



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 331 357**

(51) Int. Cl.:  
**B23K 20/00** (2006.01)  
**B21C 23/00** (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **02803573 .1**  
(96) Fecha de presentación : **19.11.2002**  
(97) Número de publicación de la solicitud: **1453634**  
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **08.09.2004**

(54) Título: **Método y dispositivo para unir componentes metálicos, en particular componentes metálicos ligeros.**

(30) Prioridad: **21.11.2001 NO 20015680**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**30.12.2009**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**30.12.2009**

(73) Titular/es: **HyBond AS.**  
**Neset Næringshage**  
**6460 Eidsvåg i Romsdal, NO**

(72) Inventor/es: **Grong, Øystein**

(74) Agente: **Buceta Facorro, Luis**

ES 2 331 357 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 y dispositivo para unir componentes metálicos, en particular componentes metálicos ligeros.

### 5 Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un método y a un dispositivo para unir componentes metálicos y aleaciones, en particular componentes metálicos ligeros, incluyendo aleaciones de metales ligeros y posiblemente híbridos/compuestos que contienen metales ligeros.

### 10 Estado de la técnica

Normalmente las técnicas para unir componentes metálicos han surgido como resultado de adaptar técnicas desarrolladas inicialmente para unir materiales de hierro.

15 La unión de metales se ha relacionado en gran parte con la soldadura por fusión, en la que se funden tanto el metal de base como cualquier material de relleno mediante un arco eléctrico, haz de electrones o haz láser, permitiendo alcanzar una ligadura intermetálica en la parte de salida del depósito de soldadura durante la cristalización. En la soldadura por fusión sólo una fracción de la energía suministrada contribuye a la fusión y por tanto a la ligadura. 20 La mayor parte de la energía suministrada lleva a un calentamiento local del metal de base y a la formación de una denominada zona termoafectada (denominada en la bibliografía comúnmente como HAZ, *heat-affected zone*) alrededor de la junta de soldadura. Esta zona representa un problema porque los cambios microestructurales resultantes llevan a una degradación mecánica permanente del material principal. Las propiedades de la zona de soldadura se convertirán por tanto en el factor limitativo en la ingeniería de diseño y, en la práctica, determinarán la capacidad portante del componente. Además, la energía excesiva (es decir, el calor) suministrada lleva a tensiones residuales altas en la región de soldadura así como a deformaciones y distorsiones globales. Estos problemas son mayores en la soldadura de aluminio que en la soldadura de acero, puesto que las posibilidades de tomar las acciones preventivas necesarias, por ejemplo, modificando la microestructura de la HAZ mediante el ajuste de la composición química del material de base, es más difícil en el primero de los casos.

30 En general, el uso de procesos de soldadura más eficaces tales como la soldadura por láser y soldadura por haz de electrones proporcionan una HAZ mucho más estrecha, que a este respecto representa una mejora significativa. Estas técnicas, sin embargo, introducen otros problemas relacionados con la resistencia a las grietas térmicas y la formación de poros en la zona de fusión. Además, presentan la desventaja de un equipo más costoso y menos versátil. 35 Adicionalmente, los requisitos de tolerancia son mucho más estrictos debido al hecho de que habitualmente no se añade un material de relleno.

En el pasado se han realizado varios intentos para desarrollar técnicas alternativas para unir metales ligeros, de las que la soldadura por fricción o una variante conocida como soldadura por fricción-agitación (FSW, *friction stir welding*) probablemente sea la más prometedora. En la FSW las dos placas que van a unirse entre sí se presionan firmemente una contra otra mientras se mueve una herramienta rotatoria a lo largo de la superficie de contacto (borde) entre las mismas, retirando la capa de óxido que, al menos para el aluminio, siempre estará presente en la superficie. Aunque se produce un calentamiento por fricción considerable en la superficie de contacto entre la herramienta rotatoria y las placas de aluminio principales, la energía suministrada, y por tanto el calor generado, es menor que en la soldadura por fusión, de modo que el material de base cerca de la junta no se fundirá y no alcanzará un estado líquido. 45 Por tanto, la soldadura por fricción-agitación es un ejemplo de una técnica de unión en estado sólido que representa una mejora significativa en comparación con la soldadura por fusión, puesto que de este modo se reducen varios de los problemas comunes, concretamente el desarrollo de tensiones residuales altas y grietas térmicas, la formación de poros y una baja resistencia a la corrosión. Por otro lado, esta técnica novedosa está cargada de varias desventajas, siendo una de ellas el requisito de que las superficies que van a unirse necesitan coincidir exactamente entre sí, puesto que no hay posibilidad de usar un material de relleno. Otra desventaja es que los componentes que van a unirse deben presionarse uno contra otro con una fuerza considerable, lo que significa que el método requiere un equipo pesado y rígido. Finalmente, incluso este tipo de soldadura por fricción da lugar a la formación de una HAZ amplia, en la que los cambios microestructurales resultantes llevan a un ablandamiento permanente del material reforzado de precipitación. 50 Entre otros métodos de unión, debe mencionarse la soldadura fuerte, el remachado y la ligadura adhesiva. Uno o más de estos métodos pueden ser convenientes para algunas áreas de aplicación, pero, en general, proporcionan una seguridad baja frente a fallos y por tanto no son alternativas realistas a la soldadura en construcciones que soporten peso o carga.

### 60 Objeto de la invención

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un método para unir metales ligeros y en particular aluminio, que elimine en gran parte las desventajas de los métodos de la técnica anterior.

65 Por tanto es un objetivo de la presente invención proporcionar un método para unir componentes metálicos ligeros que se desarrolle básicamente en metales ligeros, y que no se derive de métodos previstos para materiales ferrosos.

## ES 2 331 357 T3

Por tanto, es un objetivo proporcionar un método para unir componentes metálicos ligeros en el que se evite un calentamiento excesivo, de modo que no serán una preocupación importante las tensiones residuales altas, deformaciones, grietas térmicas o problemas extraordinarios de corrosión.

- 5 Además es un objetivo proporcionar un método para unir componentes metálicos ligeros en el que se evite el calentamiento excesivo, de modo que se evita la formación de una zona amplia afectada por valor, en la que se deterioran de manera permanente las propiedades del material.

Es aún otro objetivo proporcionar un método para unir componentes metálicos ligeros mediante el que sea posible  
10 usar un material de relleno con propiedades correspondientes a las propiedades del material de base. Finalmente, es un objetivo proporcionar un método para unir metales ligeros que no contribuya a un gran excedente de energía, altos niveles de fuerzas o requiera límites de tolerancia estrechos. Un objetivo es también permitir el uso de un equipo sencillo, compacto y posiblemente portátil que pueda aplicarse para la automatización/robotización.

- 15 La invención se refiere a un método caracterizado por las características expuestas en la reivindicación 1. Realizaciones preferentes de la invención se dan a conocer mediante las reivindicaciones dependientes 2-9.

Según otro aspecto la invención se refiere a un dispositivo para llevar a cabo dicho método, como se expone en la reivindicación 10. Realizaciones preferentes del dispositivo se dan a conocer mediante las reivindicaciones  
20 dependientes 11-17.

El método según la invención proporciona una técnica novedosa y muy mejorada para unir componentes metálicos ligeros.

- 25 La temperatura de ligadura requerida se consigue utilizando el calor que se forma por la deformación y fricción, opcionalmente en combinación con un calentamiento de Joule externo, por ejemplo en forma de calentamiento por inducción, calentamiento por resistencia eléctrica o calentamiento con un haz láser.

Una diferencia con el proceso de soldadura por fricción-agitación (FSW) es que no sólo es posible sino una  
30 característica obligatoria de la invención que se añade un material de relleno a la junta (ranura), permitiendo la unión a lo largo de superficies que no están conformadas de manera precisa para corresponderse entre sí. Tampoco se requiere aplicar una gran fuerza a los componentes, ni comprimirlos con fuerza entre sí, lo que permite realizar el dispositivo de manera compacta y sencilla y, en caso necesario, adecuada para su uso portátil.

- 35 La adición de un material de relleno puede parecer similar a la soldadura por fusión, aunque los procesos son sustancialmente diferentes puesto que el método novedoso evita el calentamiento excesivo que lleva a una degradación mecánica significativa, tensiones residuales y deformaciones en el material. Tampoco es una condición que el material de relleno añadido esté en un estado líquido. Puede estar en un estado líquido, semilíquido o parcialmente plástico (sólido) cuando entra en la ranura de junta. Incluso en un estado líquido no dará lugar al mismo grado de calentamiento  
40 del material de base que tiene lugar durante la soldadura por fusión, puesto que la energía sólo se suministra localmente en la ranura. Esto significa que los efectos negativos resultantes del calentamiento del material de base se vuelven correspondientemente pequeños.

Además el material añadido puede ser exactamente el mismo que el propio material de base. Por tanto, no se añade  
45 un material con propiedades diferentes o inferiores, lo que puede dar lugar a corrosión debido a efectos galvánicos o similares, o dar como resultado propiedades de resistencia o de dilatación (térmica) diferentes en comparación con el material de base. En total el método inventivo representa un gran paso adelante en la tecnología de unión para componentes metálicos ligeros.

### 50 Descripción de las figuras

La figura 1 muestra un montaje de una realización preferente de un dispositivo completo según la invención,

la figura 2 muestra de manera simplificada el dispositivo y los componentes de material en la figura 1 desde arriba,  
55 la figura 3 muestra dos tipos diferentes de ranuras de junta,

la figura 4 muestra una sección a lo largo de la línea IV-IV en la figura 1,

60 la figura 5 muestra una parte seleccionada de otra realización de la invención aparte de la mostrada en la figura

la figura 6 muestra una sección de una tercera realización del dispositivo según la invención,

la figura 7 muestra de manera simplificada cómo puede usarse el método para unir componentes que están dispues-  
65 tos en un ángulo recto uno respecto a otro, y

la figura 8 muestra de manera simplificada cómo puede usarse el método para soldadura por puntos de láminas que se solapan.

**Descripción detallada de la invención**

La figura 1 muestra de manera esquemática y simplificada una realización preferente de un dispositivo (1) según la presente invención, que comprende una rueda (2) extrusora, una parte (3) complementaria a la rueda extrusora, un hilo (4) de material de relleno que se añade al dispositivo (1) en un punto (12) en la rueda (2) extrusora, una herramienta (5) que retira el óxido y un soporte (6). Los componentes (A y B) de material que van a unirse están dispuestos en la figura 1 uno detrás de otro en un plano común, siendo la zona a la izquierda del dispositivo (1) una zona en la que todavía hay una ranura abierta entre los componentes, mientras que la zona a la derecha del dispositivo (2) es la zona en la que se acaba de llevar a cabo la unión. El sentido del movimiento del dispositivo se muestra mediante la flecha (C). La parte (3) complementaria está conectada permanentemente con un pie (7) y un tope (8) que en conjunto forma una matriz (9) desde la rueda (2) extrusora hasta el interior de la ranura (10). El soporte (6) limita la ranura en un sentido descendente en casos en los que hay una ranura abierta, permitiendo así forzar el material de relleno con una cierta presión hasta el interior de la ranura sin presionarse a través de la misma.

En una variante de la realización preferente (mostrada en la figura 1) la parte inferior de la rueda (2) extrusora está dispuesta a nivel con la superficie de los dos componentes (A y B) de material que van a unirse, posiblemente algo descendida al interior de la ranura. En estos casos la parte (3) complementaria y el tope (8) también forman una especie de matriz, puesto que éstos pueden extenderse completa o parcialmente al interior de la ranura (10). En caso deseado, las partes de la rueda (2) extrusora que durante la rotación está en contacto con la superficie de los dos componentes (A y B) de material que van a unirse (posiblemente las superficies en la ranura (10)), puede tener una forma que permita que funcionen como herramienta de corte o fresado.

El sentido de movimiento del dispositivo (1) puede ser tal como se muestra mediante la flecha (C) en la figura (1) u opuesto al mismo. Otra posibilidad es que todo el dispositivo (1) esté dispuesto en un ángulo recto (90 grados) respecto a la ranura o de manera oblicua - no paralelo tal como se muestra en la figura 1 - con la ranura (10) (es decir, la rueda extrusora puede estar dispuesta a un ángulo espacial arbitrario con respecto al eje longitudinal de la ranura). El sentido de movimiento del dispositivo (1) seguirá siendo paralelo al eje de la ranura.

Como alternativa al soporte (6) la parte inferior de una ranura abierta puede cerrarse mediante la provisión de un soporte adecuado situado por debajo de la ranura en su sentido longitudinal. Tal soporte puede ser una lámina o tira de un material cerámico o acero, a la que no se adhiere el material de relleno sólido (plástico) o parcialmente fundido con ninguna fuerza significativa.

Evidentemente existe la necesidad de algún equipo convencional además del equipo descrito anteriormente, por ejemplo una fuente de alimentación para hacer girar la rueda extrusora, medios para sostener y mover el dispositivo a una velocidad determinada, aproximadamente constante a lo largo de la ranura, etc. Además, como se describe a continuación, a menudo será conveniente incluir sensores para registrar la temperatura y/o la presión en una o más ubicaciones para controlar mejor el proceso.

La figura 2 muestra esquemáticamente y a una escala diferente los componentes (A y B) de material y el dispositivo (1) que comprende la rueda (2) en una vista desde arriba. La ranura (10) está abierta a la izquierda del dispositivo (1) en el sentido de movimiento del dispositivo, mientras que la ranura se ha cerrado a la derecha del dispositivo.

La ranura (10) puede tener una forma abierta como se muestra en la figura 3a o forma de "V", cerrada en la parte inferior, como se muestra en la figura 3b. La forma de la herramienta (5) que retira el óxido variará según la forma de la ranura. Correspondientemente la necesidad, y la forma, del soporte (6) dependerá de si la ranura tiene una forma abierta o cerrada.

La herramienta (5) que retira el óxido puede tener diferentes formas, y en su forma más simple puede consistir en un raspador con dos hojas, una para cada una de las superficies de ranura que va a limpiarse en el componente (A) y el componente (B) respectivamente. La herramienta no necesita basarse sólo en una retirada mecánica, también puede incluir el uso de ciertos disolventes. Además la herramienta puede presentar otras soluciones mecánicas aparte de hojas de raspador, por ejemplo una fresa.

No es necesario que las superficies de ranura sean planas, también pueden tener una forma curva. Por ejemplo, las superficies de ranura que forman una ranura cerrada cuando los componentes de material están dispuestos adyacentes entre sí, pueden tener una forma de "U" en lugar de una forma de "V". Otra opción es que la parte superior de cada superficie de ranura sea plana mientras que la parte inferior es curva. La herramienta que retira el óxido debe, en la medida en que se requiera, estar adaptada a la configuración de ranura real, de modo que se consiga una retirada de óxido suficiente.

La figura 4 muestra una sección a lo largo de la línea IV-IV en la figura 1, a través de la rueda (2) extrusora y la parte (3) complementaria. La rueda (2) extrusora tiene una muesca a lo largo de toda la circunferencia de la rueda, mediante la que se tira del hilo (4) desde su punto (12) de contacto con la rueda (2) hasta la matriz (9). La reducción en la sección transversal del hilo de relleno desde el punto (12) de contacto hasta la matriz (9) puede ser normalmente menor que un factor (2), que representa una reducción de sección transversal muy pequeña durante la extrusión. El grado de reducción del hilo (4) de relleno no es decisivo para conseguir el objetivo de la invención, aunque es importante que la

## ES 2 331 357 T3

deformación entre el punto (12) de contacto y la matriz (9) sea suficiente para dispersar de manera uniforme el óxido de superficie en el material de relleno que abandona la matriz (9).

5 El dispositivo según la presente invención mostrado en la figura 1 puede modificarse aplicando un material (4) de relleno en forma de un polvo en lugar de un hilo. En este caso, el polvo se alimenta al punto (12) mediante un alimentador de polvo apropiado (no mostrado). Los principios generales del dispositivo son tal como se describió anteriormente.

10 Además el dispositivo puede modificarse sustituyendo la rueda (2) extrusora y la parte (3) complementaria por dos ruedas ( $12_1$  y  $12_2$ ) extrusoras opuestamente rotativas, tal como se muestra en la figura 5. De la misma manera que para la rueda (2) extrusora las dos ruedas ( $12_1$  y  $12_2$ ) extrusoras están dotadas de muescas que se extienden alrededor de toda la circunferencia, que rodean el material (4) de relleno en forma de hilo. De la misma manera que para el dispositivo mostrado en la figura 1, el material de relleno puede sustituirse por un material de relleno de tipo polvo que se alimenta a la abertura de entrada entre las ruedas ( $12_1$  y  $12_2$ ) extrusoras mediante un alimentador conveniente.

15 La realización mostrada en la figura 5 implica una técnica para alimentar un material de relleno de tipo hilo o de tipo polvo a la ranura, que puede considerarse como extrusión. En este documento, por extrusión se entiende cualquier tipo de tratamiento de un material de relleno metálico, en el que mediante un proceso que implica un calentamiento directo y/o indirecto y una posterior deformación plástica/aplicación de presión, se introduce el material a través de una matriz o similar y se añade a la ranura en un estado sólido (plástico), parcialmente líquido o completamente líquido, mientras que se ha retirado o dispersado cualquier capa de óxido inicialmente presente en el material de relleno.

20 El dispositivo según la invención también puede modificarse usando una extrusora de husillos (no mostrada) de un tipo conocido *per se* en lugar de una o dos ruedas extrusoras del tipo ilustrado. En tal caso debe precalentarse el material de relleno hasta que pueda alimentarse a través de una extrusora de husillos. Los medios que van a usarse en contacto con los componentes de materiales de base, es decir la matriz, la herramienta que retira el óxido y posiblemente el soporte, serán principalmente los mismos que en la figura 1.

30 Las realizaciones de la invención descritas anteriormente tienen la característica común de que el material de relleno se añade a la ranura mediante un proceso basado en extrusión continua. Sin embargo, la presente invención también puede llevarse a cabo mediante un proceso basado en la extrusión convencional (discontinua).

35 La figura 6 muestra un dispositivo (21) para la extrusión directa mediante un cilindro (22), un pistón (23) y una matriz (9) al final del pistón. El dispositivo (21) tiene en principio el mismo tipo de equipo que se muestra en la figura 1 en contacto con los materiales de componente de base que van a unirse, es decir, una herramienta (5) que retira el óxido y un posible soporte (6). La adición discontinua de material de relleno a un pistón de extrusión puede parecer inconveniente, pero en combinación con un sistema de manejo completamente automatizado (robotizado), por ejemplo empleando paquetes sellados herméticamente de los tipos pertinentes de material de relleno que se sitúan en el cilindro (22) en caso necesario, esto puede representar una manera muy interesante de llevar a cabo la invención para ciertas aplicaciones.

También pueden usarse otras técnicas, como la extrusión indirecta y la extrusión basada en fricción, como alternativa al método/aparato ilustrado en la figura 6.

45 La figura 7 muestra de una manera muy simplificada cómo puede llevarse a cabo el método según la invención para unir dos láminas en un ángulo una respecto a la otra, formando por ejemplo un perfil en "T". Los componentes de material de base se preparan mediante fresado o similar, de modo que cada uno de ellos presenta un borde "de inclinación" de ángulo idéntico o diferente. Cuando los componentes de material se sitúan adyacentes entre sí, dichos bordes de inclinación constituirán las superficies de ranura, y la ranura (10') puede considerarse como una variante de la ranura cerrada mostrada en la figura 3b. El dispositivo que va a usarse para la operación de unión implica una herramienta que retira el óxido adaptada al ángulo entre las superficies de ranura, con una forma compatible con el perfil.

50 La figura 8 ilustra cómo puede realizarse la soldadura por puntos de dos láminas que se solapan parcialmente según la invención. Una herramienta (31) con la forma de un núcleo de extrusión hueco o similar se empuja al interior de un orificio (32) previamente mecanizado penetrando totalmente en la primera lámina (A'') y penetrando parcialmente en la segunda lámina (B''). A medida que se retira la herramienta (31), el orificio (32) se rellena inmediatamente con un material de relleno plástico o parcialmente líquido a través de la abertura (9') en la herramienta. En este caso la abertura (9') funciona como una matriz, y esta matriz (9') y la herramienta que retira el óxido son partes de una unidad integrada. Otro ejemplo de soldadura por puntos se consigue mediante una realización en la que la rueda (2) extrusora está dispuesta a nivel con la superficie superior de la lámina (A''). En esta realización la parte (3) complementaria y el tope (8) en conjunto definen una especie de matriz que permite la extrusión de un material de relleno directamente a través de la lámina (A'') y hacia la lámina (B'') por debajo. En una realización de este tipo el dispositivo no incluye evidentemente un soporte (6). Si se desea, el material en exceso que se comprime hacia el exterior de la lámina (A'') puede retirarse de manera continua dejando que la rueda extrusora funcione también como una herramienta de corte (por ejemplo una fresa). Puede usarse un calentamiento externo (de Joule) de partes externas del equipo para obtener la temperatura deseada para la extrusión y la unión.

## ES 2 331 357 T3

A continuación se describe el proceso con más detalle haciendo referencia a la realización mostrada en la figura 1.

El dispositivo (1) con la herramienta (5) que retira el óxido se coloca en posición en la ranura. Si es una ranura abierta, se usa un soporte (6) acoplado a la herramienta (5), la parte (3) complementaria y la matriz (9) mediante una pieza de puente. Dependiendo del grosor del material, el ancho de la ranura etc. se ajusta el dispositivo para corregir las dimensiones. Con o sin precalentamiento se alimenta el hilo (4) a la rueda (2) extrusora en el punto (12), y se tira del mismo con la rueda cuando ésta empieza a rotar. Puesto que el hilo está en contacto con la rueda extrusora en tres lados y en contacto con la parte complementaria sólo en un lado, el hilo seguirá la rueda en todo momento. Debido a las fuerzas de fricción, el hilo se calienta gradualmente en su trayecto desde el punto (12) de contacto hasta la matriz (9). Este calentamiento puede combinarse posiblemente, y en particular durante el arranque, con otros medios de calentamiento, en particular técnicas de calentamiento de Joule. A medida que el hilo se calienta gradualmente también se vuelve cada vez más plástico, y si se calienta lo suficiente se vuelve parcialmente líquido. El hilo puede contener posiblemente partes de fases (compuestos químicos) de pequeño volumen con puntos de fusión más bajos que a una cierta temperatura forman una capa de lubricación en la superficie del hilo, que sirve para reducir la fricción en cierta medida durante la extrusión. Cuando el hilo alcanza la matriz (9), el tope (8) que se extiende al interior de la muesca (11) en este punto se opone a su movimiento continuado tangencialmente a lo largo de la rueda (2) extrusora. El único camino abierto para el hilo/material de relleno es a través de la matriz (9) y al interior de la ranura (10). Cuando esto tiene lugar, normalmente todo el dispositivo (1) estará moviéndose en el sentido longitudinal de la ranura. En casos particulares el dispositivo puede estar en reposo.

Alternativamente el tope (8) puede estar conformado de modo que sólo se fuercen partes del material de relleno en la muesca (11) a través de la matriz (9) mientras que el resto se retira como virutas metálicas a través de un orificio separado realizado para este fin en el tope por detrás de la matriz (9). Entonces la rueda (2) extrusora puede rotar a una mayor velocidad sin producir un bloqueo de la matriz (9), permitiendo así que se desarrolle más calor por fricción mientras simultáneamente se mejoran las posibilidades de controlar la temperatura y la tasa de deposición del material de relleno en el interior de la ranura (10).

Cuando se aleja de la rueda (2) a través de la matriz (9) y hasta el interior de la ranura (10), el material de relleno se enfría gradualmente a menos que se tomen precauciones particulares para evitarlo, tales como calentamiento por resistencia eléctrica de la matriz. En cada caso particular se decide si es o no conveniente o necesario un calentamiento especial de este tipo. Para muchas aplicaciones la longitud de la matriz (9) puede estar limitada a algunos milímetros, reduciendo así la necesidad de un calentamiento especial. Para garantizar unas condiciones óptimas cuando el material de relleno abandona la matriz y entra en la ranura, es conveniente tener un control continuo de la temperatura en esta fase del proceso. Se prefiere usar un control automático de la temperatura con un sensor de temperatura dispuesto en o cerca de la matriz. Además es una opción usar un calentamiento local de partes separadas del dispositivo/proceso, tales como la herramienta (5), el soporte (6), la matriz (9), las superficies de ranura y/o el material de relleno. Cuando la herramienta (5) que retira el óxido es un raspador, que representa una realización preferente, es conveniente calentar las hojas del mismo para reducir la fuerza requerida para retirar la capa de óxido.

Además se prefiere que la presión en la abertura de la matriz durante la extrusión pueda controlarse y mantenerse a un nivel constante, independiente de la elección de las condiciones del proceso, para obtener una buena ligadura metálica y la microestructura deseada en el material de relleno tras la ligadura tal como se ha depositado. La razón de esto es permitir la optimización de propiedades como límite elástico y resistencia a la tracción, dureza, ductilidad, resistencia a la fatiga y resistencia a la corrosión. Los medios adecuados para este fin son un sistema para medir y ajustar el par motor o fuerza que actúa sobre la rueda extrusora, el pistón de extrusión o tornillo extrusor, dependiendo del equipo usado. Una condición previa para mantener una presión fija tal en la abertura de la matriz es que el material de relleno se mantenga en un sistema cerrado siempre que esté plástico o parcialmente líquido. Si la ranura está abierta como se muestra en la figura 3a, se requiere el uso de un soporte (6) para mantener una presión tal. Además requiere que el pie (7) y el tope (8) que en conjunto forman la abertura (9) de la matriz, tengan un tamaño y una forma tal que en conjunto constituyan el sellado requerido por la ranura (10, 10') de otro modo abierta.

Normalmente los componentes de material que van a unirse serán del mismo tipo, aunque también pueden ser de otros tipos siempre que sus propiedades sean compatibles. Los componentes pueden estar fabricados, por ejemplo, de aleaciones de aluminio que contienen diferentes elementos de aleación. En tal caso el material de relleno puede ser idéntico a una de las aleaciones o puede tener una composición entre las dos aleaciones, que desde el punto de vista químico actúe como un "puente" entre las dos. Componentes de aleaciones de aluminio dentro de las series 1XXX, 2XXX, 3XXX, 5XXX, 6XXX y 7XXX respectivamente pueden unirse entre sí mediante el método y el dispositivo según la presente invención, con una elección conveniente de material de relleno para la combinación de aleaciones en cuestión.

Con respecto al material de relleno, éste puede variarse de muchas maneras y para diferentes fines. Se ha mencionado que puede comprender fracciones de pequeño volumen de una fase (compuesto químico) que se funde a una temperatura relativamente baja con el fin de obtener un efecto de lubricación durante la extrusión.

El material de relleno puede comprender también opcionalmente diferentes elementos que alteran la resistencia eléctrica (óhmica) del material en un sentido deseado. Si el calentamiento por resistencia va a aplicarse directamente al hilo, la resistencia eléctrica no debería ser demasiado baja puesto que entonces serían necesarias intensidades elevadas para conseguir el calentamiento deseado. No se desea una intensidad elevada puesto que ésta requiere grandes dimensiones de cables y equipos eléctricos afines.

## ES 2 331 357 T3

En general el material de relleno que va a usarse debe ser compatible con el material de base y puede ajustarse según esto para optimizar propiedades tales como capacidad de extrusión, límite de elasticidad y resistencia a la tracción, dureza, ductilidad, resistencia a la fatiga y resistencia a la corrosión durante o después de la operación de unión. Por tanto, el material de relleno puede contener inicialmente diferentes elementos o fases que se conozcan de la práctica de la extrusión y el tratamiento térmico industrial para, por ejemplo, suprimir la recristalización y mejorar la precipitación, recuperando así la resistencia adicional que sigue a un envejecimiento natural o artificial. A excepción de desviaciones menores de este tipo la composición química debería ser lo más parecida posible a la del material de base para obtener las propiedades de corrosión deseadas.

Como se ha mencionado es importante que las superficies que van a unirse estén “impolutas”, es decir limpias y libres de óxido. Esto se consigue retirando el óxido de las superficies inmediatamente antes de la deposición del material de relleno en la ranura y limitando el acceso de oxígeno a esta zona en la medida en que se requiera dentro del corto periodo de tiempo que transcurre hasta que el material de relleno rellena la ranura. Puede suministrarse un gas inerte u otro tipo de gas protector a la zona entre la herramienta que retira el óxido y la matriz para reducir el suministro de oxígeno a la misma zona de la ranura. El dispositivo según la invención también permite que el “espacio” por detrás de la herramienta que retira el óxido forme un recinto que en todo momento se rellena con el material de relleno. En ese caso la adición del gas inerte/gas protector puede ser superflua.

Mediante el método y el dispositivo según la invención se obtienen las ventajas previstas analizadas anteriormente, es decir, el material de base no se somete a un calentamiento innecesario o indeseado que lleva a un ablandamiento y degradación del material. Al mismo tiempo pueden compensarse imperfecciones menores en las superficies que van a unirse y variaciones en el ancho de la ranura entre los componentes de material mediante adiciones de material de relleno.

### Ejemplos

Los ejemplos siguientes se llevaron a cabo solamente para poner a prueba la invención a un nivel básico, lejos de su rango óptimo. Por tanto, no se usó ningún tipo de precalentamiento ni se realizó ningún tipo de retirada de óxido en conexión con estas pruebas.

#### Ejemplo 1

*Intento de unir láminas de 2,4 mm de AA 1070 usando AA 6082 como material de relleno*

##### *Desarrollo experimental*

Se usó una rueda extrusora de 40 mm de diámetro, dispuesta a nivel con la superficie de los dos componentes de lámina que iban a unirse. El ancho de la muesca en la rueda fue de 1,5 mm y la profundidad de 2,4 mm, adecuados para alimentar un hilo de 1,6 mm. Se usó una ranura abierta en forma de “I” (separación de bordes de 1 mm), mecanizada previamente en el sentido longitudinal de la lámina, actuando una placa de acero gruesa como respaldo (soporte) y estando dispuesta la ) rueda extrusora con su muesca paralela al sentido longitudinal de la ranura. No se aplicó calor externo ni al hilo, ni a la extrusora, ni a las herramientas durante la operación de unión. Tampoco se llevó a cabo una retirada de óxido mecánica ni una limpieza de las superficies.

##### *Resultado*

La unión se llevó a cabo en una longitud de 20 mm forzando la rueda extrusora rotatoria contra los componentes de lámina. Los componentes se movieron horizontalmente con respecto a la extrusora con una velocidad constante sobre una mesa de alimentación. La inspección visual posterior de los dos componentes reveló que el material de relleno se había introducido en la ranura con una fuerza considerable y se había deformado en frío de manera importante. Se obtuvo ligadura en la superficie en la que la deformación plástica había sido más importante.

#### Ejemplo 2

*Intento de soldar por puntos dos láminas de 5 mm de AA 6082 completamente recocido usando una ranura en forma de “I” y AA 6082 como material de relleno*

##### *Desarrollo experimental*

Se dispuso una rueda extrusora de 40 mm de diámetro a nivel con las superficies de los dos componentes que iban a unirse. El ancho de la muesca en la rueda fue de 1,5 mm y la profundidad de 2,4 mm, adecuados para alimentar un hilo de 1,6 mm. Se usó una ranura en forma de “I” de 3 mm de profundidad (separación de bordes de 1,5 mm), mecanizada previamente en el sentido longitudinal de los componentes de lámina, estando dispuesta la muesca en ) la rueda extrusora a un ángulo de 90 grados con respecto a la línea de la ranura. No se aplicó calor externo ni al hilo, ni a la extrusora, ni a las herramientas durante la operación de unión. Tampoco se llevó a cabo una retirada de óxido mecánica ni una limpieza de las superficies.

## ES 2 331 357 T3

### *Resultado*

La unión se llevó a cabo forzando la rueda extrusora rotatoria contra los componentes de lámina que estaban en reposo. La inspección visual posterior de las dos partes mostró que el material de relleno se había introducido en la ranura con una fuerza considerable y que las superficies de ranura, y particularmente la ubicada adyacente al tope, se habían sometido a una deformación plástica importante. Se obtuvo ligadura en la superficie de ranura en la que la deformación había sido más importante. Las mediciones de dureza realizadas en una sección transversal de la junta mostraron que el material de relleno tal como se depositó era significativamente más duro que el material de base. Al mismo tiempo se observaron líneas de flujo características en un microscopio óptico, tanto en el material de base (a lo largo de las superficies de ranura deformadas) como en el material de relleno tal como se depositó.

### Ejemplo 3

Intento de unir dos láminas de 5 mm de AA 6082 completamente recocido usando una ranura en forma de V y AA 6082 como material de relleno

### *Desarrollo experimental*

Se dispuso una rueda extrusora de 40 mm de diámetro a nivel con la superficie de los dos componentes de lámina que iban a unirse. El ancho de la muesca en la rueda fue de 1,5 mm y la profundidad de 2,4 mm, adecuados para alimentar un hilo de 1,6 mm. Se usó una ranura (cerrada) en forma de “V” con una profundidad de 4 mm y se había mecanizado previamente una profundidad máxima de 4 mm en el sentido longitudinal de los componentes de lámina, estando dispuesta la muesca en la rueda extrusora paralela con la línea de la ranura. No se aplicó calor externo ni al hilo, ni a la extrusora, ni a las herramientas durante la operación de unión. Tampoco se llevó a cabo una retirada de óxido mecánica ni una limpieza de las superficies.

### *Resultado*

La unión se llevó a cabo en una longitud de aproximadamente 60 mm forzando la rueda extrusora rotatoria contra los componentes de lámina. Los componentes de lámina se movieron horizontalmente con una velocidad constante con respecto a la extrusora sobre una mesa de alimentación. La inspección visual posterior mostró que el material de relleno se había introducido en la ranura con una fuerza considerable y que se había deformado en frío de manera importante. Ambas superficies de ranura mostraron signos de deformación plástica local. Se obtuvo ligadura en una longitud de aproximadamente 5 mm a lo largo de una de las superficies de ranura.

Los ejemplos analizados anteriormente muestran que el método según la invención funciona según lo previsto, puesto que el material de relleno puede introducirse en la ranura y rellenarla incluso sin emplear ningún tipo de precalentamiento de la herramienta, el material de base o el material de relleno. Para obtener una junta de calidad aceptable, sin embargo, debería retirarse la capa de óxido en la ranura. Puede llevarse a cabo un calentamiento local de la ranura, la herramienta o el material de relleno.

Las siguientes propiedades y ventajas se consideran típicas para el proceso/dispositivo según la invención:

- el suministro de calor total es similar al de la soldadura por haz láser y la soldadura por haz de electrones.
- El ancho de la zona termoafectada HAZ es muy reducido, y en la práctica más pequeño que o igual al grosor del material de base.
- Las tensiones locales residuales, distorsiones y deformaciones globales posteriores a la unión están a un nivel correspondiente a la soldadura por haz láser y la soldadura por haz de electrones y significativamente menores que para la soldadura por arco (llama).
- Los requisitos de tolerancia son similares a los de los procesos de soldadura por arco convencionales.
- No hay problemas relacionados con las grietas térmicas o formación de poros en el material de relleno tal como se ha depositado, incluso cuando éste tiene las mismas propiedades químicas que el material de base.
- Las propiedades de corrosión son comparables a o mejores que para soldaduras por fricción de las mismas aleaciones, y de nuevo significativamente mejores para las soldaduras por fusión.
- La resistencia a la fatiga es comparable con la de las soldaduras por fricción o soldaduras por fusión convencionales posteriores a la retirada o pulido del refuerzo mediante mecanizado.
- El método y el dispositivo según la invención es fácil de automatizar/robotizar de la misma manera que los procesos de soldadura convencionales.

## ES 2 331 357 T3

El método según la invención es principalmente adecuado para unir todos los tipos de lámina, tubos y perfiles que pueden unirse mediante procesos y métodos de soldadura convencionales y en todas las posiciones. Otro aspecto es que el método puede realizarse con un equipo compacto, ligero y económico.

- 5 El método es adecuado para unir todo tipo de metales y aleaciones que pueden conformarse de manera plástica o trabajarse en estado sólido o parcialmente líquido. El método es particularmente adecuado para unir componentes de material con una buena capacidad de extrusión, como aleaciones de metal ligero en general y aleaciones de aluminio en particular. En vista de las características y la excelencia del método, es razonable afirmar que representa un salto  
10 cuantioso en la tecnología de fabricación con respecto a la unión de aluminio. Por tanto, el método es una alternativa realista tanto para los métodos de soldadura por fusión convencionales como para la soldadura por fricción (incluida la FSW) dentro de una serie de áreas de producto y sectores del mercado, entre éstos el transporte (coches, barcos, aviones, aeronáutico), la industria marina, terrestre y para edificios en los que los requisitos respecto a las propiedades mecánicas son particularmente estrictos.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para unir componentes de metales y aleaciones, en particular componentes de metales ligeros, incluyendo aleaciones de metales ligeros y posiblemente híbridos/compuestos que comprenden metales ligeros, **caracterizado** porque se retira el óxido de las superficies de ranura inmediatamente antes de la unión y porque a continuación se rellena la ranura mediante extrusión con un material de relleno metálico mientras se restringe simultáneamente el suministro de oxígeno a la ranura en la medida en que se requiera.
- 10 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se retira el óxido de las superficies de ranura mediante raspado mecánico o el uso de otra herramienta de corte, como una fresa.
3. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque como técnica de extrusión se usa una técnica de extrusión continua con un material de relleno en forma de hilo o a base de polvo.
- 15 4. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque como técnica de extrusión se usa una técnica de extrusión discontinua, en particular en combinación con el uso de elementos de material de relleno previamente empaquetados de manera hermética.
- 20 5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se unen componentes de material de composición química homogénea y porque el material de relleno tiene la misma composición química que dichos componentes.
- 25 6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se unen componentes de metales y aleaciones con diferente composición química y porque se usa un material de relleno compatible con la composición química de ambos componentes metálicos.
- 30 7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se precalientan las superficies de ranura y/o el material de relleno mediante calentamiento por resistencia eléctrica, calentamiento por inducción, calentamiento por fricción y/u otras formas de calentamiento de Joule, incluyendo el calentamiento mediante un haz láser.
- 35 8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se precalientan partes del equipo usado para llevar a cabo el método mediante calentamiento por resistencia eléctrica, calentamiento por inducción u otras formas de calentamiento de Joule.
- 40 9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el método se controla automáticamente mediante el uso de sensores para vigilar la temperatura y opcionalmente la presión durante la extrusión y la unión, y el uso de un equipo de control conveniente conectado a dichos sensores para controlar parámetros como la velocidad del avance del componente, el calentamiento externo y la tasa de deposición del material de relleno.
- 45 10. Dispositivo para unir componentes de metales y aleaciones, en particular componentes de metales ligeros incluyendo aleaciones de metales ligeros y posiblemente híbridos/compuestos que comprenden metales ligeros, **caracterizado** porque el dispositivo comprende una herramienta (5, 31) para retirar la capa de óxido de las superficies metálicas que definen una ranura (10), medios (2, 3 y 22, 23 respectivamente) para extrusión para alimentar metal a la ranura (10) durante la unión, medios (7, 8) para cerrar la ranura (10) hacia arriba y opcionalmente medios (6) para cerrar la ranura (10) hacia abajo, y opcionalmente medios para reducir el acceso de oxígeno a la zona por detrás de la herramienta (5) en la que se añade metal.
- 50 11. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado** porque los medios (22-23) para extrusión se basan en una técnica para extrusión discontinua.
- 55 12. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado** porque los medios (2-3) para extrusión se basan en una técnica para extrusión continua.
13. Dispositivo según la reivindicación 12, **caracterizado** porque los medios (2-3) para extrusión continua comprenden una rueda extrusora (2) o un tornillo extrusor (no mostrado).
- 60 14. Dispositivo según la reivindicación 13, **caracterizado** porque los medios (7-8) para cerrar la ranura hacia arriba están constituidos por partes periféricas de la rueda (2) extrusora.
- 65 15. Dispositivo según la reivindicación 10 o las reivindicaciones 12-13, **caracterizado** porque los medios para alimentar metal (material de relleno) a la ranura (10) están constituidos por una rueda extrusora (2) y una parte (3) complementaria, porque los primeros medios para cerrar la ranura (10) hacia arriba están constituidos por un pie (7) adaptado para apoyarse contra los componentes metálicos que van a unirse, porque los segundos medios para cerrar la ranura (10) hacia arriba están constituidos por un tope (8) dispuesto en relación con el pie (7) de modo que entre éstos y la rueda (2) extrusora se define una matriz (9) para el material de relleno alimentado por extrusión, mientras

## ES 2 331 357 T3

que el dispositivo también comprende opcionalmente un medio en forma de un soporte (6) que preferentemente está acoplado de manera mecánica al pie (7).

5 16. Dispositivo según la reivindicación 10, 12, 13 ó 15, **caracterizado** porque el tope (8) está dotado de un orificio separado (no mostrado) que permite que parte del metal alimentado a través de la muesca (11) en la rueda (2) extrusora pase a través del tope (8) como virutas metálicas, en lugar de introducirse en la ranura (10).

10 17. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10-16, **caracterizado** porque la herramienta para retirar la capa de óxido es un raspador (5, 31) mecánico u otra herramienta de corte, como por ejemplo una fresa.

18. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10-17, **caracterizado** porque la herramienta (5, 31) para retirar la capa de óxido también comprende medios (no mostrados) para precalentar las superficies de ranura y/o el material de relleno.

15 19. Dispositivo según la reivindicación 18, **caracterizado** porque los medios para precalentar la ranura (10) y/o el material de relleno se basan en calentamiento por resistencia eléctrica, calentamiento por inducción u otras formas de calentamiento de Joule, incluyendo el calentamiento mediante un haz láser.

20 20. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10-19, **caracterizado** porque el dispositivo (1) comprende medios (no mostrados) para calentar uno o más de los siguientes elementos: la herramienta (5) que retira el óxido, la rueda (2) extrusora, la parte (3) complementaria, el soporte (6) y la matriz (9), basándose dichos medios de calentamiento en calentamiento por resistencia eléctrica, calentamiento por inducción u otras formas de calentamiento de Joule, incluyendo el calentamiento con un haz láser.

25

30

35

40

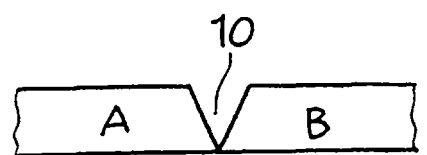
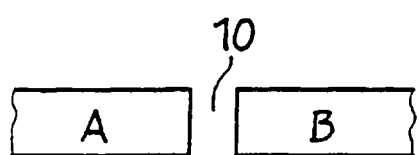
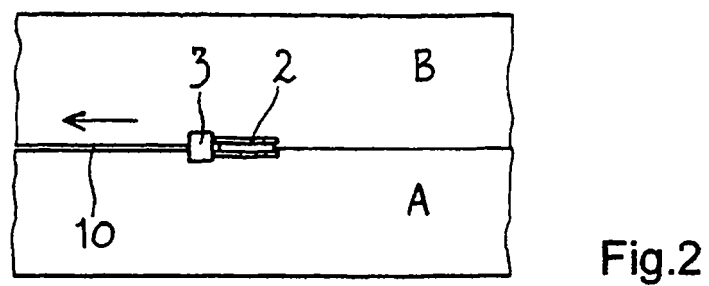
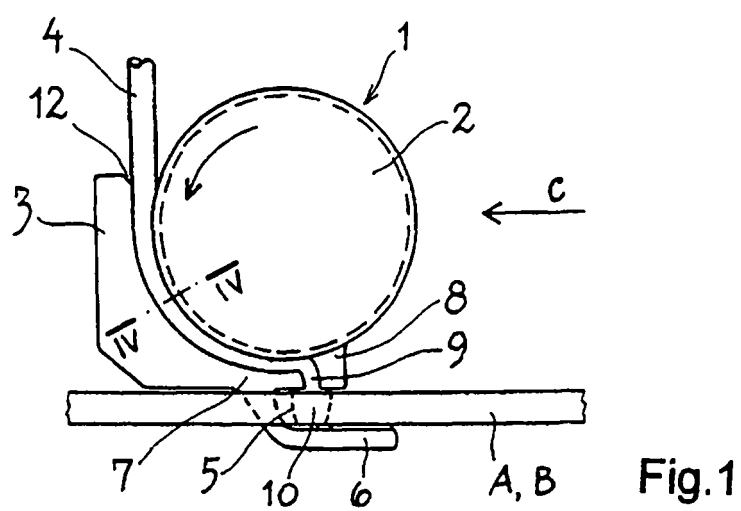
45

50

55

60

65



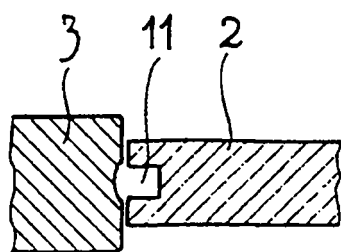


Fig. 4

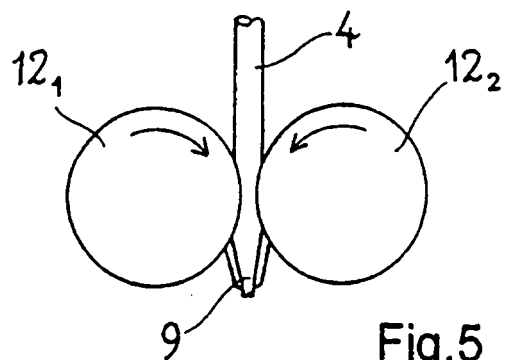


Fig. 5

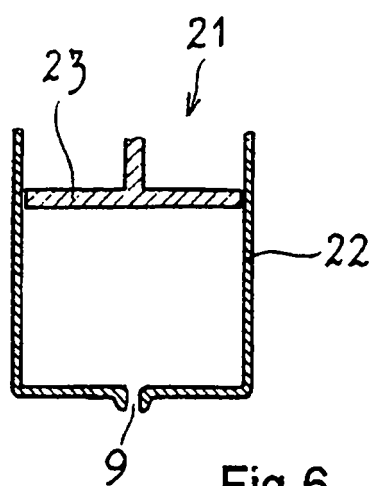


Fig. 6

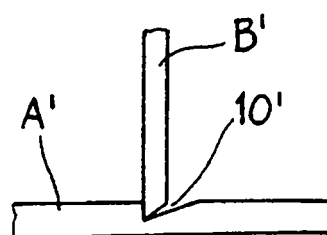


Fig. 7

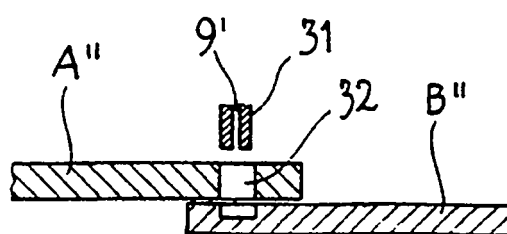


Fig. 8