

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 414 055**

51 Int. Cl.:

**B23K 20/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2008 E 08836298 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2013 EP 2195135**

54 Título: **Procedimiento de soldadura de piezas por fricción-agitación utilizando un dispositivo de doble hombro**

30 Prioridad:

**27.09.2007 FR 0757888**

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

**18.07.2013**

73 Titular/es:

**EUROPEAN AERONAUTIC DEFENCE AND  
SPACE COMPANY EADS FRANCE (100.0%)  
37, BOULEVARD DE MONTMORENCY  
75016 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**GUERIN, BAPTISTE;  
ALIAGA, DANIEL y  
MARIE, FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 414 055 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de soldadura de piezas por fricción-agitación utilizando un dispositivo de doble hombro

5 El invento se refiere a un procedimiento de soldadura por fricción-agitación de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 (véase, por ejemplo, la Patente US 6758382). El invento encuentra aplicaciones en cualquier campo que necesite soldar borde a borde o por recubrimiento dos piezas que pueden ser de aleación metálica de cualquier forma, y en particular de aleación de aluminio. Un dispositivo de este tipo está particularmente adaptado a la soldadura de paneles de fuselaje de aeronaves, pero también a la soldadura de paneles más gruesos tales como los  
10 utilizados al nivel del ala o del cajón central del ala, así como a la soldadura de cualquier elemento estructural de vehículo espacial, de misil, de vehículo automóvil, etc.

Un dispositivo de este tipo comprende un pasador de agitación destinado a atravesar el material a soldar y a agitarlo a medida que avanza el dispositivo de soldadura, así como un hombro inferior y un hombro superior. El hombro inferior está montado fijo sobre el pasador de agitación mientras que el hombro superior está montado con la traslación permitida a lo largo del pasador de agitación. De esta forma es posible tener una separación variable entre los dos hombros entre los cuales están destinadas a quedar alojadas las piezas a soldar. El dispositivo de soldadura de doble hombro permite crear un calentamiento de los dos lados de la unión soldada y, por lo tanto, permite tener un mejor reparto térmico. Además, el hombro inferior soporta la fuerza de presión ejercida por el hombro superior, lo cual permite soldar piezas que no son capaces de soportar el esfuerzo de forjado de una herramienta convencional o de un pasador retráctil.

En la actualidad, existen dos grandes modos de pilotaje de un dispositivo de soldadura de doble hombro para la soldadura de piezas por fricción-agitación, a saber, un pilotaje con esfuerzo controlado y un pilotaje con separación controlada entre los dos hombros.

El pilotaje con esfuerzo controlado, o en esfuerzo, es más fácil de implementar. Consiste en aplicar un esfuerzo constante entre los dos hombros del dispositivo de soldadura. Sin embargo, una implementación de este tipo no permite obtener una unión soldada de espesor constante y puede conducir a reducciones importantes de espesor, incluso a colapsos de la unión. En efecto, si la temperatura de trabajo entre los hombros aumenta durante el procedimiento de soldadura, el pilotaje en esfuerzo tiende a provocar un recalado excesivo del material a soldar, lo cual va acompañado de una expulsión del material plastificado hacia el exterior del dispositivo de soldadura. En efecto, al disminuir cada vez más la resistencia del material con el aumento de la temperatura, el mantener un esfuerzo constante tiende a hacer que los hombros impongan un aplastamiento cada vez mayor, lo cual provoca un embalamiento del sistema. Un procedimiento de este tipo es por lo tanto difícil de controlar.

A la inversa, un pilotaje con separación impuesta permite trabajar en dimensional, controlar el espesor de la unión soldada y obtener así una unión de mejor calidad. Por separación se entiende la distancia entre los dos hombros del dispositivo de soldadura. Por aplastamiento se entiende la diferencia entre el espesor de las piezas a soldar y el de la unión soldada, es decir, la diferencia entre el espesor de las piezas a soldar y la separación. Trabajos recientes han permitido demostrar que, para chapas de algunos milímetros, se obtiene una muy buena calidad de la unión soldada imponiendo un aplastamiento del orden de 100  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, fijando la separación entre los hombros, se puede llegar a que el dispositivo de soldadura imponga esfuerzos variables (demasiado altos o insuficientes) sobre las piezas a soldar puesto que un modo de pilotaje de este tipo no puede tener en cuenta ligeras variaciones de espesor de las piezas a soldar. Son necesarios medios de medición de las variaciones de espesor para tener en cuenta estas variaciones y permitir una modificación de la separación entre los dos hombros.

En la invención, se intenta proporcionar un procedimiento de soldadura por fricción-agitación con doble hombro que permita controlar el aplastamiento de las piezas a soldar, y hacerlo con un modo de pilotaje con esfuerzo impuesto.

Para ello, al menos uno de los dos hombros del dispositivo de soldadura está formado por dos coronas concéntricas situadas la una por encima de la otra y fijadas entre sí. La corona de menor diámetro está dirigida hacia el interior, es decir, en dirección a la separación creada entre los dos hombros destinados a recibir a las piezas a soldar. De esta forma, la corona interna es apropiada para hacer contacto con las piezas a soldar. A la inversa, la corona de mayor diámetro está dirigida hacia el exterior del dispositivo. Las dos coronas concéntricas se extienden radialmente desde el pasador de agitación del dispositivo de soldadura. La corona de menor diámetro está destinada a hundirse en el material de las piezas a soldar durante el avance del dispositivo de soldadura, mientras que un anillo externo de la corona de mayor diámetro, que se extiende radialmente en la periferia de la corona de menor diámetro, hace tope sobre el material frío de las piezas a soldar, a ambos lados de la unión soldada, limitando así el hundimiento de la corona de menor diámetro en el material caliente agitado por el pasador de agitación a medida que avanza el dispositivo de soldadura. El desnivel entre las dos superficies portantes del hombro permite fijar el aplastamiento de material en la corona de menor diámetro e impide el embalamiento del procedimiento. Dado que el pilotaje con esfuerzo constante es el más adaptado para la producción, puesto que permite compensar las imperfecciones

geométricas industriales tales como las variaciones de espesor, el dispositivo de soldadura de doble hombro de acuerdo con la invención se utiliza ventajosamente para la soldadura por fricción-agitación con pilotaje en esfuerzo. De esta manera, cuando el dispositivo de soldadura de acuerdo con la invención se utiliza en pilotaje con esfuerzo constante, la superficie de apoyo de la corona de mayor diámetro actúa de tope limitando el aplastamiento. El pilotaje con esfuerzo constante del dispositivo de soldadura de acuerdo con la invención permite, al final, trabajar con aplastamiento controlado y esto cualquiera que sea el espesor de las piezas a soldar.

En la reivindicación 1 se define un procedimiento de soldadura por fricción-agitación de acuerdo con la invención.

La superficie de apoyo de la corona interna está formada por toda la superficie de la cara interna de la corona interna, es decir, de la cara destinada a estar en contacto con las piezas a soldar. La superficie de apoyo de la corona externa, por su parte, está formada por la superficie de la cara interna de la corona externa que se extiende radialmente hacia el exterior desde la periferia de la corona interna, dado que la corona externa está situada por encima de la corona interna. Por lo tanto, las dos superficies de apoyo están situadas la una por encima de la otra y se extienden una en paralelo a la otra. La superficie de apoyo de la corona externa es suficiente para permitir detener el hundimiento del hombro en el material de las piezas a soldar.

La presencia de la corona externa formando un tope de hundimiento permite controlar la anchura de la unión soldada puesto que sólo la corona interna está destinada a hundirse en el material de las piezas a soldar.

Ventajosamente el hombro inferior está montado fijo sobre una parte baja del pasador de agitación mientras que el hombro superior está montado con la traslación permitida en la parte alta del pasador de agitación para poder variar la separación entre los hombros, en especial en función del espesor de las piezas a soldar.

La corona interna tiene un cierto espesor, o altura, que permite crear un escalón entre las superficies de apoyo de la citada corona interna y de la corona externa.

Según ejemplos de implementación del procedimiento de soldadura de acuerdo con la invención, es posible proporcionar todas o parte de las siguientes características adicionales:

- Una distancia entre la superficie de apoyo de la corona interna y la superficie de apoyo de la corona externa corresponde al máximo hundimiento del hombro deseado en el material de las piezas a soldar. La citada distancia corresponde a la altura, o espesor, de la corona interna, es decir, a la dimensión de la corona interna que se extiende perpendicularmente a la superficie plana de dicha corona.

- Una distancia entre la superficie de apoyo de la corona interna y la superficie de apoyo de la corona externa está comprendida entre 0,5 y 5% del espesor de las piezas a soldar. Por espesor de las piezas a soldar, se entiende la dimensión de las piezas que se extiende entre los dos hombros del dispositivo de soldadura. El espesor de las piezas corresponde por lo tanto al espesor de cada una de las piezas al nivel de la línea de unión en el caso de una soldadura borde a borde o al espesor acumulado de las dos piezas en el caso de una soldadura por recubrimiento. Se obtiene así un aplastamiento comprendido entre 0,5 y 5% en el caso en que un único hombro del dispositivo de soldadura comprende dos coronas concéntricas, y un aplastamiento comprendido entre 1 y 10% en el caso en que los dos hombros del dispositivo de soldadura comprenden dos coronas concéntricas.

- La corona interna tiene un diámetro comprendido entre 1,2 y 2,5 veces el diámetro exterior del pasador de agitación. El diámetro de la corona interna corresponde a la anchura de la unión soldada que se obtiene al final de la soldadura. La anchura de la unión soldada es la dimensión de dicha unión que se extiende transversalmente con respecto al eje de avance del dispositivo de soldadura. El diámetro de la corona interna es tal que el hundimiento de la citada corona interna en el material está garantizado.

- La corona externa tiene un diámetro comprendido entre 1,5 y 3,5 veces el diámetro exterior del pasador de agitación. La superficie de apoyo así creada es apropiada para hacer tope, para limitar el hundimiento del hombro en el material a sólo la corona interna.

- La corona externa puede estar provista en su perímetro exterior de un chaflán o de un radio de acuerdo, que presentan respectivamente una longitud o un radio de 1 a 5 mm. Se evita así tener una arista viva al nivel del perímetro exterior de la corona externa y, por lo tanto, durante el pilotaje del dispositivo de soldadura se evita marcar las piezas a soldar a ambos lados de la unión soldada cuando la corona externa está apoyada sobre la superficie de las piezas a soldar.

- Al menos uno de los dos hombros comprende dos coronas concéntricas, objeto de la invención. Cuando sólo el primer hombro presenta una corona externa y una corona interna, el segundo hombro comprende una superficie lisa. El esfuerzo de pilotaje se aplica entonces de manera que la corona externa de dicho primer hombro actúa como tope.

- Cuando los dos hombros presentan cada uno dos coronas concéntricas objeto de la invención, las coronas internas y externas pueden tener diámetros diferentes para cada hombro, y así no coincidir.

## ES 2 414 055 T3

- El hombro inferior está montado fijo en la parte baja del pasador de agitación, estando el hombro superior montado con el movimiento de traslación permitido a lo largo del pasador de agitación, para modular la separación entre los dos hombros.

5 En el caso en que se desee realizar una soldadura borde a borde se sitúan las piezas a soldar muy cercanas la una a la otra. A continuación se desplaza el dispositivo de soldadura a lo largo de los bordes muy cercanos para formar la unión soldada. La unión soldada se extenderá por lo tanto a lo largo de dichos bordes muy cercanos.

10 En el caso de una soldadura por recubrimiento, se disponen las piezas la una por encima de la otra. Los hombros enmarcan el espesor acumulado de las dos piezas y cada uno de ellos se desliza sobre la superficie de una de las piezas a soldar. El pasador de agitación atraviesa el espesor acumulado de las dos piezas y agita el material de dichas dos piezas.

15 Ventajosamente, se fija el aplastamiento entre 0,5 y 5% del espesor de las piezas a soldar.

Ventajosamente, se fija un esfuerzo de soldadura tal que permite un aplastamiento de material de las piezas a soldar por la corona interna de al menos uno de los hombros y bloquea cualquier aplastamiento adicional de material en cuanto la superficie de apoyo de la corona externa de dicho hombro se apoya sobre la pieza o las piezas a soldar. Así, cuando la corona externa hace contacto con las piezas a soldar, el esfuerzo sigue siendo el mismo pero el aplastamiento no aumenta dado que la corona externa actúa como tope de hundimiento para la corona interna. La corona externa tiene una superficie de apoyo mayor que la corona interna. De esta manera, el dispositivo de soldadura está pilotado en esfuerzo, de manera que el valor de dicho esfuerzo es suficiente para garantizar la penetración de la corona interna asegurando un apoyo sin penetración de la corona externa.

25 Por ejemplo, el esfuerzo de pilotaje transmitido a la superficie de apoyo de las dos coronas es menor que 20 MPa y el transmitido a la superficie de apoyo de la corona interna es mayor que 30 MPa.

30 Se comprenderá mejor la invención con la lectura de la descripción que sigue y el estudio de la figura que la acompaña. Esta se presenta a título indicativo y en ningún caso limitativo de la invención.

La figura única muestra una representación esquemática en sección transversal de un dispositivo de soldadura de doble hombro utilizado en el procedimiento de acuerdo con la invención al nivel del cabezal de soldadura.

35 Como se puede ver en la figura única, el dispositivo 1 de soldadura de acuerdo con la invención comprende un pasador 2 de agitación sobre el cual están montados dos hombros respectivamente inferior 3 y superior 4.

40 El hombro 3 inferior está montado fijo en la parte baja 5 del pasador 2 de agitación. Un tornillo 6 forma un tope inferior para el hombro 3 inferior. El hombro 3 inferior está destinado a desplazarse a lo largo de una cara inferior de las piezas a soldar durante el desplazamiento del dispositivo 1 de soldadura a lo largo de una unión soldada de dichas piezas a soldar. El hombro 4 superior está montado con la traslación permitida a lo largo de una parte alta 7 del pasador 2 de agitación. De esta forma es posible regular una separación E entre los hombros inferior 3 y superior 4.

45 En el ejemplo representado en la figura única, cada uno de los hombros 3 y 4 está provisto de dos coronas concéntricas, respectivamente interna 8 y externa 9. Por supuesto, es posible proporcionar un dispositivo 1 de soldadura en el cual sólo uno de los dos hombros esté provisto de dos coronas concéntricas.

50 La corona 8 interna tiene un diámetro estrictamente menor que la corona 9 externa. Ventajosamente, el diámetro exterior de la corona 8 interna es igual a 1,2 a 2,5 veces el diámetro exterior del pasador 2 de agitación, mientras que el diámetro exterior de la corona 9 externa es igual a 1,5 a 3,5 veces el diámetro del pasador 2 de agitación. Una cara 10 interna de la corona 8 interna forma una primera superficie de apoyo, mientras que la cara 11 interna de la corona 9 externa que se extiende radialmente desde la superficie de apoyo de la corona 8 interna, forma una segunda superficie de apoyo. Por caras internas 10 y 11, se entienden las caras de las coronas 8 y 9 de uno de los hombros considerados dirigidas hacia el otro hombro.

55 La corona 8 interna tiene un espesor e correspondiente al máximo aplastamiento deseado al nivel de las piezas a soldar, correspondiendo dicho espesor e a la distancia que separa la cara 10 interna de la corona 8 interna de la cara 11 interna de la corona 9 externa de un hombro 3, 4 considerado.

60 Las coronas 8 internas de los hombros 3 y 4 están destinadas a hundirse en el material de las piezas a soldar para aplastar el citado material de las piezas a soldar en una magnitud de dos veces el espesor e.

Ventajosamente, el ángulo que separa la superficie 10 de apoyo interna de la corona 8 interna y la superficie 11 de apoyo interna de la corona 9 externa es sensiblemente igual a  $90^\circ$  para permitir un verdadero hundimiento de la corona 8 interna en el material y para controlar perfectamente la anchura de la unión soldada obtenida por el dispositivo 1 de soldadura de acuerdo con la invención. Por anchura de la unión soldada, se entiende la dimensión que se extiende perpendicularmente al eje longitudinal de la citada unión soldada obtenida. La superficie de apoyo plana de la corona 9 externa forma un tope que limita el hundimiento del hombro correspondiente en el material de las piezas a soldar.

Al nivel del perímetro exterior de la corona externa de al menos un hombro 4 es posible proporcionar un chaflán 12 o un radio de acuerdo de arista. El chaflán o radio de acuerdo 12 permite eliminar la arista viva del borde externo del hombro 4 que hace contacto con las piezas a soldar cuando las coronas 9 externas de los hombros 3, 4 hacen tope contra las piezas a soldar. Se evita de esta manera que el hombro 4 raye las piezas a soldar durante el avance del dispositivo 1 de soldadura a lo largo de la unión soldada. Evidentemente es posible dotar a las dos coronas 9 externas de los dos hombros 3, 4 de un chaflán 12 de este tipo.

Fijando el espesor  $e$ , es decir, la distancia entre las coronas 8 interna y 9 externa de un hombro 3, 4 del dispositivo 1 de soldadura de acuerdo con la invención, se impone un aplastamiento máximo durante la utilización del dispositivo 1 de soldadura de acuerdo con la invención mientras que este dispositivo puede ser pilotado ventajosamente en esfuerzo.

El dispositivo 1 de soldadura utilizado en el procedimiento de acuerdo con la invención permite soldar todas las aleaciones y en especial las aleaciones de aluminio, incluidas las aleaciones endurecidas estructurales consideradas difícilmente soldables por las técnicas de fusión, entre ellas las aleaciones al litio que presentan dificultades de soldadura por fricción-agitación debido a su menor conductividad térmica.

Ejemplo 1: Soldadura borde a borde de chapas de aleación de aluminio litio 2198T8.

Espesor de cada una de las piezas  $E=2,5$  mm  
Dimensiones de cada una de las piezas: 1000 x 300 mm  
Dimensiones del dispositivo de soldadura:

- diámetro exterior del pasador de agitación  $d = 6$  mm
- diámetro exterior de la corona interna = 12 mm
- diámetro exterior de la corona externa = 18 mm
- espesor de la corona interna  $e = 0,05$  mm
- los dos hombros están provistos de una corona interna y de una corona externa

El dispositivo de soldadura está pilotado en esfuerzo, con un esfuerzo = 3 kN, o bien 35 MPa.

Ejemplo 2: Soldadura borde a borde de piezas de aleación de aluminio 7449W.

Espesor de cada una de las piezas  $E = 15$  mm.  
Dimensiones de cada una de las piezas: 1000 x 300 mm  
Dimensiones del dispositivo de soldadura:

- diámetro exterior del pasador de agitación  $d = 15$  mm
- diámetro exterior de la corona interna = 23 mm
- diámetro exterior de la corona externa = 29 mm
- espesor de la corona interna  $e = 0,1$  mm
- los dos hombros están provistos de una corona interna y de una corona externa

El dispositivo de soldadura está pilotado en esfuerzo, con un esfuerzo = 8 kN, o bien 33,5 MPa.

Más generalmente, la separación  $E$  está comprendida ventajosamente entre 2 y 20 mm y el espesor  $e$  entre 0,05 y 0,2 mm. Se evita así que demasiado material sea agitado provocando un sobrecalentamiento rápido de las piezas en su conjunto.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de soldadura de piezas por fricción-agitación, por medio de un dispositivo (1) de soldadura de doble hombro y un pasador (2) de agitación, comprendiendo al menos un hombro (3, 4) dos discos (8, 9) concéntricos respectivamente interno y externo, creando dos superficies (10, 11) de apoyo concéntricas planas, estando el procedimiento **caracterizado porque** comprende las siguientes etapas:
- 10 - se colocan las piezas a soldar la una con respecto a la otra en la posición en que se desee soldarlas, de manera que el disco (8) interno, de menor diámetro, y el disco (9) externo, de mayor diámetro, queden situados de tal manera que el disco (8) interno sea capaz de aplastar el material agitado de las piezas a soldar durante el avance del dispositivo (1) de soldadura y de tal manera que el disco (9) externo sea capaz de formar un tope de hundimiento para el disco (8) interno con el fin de limitar el hundimiento de dicho disco (8) interno en el material agitado mediante el apoyo del disco (9) externo sobre las piezas a soldar a ambos lados de la unión soldada,
- 15 - se fija el aplastamiento de las piezas a soldar en función de su espesor,  
 - se desplaza el dispositivo (1) de soldadura a lo largo de una unión a soldar y;  
 - se pilota el dispositivo (1) con esfuerzo constante, fijándose el citado esfuerzo de tal manera que se permita un aplastamiento de las piezas a soldar por el disco (8) interno del hombro u hombros (3, 4) y de tal manera que se bloquee cualquier aplastamiento adicional de material en cuanto la superficie de apoyo del disco (9) externo del o de los hombros (3, 4) se apoya sobre una pieza a soldar.
- 20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los dos hombros (3, 4) están provistos de dos discos (8, 9) concéntricos.
- 25 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** una distancia (e) entre la superficie de apoyo del disco (8) interno y la superficie de apoyo del disco (9) externo está comprendida entre 0,5 y 5% del espesor de los paneles a soldar.
- 30 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el disco (8) interno tiene un diámetro comprendido entre 1,2 y 2 veces un diámetro exterior del pasador (2) de agitación y porque el disco (9) externo tiene un diámetro exterior comprendido entre 1,5 y 3,5 veces un diámetro exterior del pasador (2) de agitación.
- 35 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** se fija el aplastamiento entre 0,5 y 5% el espesor de las piezas a soldar.
- 40 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el esfuerzo de pilotaje transmitido a la superficie de apoyo de los dos discos (8, 9) es menor que 20 MPa, y el transmitido a la superficie de apoyo del disco (8) interno es mayor que 30 MPa.

