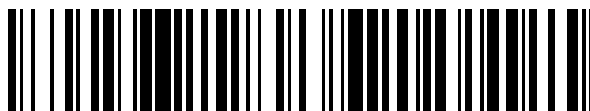


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 782**

51 Int. Cl.:

B23K 20/12

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2017** **E 17167786 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019** **EP 3395488**

54 Título: **Método para unir dos piezas mediante soldadura por fricción-agitación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
14.07.2020

73 Titular/es:

**RUAG AEROSPACE STRUCTURES GMBH
(100.0%)
Friedrichshafener Straße 6a
82205 Gilching, DE**

72 Inventor/es:

**BECKER, ROBERT;
GRIGOLEIT, TERESA y
YIP, EDDY**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 773 782 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

Método para unir dos piezas mediante soldadura por fricción-agitación

Campo de la invención

La invención se refiere a un método para unir dos piezas mediante soldadura por fricción-agitación.

5 Antecedentes de la invención

La soldadura por fricción-agitación (FSW) es un método para unir una pluralidad de piezas entre sí. Sin limitación, dichas piezas pueden estar fabricadas con metal o con aleaciones metálicas, p. ej. acero o aluminio. En un método de ese tipo se proporciona típicamente una prominencia en la punta de un útil de soldadura. El útil de soldadura gira y es presionado contra una porción objetivo de soldadura de las piezas que van a ser unidas, de modo que la porción de soldadura objetivo y su porción circundante son reblandecidas debido al calor de fricción y la porción de soldadura objetivo y su porción circundante, que han sido reblandecidas, se agitan y con ello se ocasiona un flujo plástico. Tras la retirada del útil desde la porción de soldadura objetivo, esta última se enfría y la pluralidad de piezas se unen entre sí.

La soldadura por fricción-agitación puede ser aplicada a la fabricación de cubiertas o paneles de un fuselaje de una aeronave, un elemento de casco para un buque o un barco, o elemento de carrocería para un vehículo tal como un coche, un camión, un autobús o un tren. En muchas aplicaciones, los elementos necesitan ser insertados en rebajes correspondientes de las cubiertas, los paneles, los elementos de casco o de carrocería, anteriormente mencionados. Tales elementos cumplen en particular funciones de refuerzo y con frecuencia están diseñados como elementos cerrados, es decir, que comprenden una sección transversal cerrada. Por ejemplo, cuando se fabrica un panel de un fuselaje de una aeronave, un marco de ventana puede ser unido a un panel de revestimiento de un fuselaje mediante soldadura por fricción-agitación. Otros elementos, que con frecuencia han de ser unidos a un fuselaje de una aeronave mediante soldadura por fricción-agitación son, por ejemplo, un elemento de refuerzo para una boca de acceso, una alcantarilla, un orificio para un sistema de avance o un panel de servicio, un marco de puerta, y un doblador. De ese modo, la soldadura por fricción-agitación se usa con frecuencia para unir dos piezas, en donde una primera pieza comprende un rebaje para recibir una segunda pieza, y en donde la segunda pieza se une a la primera pieza mientras está siendo recibida en dicho rebaje.

Existe una necesidad, en particular cuando se fabrica un panel para el fuselaje de una aeronave, de unir dos piezas mediante soldadura por fricción-agitación, en donde las dos piezas pueden ser dotadas de una alta precisión, es decir, con una tolerancia muy baja, en una zona de una costura de soldadura a ser generada por medio del proceso de soldadura por fricción-agitación. Además, se necesita evitar las grietas debidas a falta de penetración de la costura de soldadura entre las piezas unidas, y una protección superficial de las piezas unidas no deberá impedir el proceso de soldadura por fricción-agitación.

El documento JP-A-2004174507 divulga un dispositivo y un método de soldadura por agitación que incluye una unidad de calentamiento que restringe la diferencia de temperatura entre el lado de la herramienta de unión y la porción de superficie del lado inverso de un objeto unido durante una operación de fricción-agitación. La presencia de un rebaje, la inserción de una pieza en el rebaje de la otra pieza y su calentamiento, no han sido divulgados en dicho documento.

Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar un método para unir dos piezas mediante soldadura por fricción-agitación, en donde el método satisface al menos una de las necesidades anteriormente mencionadas.

El problema se resuelve mediante la materia objeto conforme a las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes, la descripción que sigue y los dibujos muestran realizaciones preferidas de la invención.

Conforme a un primer aspecto de la invención, se proporciona un método para unir dos piezas mediante soldadura por fricción-agitación. El método comprende la etapa de proporcionar una primera pieza y una segunda pieza a ser unida a la primera pieza, en donde la primera pieza comprende un rebaje para recibir la segunda pieza. Ambas, la primera pieza y la segunda pieza, pueden ser suministradas en un estado no contraído, inicialmente.

Con anterioridad a ser suministrada, la primera pieza puede estar conformada según una forma deseada. En particular, se puede recortar un contorno de la primera pieza. El rebaje de la primera pieza puede ser cortado mediante fresado. De forma similar, con anterioridad a ser suministrada, la segunda pieza puede ser conformada según una forma deseada. En particular, se puede recortar o fresar un contorno de la segunda pieza.

Los materiales adecuados para la primera pieza son, por ejemplo, aluminio, titanio y acero. Además, diversas aleaciones de esos materiales y combinaciones de los mismos (materiales híbridos) son también adecuados. Lo mismo se aplica a la segunda pieza. El material de la primera pieza puede ser igual que el material de la segunda

pieza. Alternativamente, el material de la primera pieza puede ser diferente del material de la segunda pieza. Un rango de espesor de las piezas unidas puede estar comprendido entre 1 mm y 10 mm. Las configuraciones de unión posibles pueden ser juntas a tope y espacios vacíos soldados a medida (TWB).

La primera pieza puede ser, por ejemplo, una cubierta o un panel de un fuselaje de una aeronave, un elemento de un casco de un buque o un barco, o un elemento de carrocería de un vehículo tal como un coche, un camión, un autobús o un tren. La segunda pieza puede ser un elemento que cumpla una función de refuerzo y puede tener un perfil cerrado, es decir, comprender una sección transversal cerrada. Por ejemplo, la segunda pieza puede ser un marco de ventana de una ventana, un elemento de refuerzo para una boca de inspección, una alcantarilla, un orificio para un sistema de avance o un panel de servicio, un marco de puerta, o un doblador. En lo que sigue, el método según el primer aspecto de la invención se describe principalmente, sin limitación, en el contexto de unión de un marco de ventana de una ventana (como segunda pieza) a un panel de un fuselaje de una aeronave (como primera pieza).

El rebaje puede comprender una configuración interna y un perímetro interno. En el ejemplo mencionado con anterioridad de unión del marco de ventana con el panel del fuselaje, el rebaje puede ser una abertura y, por ejemplo, presentar una forma oval. La segunda pieza, por ejemplo el marco de ventana, puede proporcionar un elemento de contacto que tenga una configuración externa, por ejemplo de forma oval, y un perímetro externo. La forma externa del elemento de contacto de la segunda pieza, por ejemplo el marco de ventana, corresponde a la forma interna del rebaje de la primera pieza.

La segunda pieza se enfría, de tal modo que la segunda pieza se contrae y puede ser insertada, con resistencia más baja, en el rebaje de la primera pieza en comparación con un estado no contraído de la segunda pieza. La contracción de la segunda pieza por enfriamiento, por ejemplo el marco de ventana, permite un acoplamiento y un posicionamiento más fáciles de la segunda pieza en el rebaje de la primera pieza. Además, la contracción de la segunda pieza permite que el tamaño de la segunda pieza en estado nominal puede ser más grande que el tamaño del rebaje de la primera pieza en estado nominal. En particular, el perímetro externo de la segunda pieza, por ejemplo el marco de ventana, puede ser más grande que el perímetro interno del rebaje de la primera pieza, por ejemplo el rebaje del panel del fuselaje de la aeronave.

La segunda pieza enfriada, y por tanto contraída, se inserta con resistencia particular baja en el rebaje de la primera pieza. Tras ser insertada, la segunda pieza se calienta, de tal modo que la segunda pieza es presionada contra el rebaje de la primera pieza. El calentamiento mencionado anteriormente puede ser logrado de forma activa, por ejemplo aplicando calor generado con medios de calentamiento conocidos a la segunda pieza. Adicionalmente o alternativamente, el calentamiento puede ser conseguido también de forma pasiva, por ejemplo mediante un flujo de calor desde la primera pieza, por ejemplo el panel del fuselaje, hasta la segunda pieza, por ejemplo, el marco de ventana. El calentamiento de la segunda pieza conduce a una expansión del perímetro externo del elemento de contacto de la segunda pieza, por ejemplo el marco de ventana, de tal modo que el perímetro externo se incrementa y los posibles espacios de separación entre el elemento de contacto de la segunda pieza y el rebaje de la primera pieza se rellenan mediante el elemento de contacto de la segunda pieza. En otras palabras, se consigue un "espacio de separación cero" mediante el ajuste por contracción descrito con anterioridad y la posterior expansión de la segunda pieza en el rebaje de la primera pieza, por ejemplo el ajuste por contracción y la posterior expansión del marco de ventana en el rebaje del panel del fuselaje de la aeronave. Por lo tanto, el ajuste por contracción y la expansión posterior permiten que se cumplan los altos requisitos con respecto a las tolerancias de la primera pieza y la segunda pieza y, además, proporcionan una hermetización muy eficaz entre la primera pieza y la segunda pieza.

A continuación, la segunda pieza se une a la primera pieza por medio de soldadura por fricción-agitación. Debido a la condición de que la segunda pieza se inserta en el rebaje de la primera pieza, la segunda pieza se suelda preferiblemente a la primera pieza por medio de soldadura por fricción-agitación, en donde una costura de soldadura generada por medio de dicha soldadura por fricción-agitación circunda la segunda pieza. En otras palabras, la costura de soldadura se extiende preferiblemente de forma circunferencial alrededor de la segunda pieza. La costura de soldadura puede consistir en material de la primera pieza y de la segunda pieza.

Según se ha mencionado con anterioridad, el tamaño de la segunda pieza puede ser más grande que el tamaño del rebaje de la primera pieza, ambas en estado nominal. En este contexto, "estado nominal" puede significar que, si la primera pieza y la segunda pieza están a la misma temperatura y, además, si la segunda pieza no pudiera haber sido insertada de la manera descrita con anterioridad en el rebaje de la primera pieza, la segunda pieza sería más grande que la primera pieza. Por lo tanto, en dicho estado nominal, la segunda pieza más grande se superpone a la primera más pequeña, si la segunda pieza se coloca sobre el rebaje de la primera pieza. Por ejemplo, si un marco de ventana ha de ser insertado en un rebaje de un panel de un fuselaje para una aeronave según se ha descrito con anterioridad, la superposición puede estar comprendida en la gama de 0,1 mm, en donde las tolerancias individuales de las piezas pueden estar comprendidas en el rango de +/- 0,05 mm. Por lo tanto, la superposición total puede estar comprendida en una gama de 0 mm a 0,2 mm.

Los valores de superposición y los valores de tolerancia pueden ser seleccionados dependiendo del tamaño de las piezas e individuales y de las necesidades. En particular, un valor de superposición puede ser determinado de tal modo que los esfuerzos que actúan sobre la primera pieza y la segunda pieza debidos a la superposición, se

mantengan por debajo de un valor crítico que cuando se excede, podría conducir a algún daño de la primera pieza y/o de la segunda pieza. Además, el valor de superposición puede depender del tamaño de la segunda pieza. Por ejemplo, un valor de superposición de una segunda pieza relativamente pequeña puede ser determinado de modo que sea más bajo que un valor de superposición de una segunda pieza relativamente grande, debido en particular a que se requieren esfuerzos particularmente elevados para contraer la segunda pieza relativamente pequeña por enfriamiento. También, un valor de tolerancia de la segunda pieza relativamente pequeña puede ser determinado de modo que sea más bajo que un valor de tolerancia de la segunda pieza relativamente grande.

Según una realización de la invención, la segunda pieza se enfría de tal modo que el perímetro externo de la segunda pieza sea más pequeño que el perímetro interno del rebaje de la primera pieza, en donde la segunda pieza se inserta en el rebaje de la primera pieza, de tal modo que existe un espacio de separación entre el rebaje de la primera pieza y el perímetro externo de la segunda pieza, y en donde la segunda pieza se calienta de tal modo que el perímetro externo de la segunda pieza se expande y el espacio de separación se rellena por medio de la segunda pieza. Esta realización permite un ajuste particularmente fácil y un posicionamiento de la segunda pieza en el interior del rebaje de la primera pieza, dado que debido al espacio de separación, la segunda pieza puede “caer” en el rebaje de la primera pieza. Una diferencia de temperatura de la segunda pieza, es decir una diferencia de temperatura entre una primera temperatura a la que no está contraída la segunda pieza por enfriamiento y una segunda temperatura a la que está contraída la segunda pieza por enfriamiento, puede ser determinada de tal modo que se permita la caída anteriormente mencionada de la segunda pieza en el rebaje de la primera pieza. Además, el calentamiento posterior de la segunda pieza permite que la segunda pieza se alinee automáticamente por sí misma de una manera deseada respecto con la primera pieza según se expande de nuevo la segunda pieza después de haber estado contraída.

Según otra realización de la invención, la primera pieza y la segunda pieza no comprenden una capa de protección superficial durante la unión de la segunda pieza a la primera pieza por medio de soldadura por fricción-agitación. En otras palabras, la primera pieza y la segunda pieza pueden estar ambas en estado de semiacabadas cuando se unen por medio de soldadura por fricción-agitación. Esta realización permite que la capa de protección superficial no tenga que ser eliminada con anterioridad a la etapa de soldadura por fricción-agitación. Por lo tanto, el método según la presente invención sirve en particular para ahorrar esfuerzo, es rápido y barato. Además, el riesgo de que potenciales restos residuales de la capa de protección superficial pudieran impedir, o reducir, la calidad de la costura de soldadura generada mediante la soldadura por fricción-agitación, puede ser minimizado por esta realización de la invención.

El método puede comprender además la etapa de recubrir una superficie de la primera pieza y/o de la segunda pieza con una capa de protección superficial tras la unión de la segunda pieza a la primera pieza por medio de soldadura por fricción-agitación. Esta realización permite que la superficie de la primera pieza y/o de la segunda pieza se proteja. Además, también una costura de soldadura generada por la etapa de unión de la segunda pieza con la primera pieza mediante soldadura por fricción-agitación puede ser recubierta con la capa de protección superficial. Por lo tanto, también la costura de soldadura puede ser protegida por medio de la capa de protección superficial. Este no es el caso si, conforme al estado de la técnica, la capa de protección superficial se reviste sobre las piezas con anterioridad a la etapa de soldadura por fricción-agitación.

El enfriamiento de la segunda pieza puede ser llevado a cabo en un aparato de congelación. Por ejemplo, la segunda pieza puede ser enfriada por medio de un aparato de congelación hasta un valor de temperatura de -50 °C.

Además, la segunda pieza puede ser enfriada mediante nitrógeno líquido. Usando nitrógeno líquido, la segunda pieza puede ser enfriada hasta valores de temperatura de aproximadamente -200 °C, permitiendo de ese modo una contracción relativamente alta de la segunda pieza.

Según otra realización, se genera una costura de soldadura uniendo la segunda pieza a la primera pieza por medio de soldadura por fricción-agitación, y el método comprende además la etapa de retirar material de la costura de soldadura en una zona de una superficie trasera de la costura de soldadura. La costura de soldadura consiste en material de la primera pieza y de la segunda pieza. En este contexto, la característica de “una zona de una superficie trasera de la costura de soldadura” puede ser entendida como que designa la zona de la costura de soldadura que se enfrenta hacia fuera desde un útil para soldadura por fricción-agitación, en particular desde una punta de pin de soldadura de dicho útil, mediante la que se ha generado la costura de soldadura.

Haciendo de nuevo referencia al ejemplo de unir un marco de ventana a un panel de un fuselaje para una aeronave, el marco de ventana se inserta típicamente en un rebaje del panel y se une al panel mediante soldadura por fricción-agitación desde el exterior. Mediante “el exterior” se indica el lado que está destinado a ser la parte externa de la aeronave, si el panel del fuselaje se monta en la aeronave. Según este ejemplo, la zona de la superficie trasera de la costura de soldadura está orientada de tal modo que se enfrenta hacia el interior. En este contexto, el término “el interior” significa el lado que está destinado a ser el interior de la aeronave, si el panel del fuselaje se monta en la aeronave.

En la zona de la superficie trasera de la costura de soldadura, puede ocurrir una falta de penetración (LOP). Esta falta de penetración puede conducir a grietas dentro de la junta entre la primera pieza y la segunda pieza. Estas

grietas pueden conducir a una resistencia disminuida de la unión entre la primera pieza y la segunda pieza. Sin embargo, debido a la etapa propuesta de eliminación de material de la costura de soldadura en la zona de la superficie trasera de la costura de soldadura, se pueden eliminar las grietas potenciales debidas a falta de penetración, incrementando de ese modo la estabilidad, o al menos no conduciendo a una estabilidad disminuida, de la unión entre la primera pieza y la segunda pieza.

Además, el material puede ser eliminado durante un embolsamiento de la primera pieza y/o de la segunda pieza y de la costura de soldadura tras la unión de la segunda pieza a la primera pieza por medio de soldadura por fricción-agitación. En este contexto, "embolsamiento" define una etapa del método en la que el material de la primera pieza y/o de la segunda pieza se elimina en una zona superficial de la primera pieza y/o de la segunda pieza. Dicha eliminación puede hacerse, por ejemplo, mediante fresado. El embolsamiento da como resultado al menos un rebaje en las zonas superficiales en las que el material ha sido retirado. Estos rebajes pueden ser llamados una bolsa. Dicha eliminación de material puede hacerse etapa por etapa, en donde en cada etapa puede ser retirada una cantidad de material predeterminada. El embolsamiento permite en general ahorrar peso debido al material retirado. Esta etapa de proceso de ahorro de material se realiza típicamente de cualquier manera. En el contexto de la presente invención, el embolsamiento se aplica en la zona de la superficie posterior de la costura de soldadura también, la cual puede contener grietas debido a una falta potencial de penetración. Por lo tanto, por medio del embolsamiento, el material de la costura de soldadura en la zona de la superficie trasera de la costura de soldadura está ya eliminado. Por lo tanto, esta realización permite ahorrar una etapa adicional para retirar el material de la costura de soldadura en la zona de la superficie trasera de la costura de soldadura, haciendo de ese modo que el método sea particularmente eficiente.

Según otra realización, se genera un orificio extremo al unir la segunda pieza a la primera pieza por medio de soldadura por fricción-agitación, en donde el método comprende además la etapa de cerrar el orificio extremo por medio de un remache. Dicho orificio extremo se genera típicamente cuando el útil de soldadura se extrae de una zona de soldadura entre la primera pieza y la segunda pieza. Este orificio extremo no se desea. El remachado propuesto del orificio extremo conduce a un relleno del orificio extremo con el remache. Esta realización proporciona un método eficaz, fácil y barato para rellenar el orificio extremo.

Además, el método puede comprender la etapa de evaluar la unión de la segunda pieza a la primera pieza por medio de inspección penetrante de tinte. Esta evaluación es conocida y típicamente se hace en cualquier caso para evaluar la calidad superficial de las piezas unidas. El uso de esta evaluación para evaluar adicionalmente la unión entre la segunda pieza y la primera pieza, es eficaz y ahorra esfuerzo.

Breve descripción de los dibujos

En la descripción que sigue, se explican ejemplos de realizaciones de la invención con referencia a los dibujos esquemáticos que se acompañan, en los que:

La Figura 1, muestra una vista en perspectiva de una primera pieza con un rebaje y una segunda pieza a ser unida a la primera pieza;

La Figura 2, una vista en perspectiva de la primera pieza y de la segunda pieza mostradas en la Figura 1, en donde la segunda pieza ha sido insertada en la primera pieza;

La Figura 3, una vista alternativa en perspectiva de la primera pieza y de la segunda pieza mostradas en la Figura 1, en donde la segunda pieza no ha sido aún insertada en la primera pieza;

La Figura 4, una vista alternativa en perspectiva de la primera pieza y de la segunda pieza según la Figura 3, en donde la segunda pieza ha sido insertada en la primera pieza;

La Figura 5, un alzado frontal de una primera pieza con un rebaje, en donde una segunda pieza ha sido contraída por enfriamiento e insertada en el rebaje;

La Figura 6, una vista en perspectiva de una primera pieza con dos rebajes, cada uno de ellos para recibir una segunda pieza, en donde las segundas piezas han sido contraídas por enfriamiento;

La Figura 7, otra vista en perspectiva de la primera pieza y de la segunda pieza según la Figura 6, en donde las segundas piezas han sido insertadas y expandidas en los rebajes de la primera pieza, y en donde las segundas piezas han sido unidas a la primera pieza por medio de soldadura por fricción-agitación;

La Figura 8, otra vista en perspectiva de la primera pieza y de la segunda pieza como en la Figura 6, tras la etapa de soldadura por fricción-agitación y tras una etapa de embolsamiento;

La Figura 9, una vista en sección transversal de una primera pieza y una segunda pieza que se han unido por medio de soldadura por fricción-agitación, mostrando una grieta en una costura de soldadura;

La Figura 10, una vista en sección transversal de la primera pieza, de la segunda pieza y de la costura de soldadura

según la Figura 9, en donde la grieta ha sido eliminada mediante una etapa de embolsamiento;

La Figura 11, un alzado frontal de las piezas según la Figura 5, en donde las piezas han sido unidas mediante soldadura por fricción-agitación, y en donde un orificio extremo de una costura de soldadura ha sido rellenado con un remache;

- 5 La Figura 12, una vista en sección transversal de una primera pieza y de una segunda pieza que se han unido mediante soldadura por fricción-agitación, en donde un orificio extremo de una costura de soldadura ha sido rellenado con un remache, y

La Figura 13, un diagrama de flujo de etapas de proceso de una realización de un método según la presente invención.

- 10 Las Figuras 1 a 4 muestran un panel 1 que comprende una primera pieza 2 de gran área con un rebaje 3, y una segunda pieza 4 que va a ser unida a la primera pieza 2. Las Figuras 6 a 8 muestran un panel 1 similar, que comprende una primera pieza 2 de gran área con dos rebajes 3 y dos segundas piezas 4 que han de ser unidas a la primera pieza 2. Las explicaciones que siguen en el contexto de las realizaciones de las Figuras 1 a 4 se aplican, mutatis mutandi, para las realizaciones de las Figuras 6 a 8 de forma similar.

- 15 El panel 1 puede formar un elemento de un fuselaje de una aeronave (no representada). Las Figuras 1 y 3 muestran la segunda pieza 4 que aún no ha sido unida a la primera pieza 2, mientras que las Figuras 2 a 4 muestran la segunda pieza 4 que está unida a la primera pieza 2. Las Figuras 1 y 2 muestran el panel 1 desde el interior, mientras que las Figuras 3 y 4 muestran el panel 1 desde el exterior. Mediante “el exterior” se indica el lado que está destinado a ser la parte exterior de la aeronave, si el panel 1 del fuselaje se monta en la aeronave. Mediante el término “el interior”, se indica el lado que está destinado a ser la parte interior de la aeronave, si el panel 1 del fuselaje se monta en la aeronave.

- 20 El rebaje 3 comprende una forma interna y un perímetro interno. En el ejemplo representado, el rebaje 3 es una abertura y presenta una forma oval. La segunda pieza 4 puede ser un marco de ventana de una ventana. El marco 4 de ventana proporciona un elemento de contacto externo para ser unido realmente a la primera pieza 2 en la zona del rebaje 3. El marco 45 de ventana tiene una forma externa, por ejemplo forma oval, y un perímetro externo. La forma externa del marco 4 de ventana corresponde a la forma interna del rebaje 3 de la primera pieza 2.

- 25 Para proporcionar la primera pieza según se ha mostrado mediante las Figuras 1 y 3, la primera pieza 2 puede ser conformada según una forma deseada en una etapa 100 (véase la Figura 13). En particular, se puede recortar un contorno de la primera pieza 2. El rebaje 3 de la primera pieza 2 puede ser cortado mediante fresado. De forma similar, para proporcionar el marco 4 de ventana según se ha mostrado mediante las Figuras 1 y 3, el marco 4 de ventana puede ser conformado con una forma deseada en una etapa 200 (véase la Figura 13). En particular, un contorno del marco 4 de ventana puede ser recortado o fresado. Las etapas 100 y 200 pueden ser realizadas simultáneamente con el fin de ahorrar tiempo. Con preferencia, la primera pieza 2 y el marco 4 de ventana no se dotan de una capa de protección superficial en las etapas 100 y 200, de tal modo que los mismos pueden ser unidos entre sí mediante soldadura por fricción-agitación en una etapa 700 posterior (según se describe más adelante) sin ninguna capa de protección superficial.

- 30 Materiales adecuados para la primera pieza 2 son, por ejemplo, aluminio, titanio y acero. Además, varias aleaciones de esos materiales y combinaciones de los mismos (materiales híbridos) son también adecuadas. Lo mismo se aplica para el marco 4 de ventana. El material de la primera pieza 2 puede ser el mismo que el material del marco 4 de ventana. Alternativamente, el material de la primera pieza 2 puede ser diferente del material del marco 4 de ventana. Un rango de espesor de las piezas unidas puede estar comprendido, por ejemplo, entre 1 mm y 10 mm.

- 35 Después de que el marco 4 de ventana ha sido conformado según su forma deseada en la etapa 200, el tamaño del marco 4 de ventana es mayor que el tamaño del rebaje 3 de la primera pieza 2 (superposición o sobredimensión). En este estado nominal, insertar el marco 4 de ventana en el rebaje 3 podría necesitar fuerzas elevadas (en caso de que sea posible) debido a la superposición o a la sobredimensión del marco 4 de ventana. Por ejemplo, la superposición puede estar en el rango de 0,1 mm, en donde las tolerancias de las piezas individuales pueden estar en el rango de +/- 0,05 mm. Por lo tanto, la superposición total puede estar en el rango de 0 mm a 0,2 mm.

- 40 En una etapa 300 posterior, el marco 4 de ventana se enfría, de tal modo que el marco 4 de ventana se contrae y puede ser insertado con una resistencia más baja en el rebaje 3 de la primera pieza 2 en comparación con un estado no contraído del marco 4 de ventana. En otras palabras, la superposición o la sobredimensión mencionada con anterioridad del marco 4 de ventana se reduce de tal modo que el marco 4 de ventana puede ser acoplado fácilmente y posicionado en el rebaje 3 de la primera pieza 2. Dependiendo en particular de los requisitos para dicha contracción, el marco 4 de ventana puede ser enfriado, por ejemplo, hasta temperaturas comprendidas en el rango de entre -50 °C, por ejemplo en un aparato de congelación, hasta -200 °C, si el marco 4 de ventana se enfría mediante nitrógeno líquido.

Después de que la primera pieza 2 ha sido conformada con su forma deseada en la etapa 100, la primera pieza 2

puede ser posicionada en una plantilla (no representada, por ejemplo una plantilla de vacío), por ejemplo usando un posicionamiento previo del útil de marco de ventana, en una etapa 400. Las etapas 300 y 400 pueden ser realizadas una después de la otra según se ha indicado mediante la Figura 13. Alternativamente, para ahorrar tiempo, las etapas 300 y 400 pueden ser realizadas simultáneamente.

- 5 El marco 4 de ventana enfriado y, por lo tanto, contraído, se inserta con resistencia particular baja en el rebaje 3 de la primera pieza 2 en una etapa 500 según se muestra en las Figuras 2 y 4. Tras ser insertado, el marco 4 de ventana se calienta en a etapa 600, de tal modo que el marco 4 de ventana se presiona contra el rebaje 3 de la primera pieza 2. El calentamiento del marco 4 de ventana conduce a una expansión del marco 4 de ventana, de tal modo que su perímetro externo se incrementa y los posibles espacios de separación entre el marco 4 de ventana y el rebaje 3 de la primera pieza 2 se rellenan mediante el marco 4 de ventana. En otras palabras, se consigue un "espacio de separación cero" mediante el acoplamiento por contracción descrito con anterioridad y la posterior expansión del marco de ventana en el rebaje 3 de la primera pieza 2.

- 10 Con preferencia, el marco 4 de ventana se enfría en la etapa 300 de tal modo que su perímetro exterior es más pequeño que el perímetro interno del rebaje 3 de la primera pieza 2. En este caso, el marco 4 de ventana se inserta en el rebaje 3 de la primera pieza 2, de tal modo que existe un espacio de separación 5 deseado (Figura 5) entre el rebaje 3 de la primera pieza 2 y el perímetro exterior del marco 4 de ventana. A continuación, el marco 4 de ventana se calienta de tal modo que el perímetro externo del marco 4 de ventana se expande y el espacio de separación 5 se rellena mediante el marco 4 de ventana.

- 15 Después de que el marco 4 de ventana se ha expandido en la etapa 600, el marco 4 de ventana se une a la primera pieza 2 por medio de soldadura por fricción-agitación en una etapa 700, preferiblemente desde el exterior. Se genera una costura 6 de soldadura (véanse las Figuras 9 a 12) mediante dicha soldadura por fricción-agitación, en donde la costura 6 de soldadura consiste en material de la primera pieza 2 y del marco 4 de ventana, y en donde la costura 6 de soldadura puede circundar al marco 4 de ventana.

- 20 Con preferencia, según se ha ilustrado mediante las Figuras 8 y 10, el material de la costura 6 de soldadura se elimina en una zona de su superficie 7 trasera. La Figura 9 muestra la costura 6 de soldadura con anterioridad a dicha retirada de material. En la zona de la superficie 7 trasera de la costura 6 de soldadura, puede ocurrir una falta de penetración (LOP). Esta falta de penetración puede conducir a una grieta 8 o a varias grietas en el interior de la unión entre la primera pieza 2 y la segunda pieza 4. Esta grieta 8 puede conducir a una resistencia disminuida de la unión entre la primera pieza 2 y la segunda pieza 4. Sin embargo, debido a la etapa propuesta de retirada de material de la costura 6 de soldadura en la zona de su superficie 7 trasera de la costura 6 de soldadura, la grieta 8 y también la LOP potencial pueden ser eliminadas (según se muestra mediante las Figuras 8 y 10), incrementando de ese modo la estabilidad de la unión entre la primera pieza 2 y la segunda pieza 4.

- 25 Con preferencia, el material se retira durante una etapa 800 de embolsamiento adicional de la primera pieza 2 y/o de la segunda pieza 4 y/o de la costura 6 de soldadura después de la etapa 700. Durante dicho embolsamiento 800, se elimina material de la primera pieza 2 y de la segunda pieza 4, por ejemplo mediante fresado, en una zona superficial de la primera pieza 2, de la segunda pieza 4 y en la zona de la superficie 7 trasera de la costura 6 de soldadura también. El embolsamiento da como resultado al menos un rebaje 9 en las zonas superficiales en las que se ha retirado el material. Estos rebajes 9 pueden ser denominados bolsas. El embolsamiento permite ahorrar peso debido al material retirado y a eliminar la grieta 8 en una única etapa 800. En una etapa 900 posterior, la superficie de la primera pieza 2 y de la segunda pieza 4 y de la superficie 7 posterior de la costura 6 de soldadura, pueden ser recubiertas con una capa 10 de protección superficial. Con preferencia, con anterioridad a la etapa 900, la unión entre la primera pieza 2 y la segunda pieza 4 puede ser evaluada por medio de un método de inspección penetrante de tinte conocido.

- 30 Además, según se muestra mediante las Figuras 11 y 12, un orificio 11 extremo que se ha generado por la unión de la segunda pieza 4 a la primera pieza 2 por medio de soldadura por fricción-agitación, puede ser cerrado por medio de un remache 12 en una etapa 1000. Dicho orificio 11 extremo se genera típicamente cuando un útil de soldadura respectivo (no representado) se extrae de una zona de soldadura entre la primera pieza 2 y la segunda pieza 4. Este orificio 11 extremo no es deseado y, por lo tanto, se cierra mediante el remache 12. Aunque no se ha representado en la Figura 12, las superficies de la primera pieza 2, de la segunda pieza 4 y de la costura 6 de soldadura pueden ser recubiertas con una capa 10 de protección superficial según se ha mostrado mediante la Figura 10. Aunque se ha mostrado después de la etapa 900 en la Figura 13, la etapa 1000 puede ser llevada a cabo con anterioridad a la etapa 900 de recubrimiento.

REIVINDICACIONES

1.- Un método para unir dos piezas (2, 4) mediante soldadura por fricción-agitación, comprendiendo el método las etapas de:

- 5 proporcionar una primera pieza (2) y una segunda pieza (4) para ser unida a la primera pieza (2), en donde la primera pieza (2) comprende un rebaje (3) para recibir la segunda pieza (4),
- enfriar la segunda pieza (4) de tal modo que la segunda pieza (4) se contrae y puede ser insertada con una resistencia más baja en el rebaje (3) de la primera pieza (2) en comparación con un estado no contraído de la segunda pieza (4),
- insertar la segunda pieza (4) en el rebaje (3) de la primera pieza (2),
- 10 calentar la segunda pieza (4), de tal modo que la segunda pieza (4) se presiona contra el rebaje (3) de la primera pieza (4), y
- unir la segunda pieza (4) a la primera pieza (2) por medio de soldadura por fricción-agitación.

2.- El método según la reivindicación 1,

- 15 en donde la segunda pieza (4) se enfría de tal modo que el perímetro externo de la segunda pieza (4) es más pequeño que un perímetro interno del rebaje (3) de la primera pieza (2),
- en donde la segunda pieza (4) se inserta en el rebaje (3) de la primera pieza (2) de tal modo que existe un espacio de separación (5) entre el rebaje (3) de la primera pieza (2) y el perímetro externo de la segunda pieza (4), y
- en donde la segunda pieza (4) se calienta de tal modo que el perímetro externo de la segunda pieza (4) se expande y el espacio de separación (5) se rellena con la segunda pieza (4).

20 3.- El método según la reivindicación 1 o 2,

en donde la primera pieza (2) y la segunda pieza (4) no comprenden ninguna capa de protección superficial durante la unión de la segunda pieza (4) a la primera pieza (2) por medio de soldadura por fricción-agitación.

4.- El método según la reivindicación 3, comprendiendo además el método la etapa de:

- 25 recubrir una superficie de la primera pieza (2) y/o de la segunda pieza (4) con una capa (10) de protección superficial después de unir la segunda pieza (4) a la primera pieza (2) por medio de soldadura por fricción-agitación.

5.- El método según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el enfriamiento de la segunda pieza (4) se lleva a cabo en un aparato de congelación.

6.- El método según una de las reivindicaciones precedentes, en donde la segunda pieza (4) se enfría mediante nitrógeno líquido.

30 7.- El método según una de las reivindicaciones precedentes,

en donde se genera una costura (6) de soldadura por unión de la segunda pieza (4) a la primera pieza (2) por medio de soldadura por fricción-agitación,

comprendiendo además el método la etapa de eliminar material de la costura (6) de soldadura en una zona de la superficie (7) trasera de la costura (6) de soldadura.

- 35 8.- El método según la reivindicación 7, en donde el material se elimina durante un embolsamiento de la primera pieza (2) y/o de la segunda pieza (4) y de la costura (6) de soldadura tras la unión de la segunda pieza (4) a la primera pieza (2) por medio de soldadura por fricción-agitación.

9.- El método según una de las reivindicaciones precedentes,

- 40 en donde se genera un orificio (11) extremo al unir la segunda pieza (4) a la primera pieza (2) por medio de soldadura por fricción-agitación,

comprendiendo además el método la etapa de cerrar el orificio (11) extremo por medio de un remache (12).

10.- El método según una de las reivindicaciones precedentes,

que comprende además la etapa de evaluar la unión de la segunda pieza (4) a la primera pieza (2) por medio de inspección penetrante de tinte.

Fig. 2

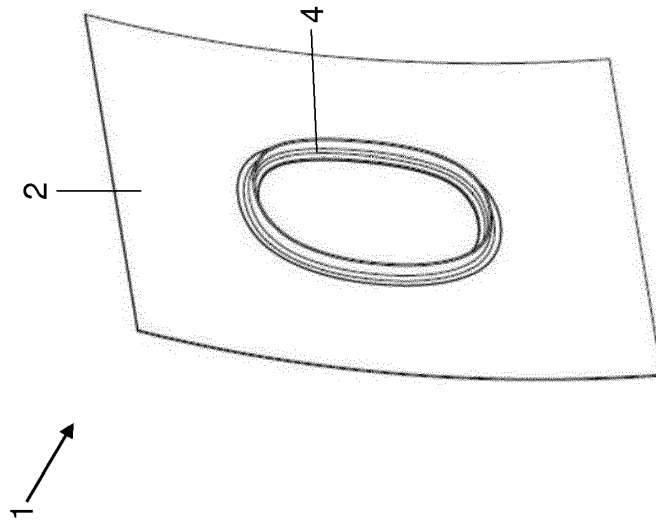


Fig. 1

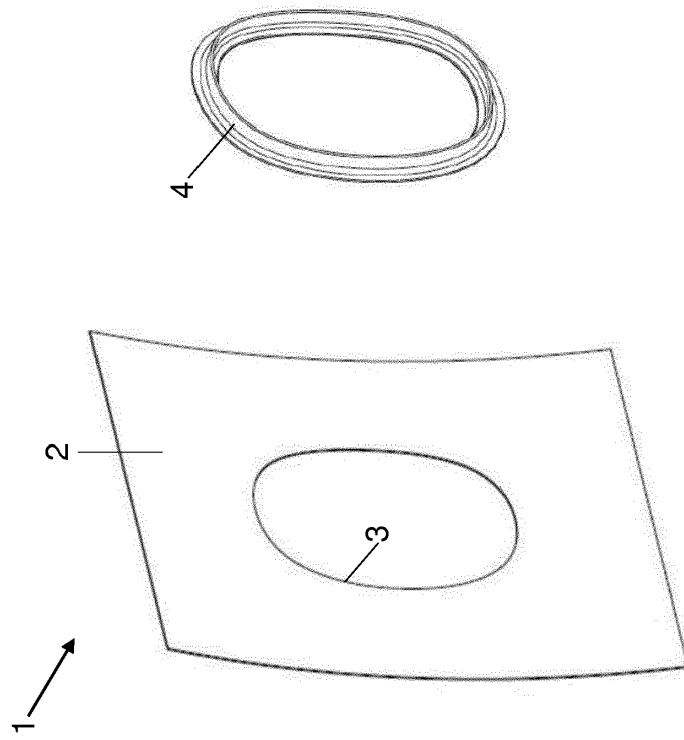


Fig. 4

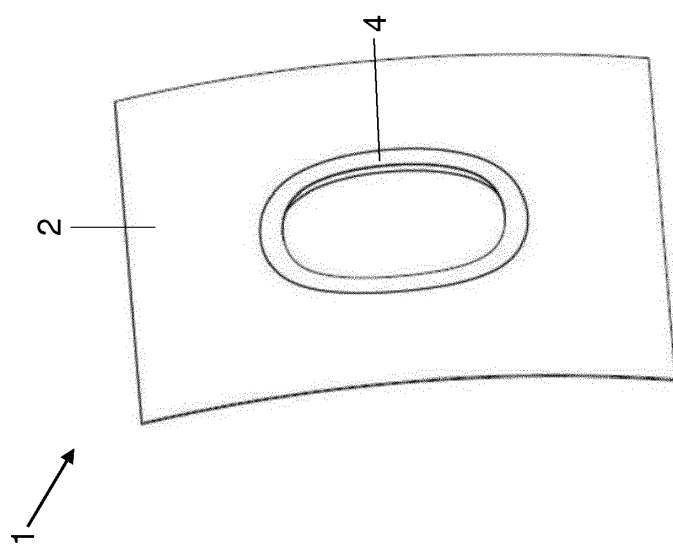


Fig. 3

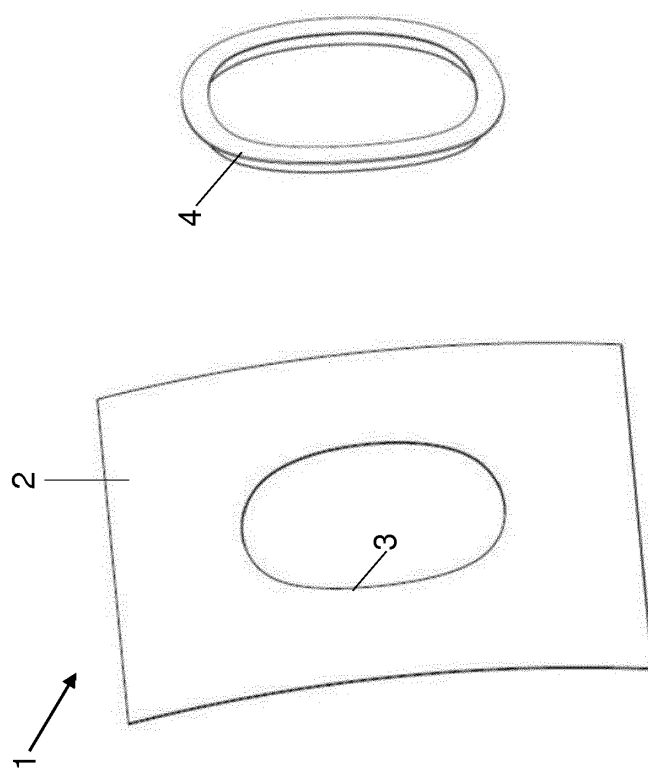


Fig. 5

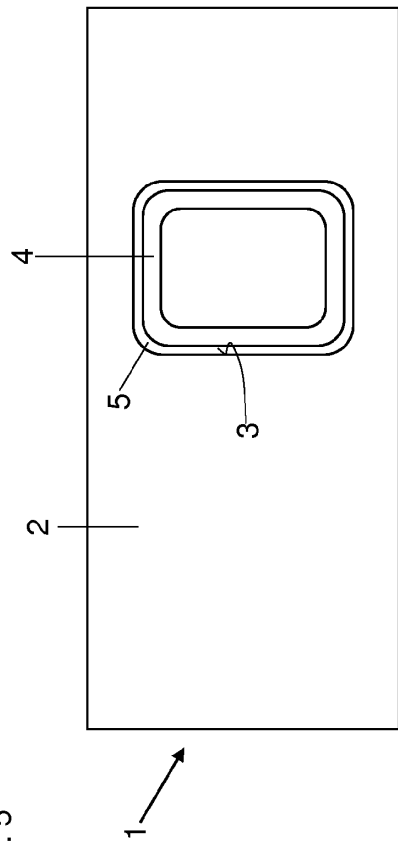


Fig. 6

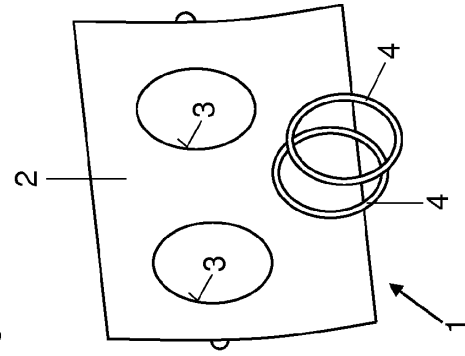


Fig. 7

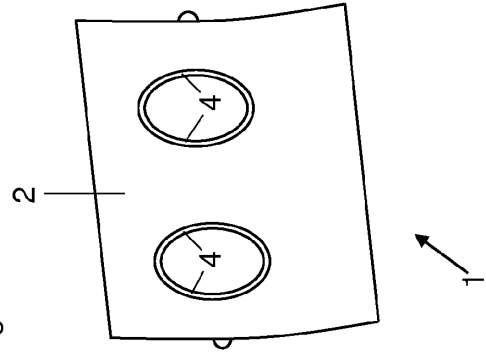


Fig. 8

