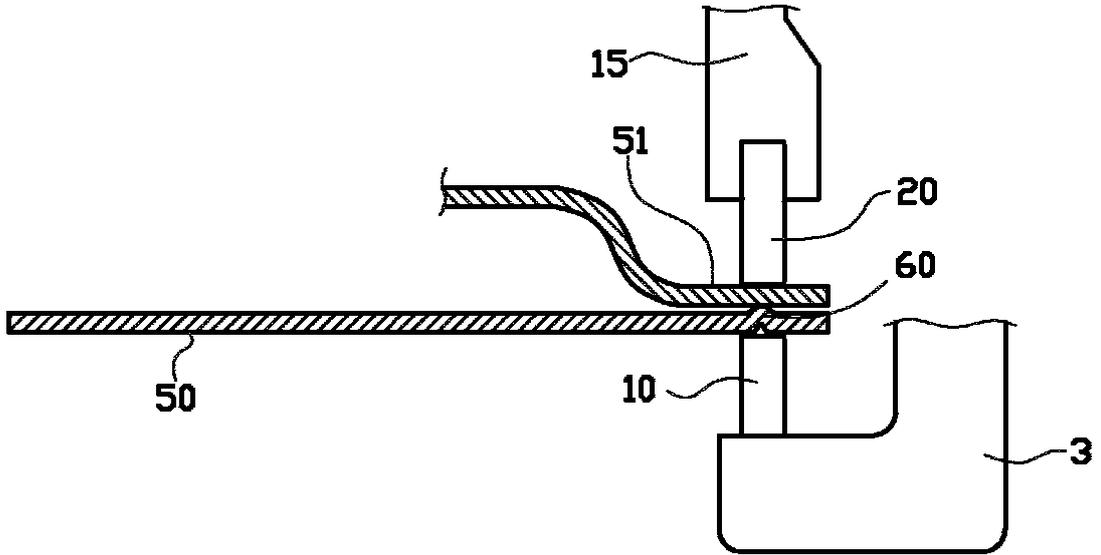


FIG. 1C

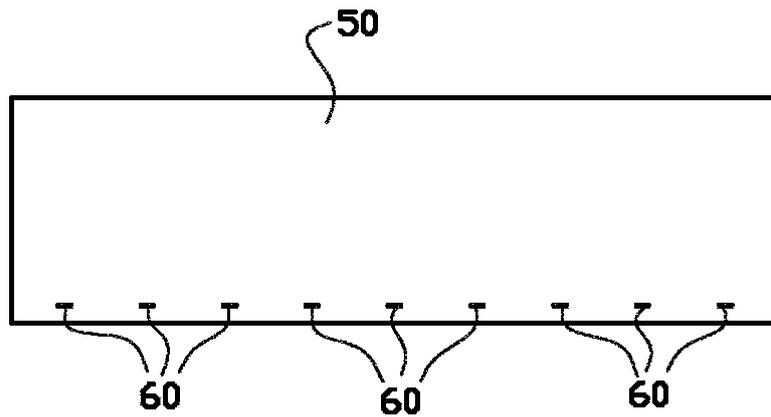
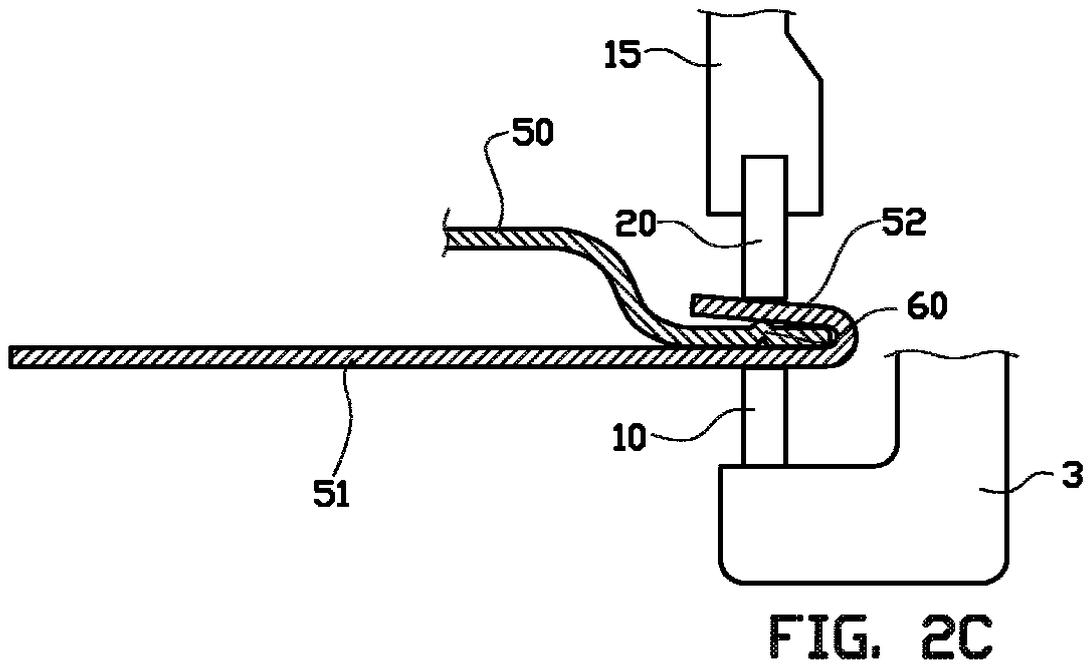
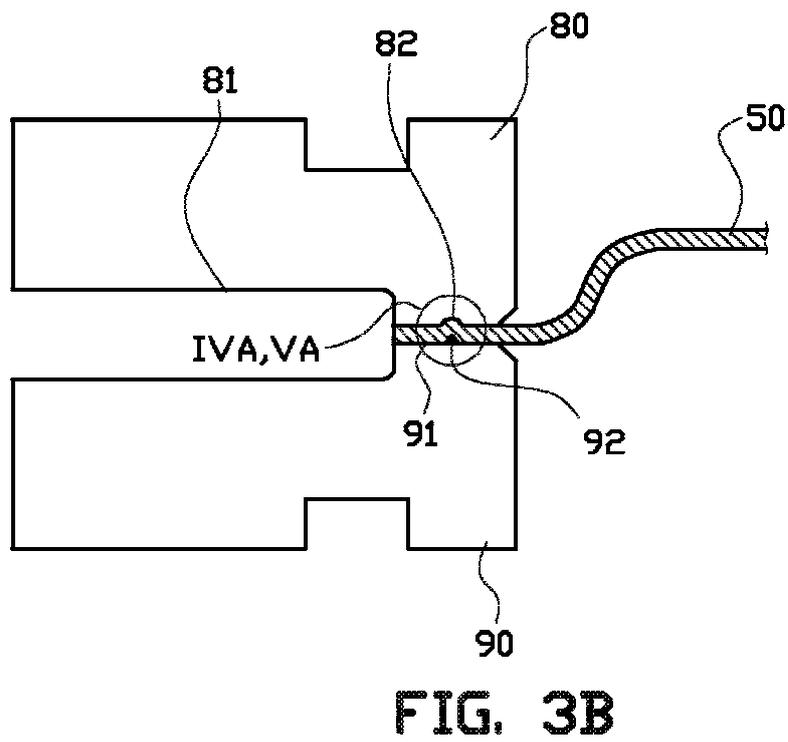
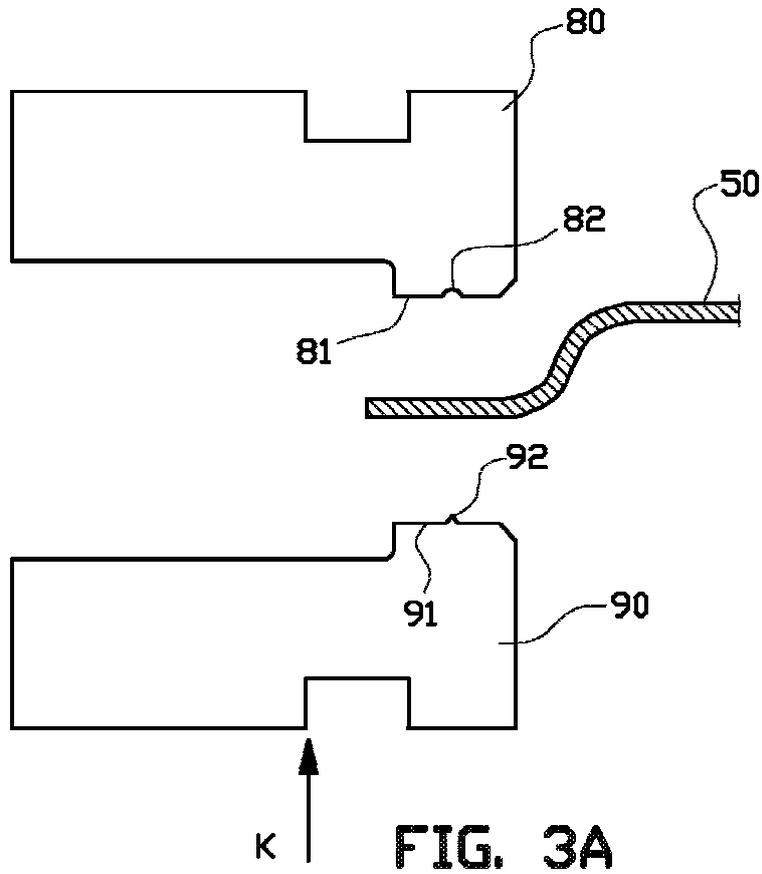


FIG. 1D





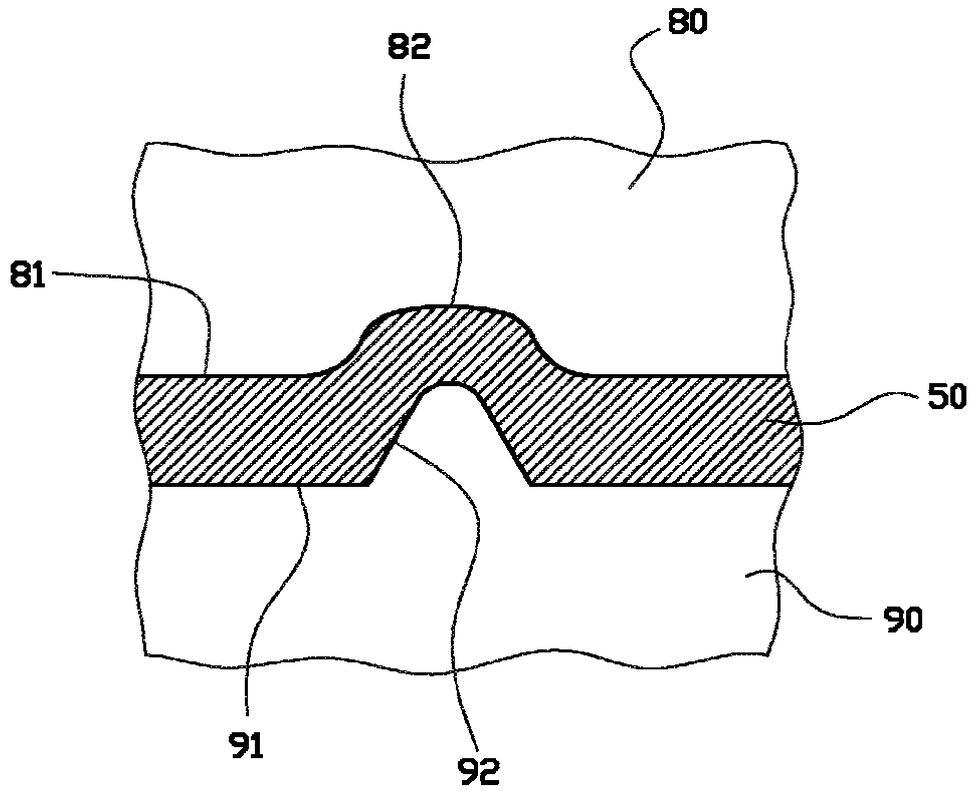


FIG. 4A

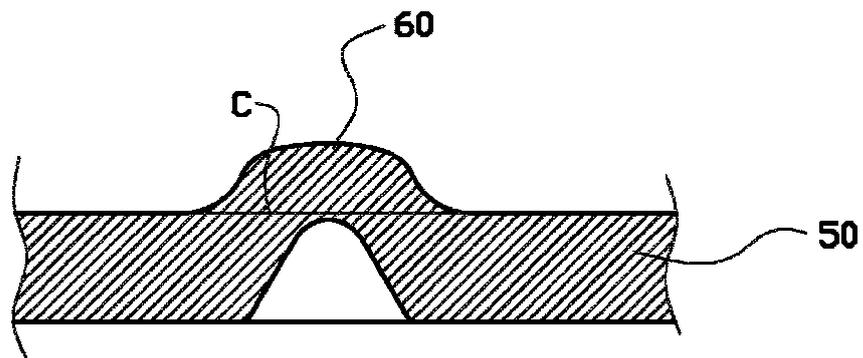


FIG. 4B

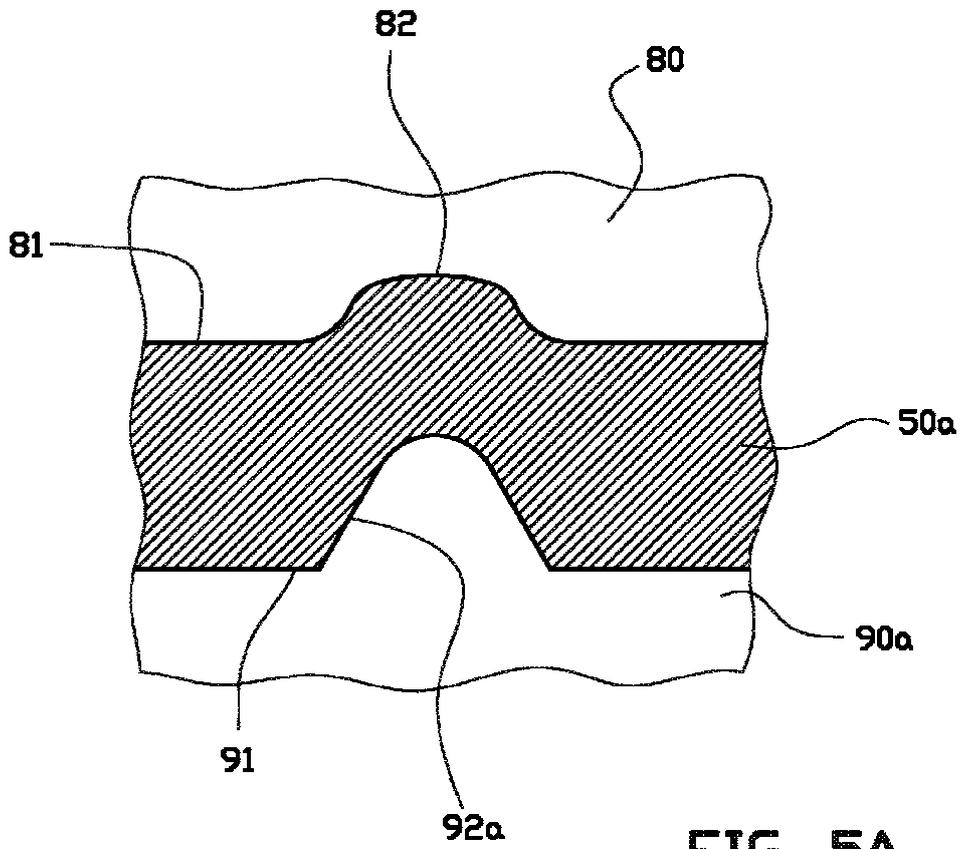


FIG. 5A

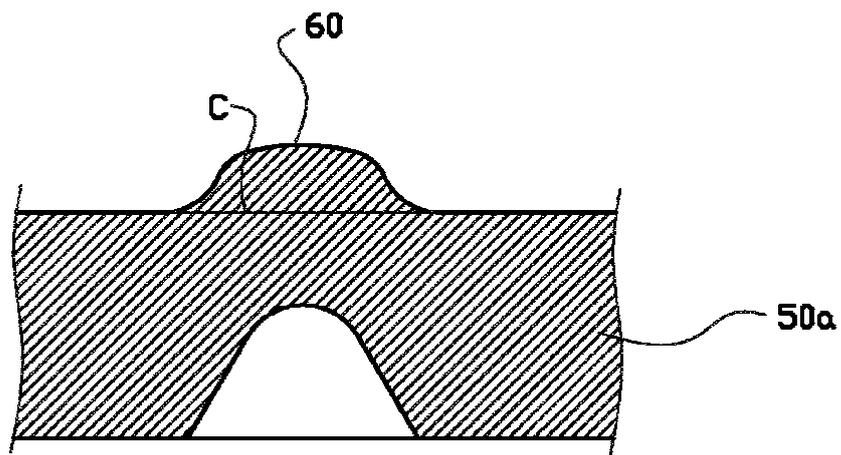


FIG. 5B

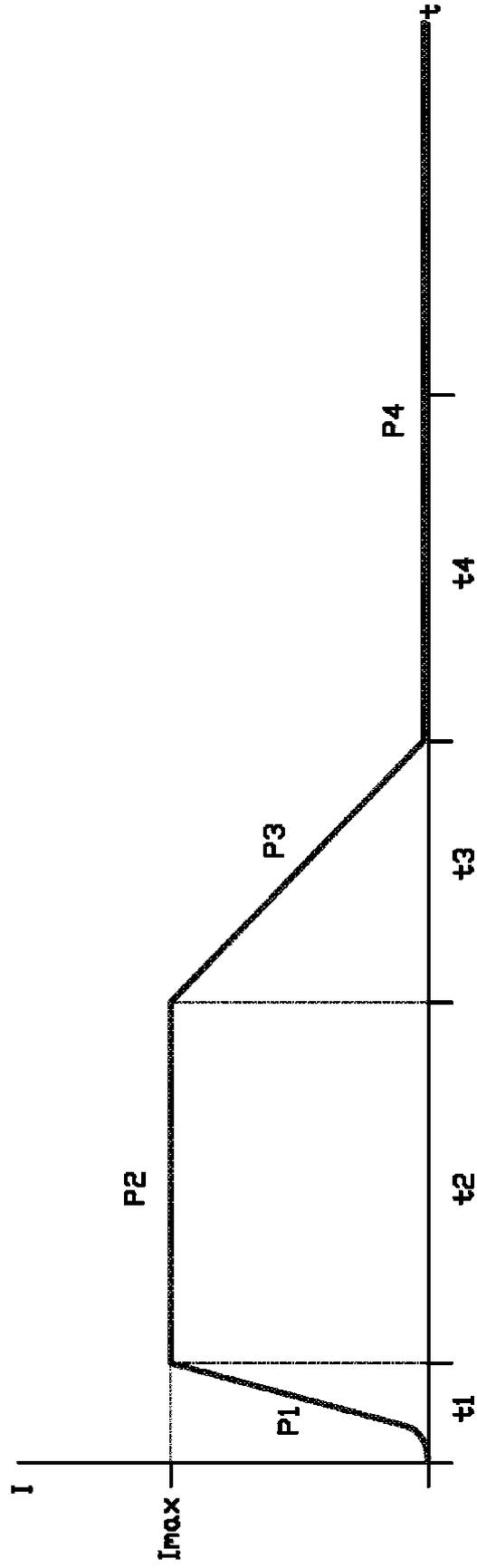


FIG. 7

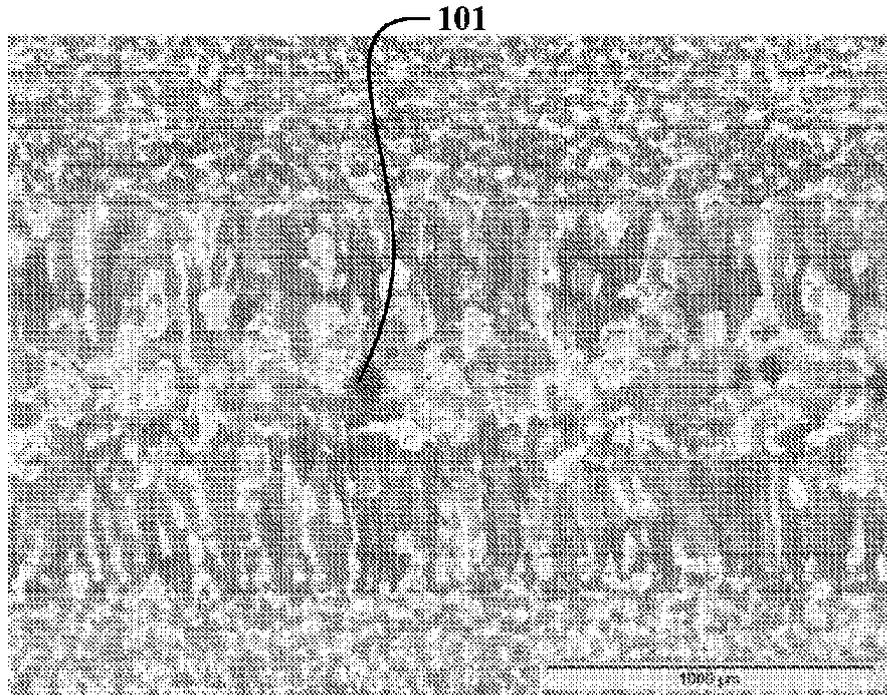


FIG. 8A

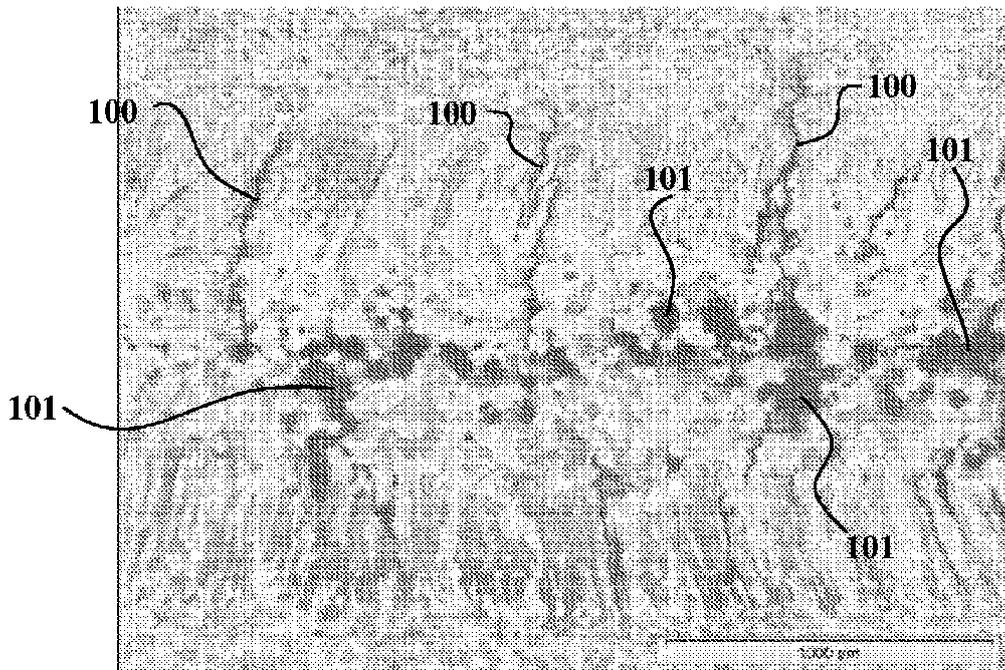


FIG. 8B