

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 082**

51 Int. Cl.:

**B23K 20/02** (2006.01)

**F28F 3/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2010** **E 10760985 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2015** **EP 2480369**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de un módulo con zona hueca por compresión isostática en caliente**

30 Prioridad:

**25.09.2009 FR 0956655**

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

**01.10.2015**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
25, rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**COUTURIER, RAPHAËL;  
BERNARD, CHARLOTTE;  
REYTIER, MAGALI y  
RIGAL, EMMANUEL**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 547 082 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 fabricación de un módulo con zona hueca por compresión isostática en caliente

5 La invención se refiere, de manera general, al campo de la fabricación, mediante soldadura por difusión implementada por compresión isostática en caliente, de módulos con zona hueca.

En particular, la invención se refiere a la fabricación de módulos cuya zona hueca adopta la forma de uno o de una pluralidad de canales, preferiblemente destinados a la circulación de fluido.

10 Numerosas aplicaciones son concebibles para este módulo, tales como los intercambiadores de calor, y preferiblemente los intercambiadores denominados compactos de placa, para los que los intercambios térmicos obtenidos son muy satisfactorios, debido a la importante razón entre las superficies de intercambio y el volumen del intercambiador. Por ejemplo, puede tratarse de un sistema de intercambiador térmico que comprende un módulo o  
 15 un apilamiento de módulos que forman, de manera alterna, según una dirección de apilado de las placas, una primera zona de circulación de fluido y una segunda zona de circulación de fluido, y diseñados de manera que se produce una reacción química, eventualmente catalítica, en al menos una de estas zonas de circulación de fluido. Así, debido a la reacción química que tiene lugar en el interior de al menos una de estas zonas, tales intercambiadores también se denominan reactores. De manera más general, tales intercambiadores de calor se  
 20 denominan intercambiador/reactor.

Se precisa que pueden concebirse diversos usos para este tipo de sistema de intercambiador, por ejemplo la producción de productos químicos o farmacéuticos.

25 Otras aplicaciones son igualmente concebibles para el módulo hueco, en los aparatos a presión refrigerados, los absorbedores térmicos, los recuperadores de calor, y, de forma más general, en todos los dispositivos que comprenden canales internos de circulación de fluido.

**Estado de la técnica anterior**

30 Se conoce a partir de la técnica anterior la fabricación de un módulo hueco a partir de dos placas ranuradas, apoyadas una contra otra con el de definir conjuntamente cavidades en las que se insertan tubos cuya geometría corresponde a la de los canales de circulación deseados. En este caso práctico, en primer lugar se limpian las superficies que van a ensamblarse por difusión, se apilan las piezas y después se hace estanca la periferia de las  
 35 dos placas mediante soldadura o insertando estas placas en una cubierta que se hace estanca igualmente mediante soldadura. Asimismo, la periferia de los extremos de los tubos se hace estanca mediante soldadura con estas dos mismas placas o con la cubierta, también denominada contenedor.

40 Tras una desgasificación clásica del conjunto así formado, éste se somete a un ciclo de compresión isostática en caliente, durante el cual el gas de presurización no puede penetrar por las superficies de contacto entre los elementos del conjunto, pudiendo entonces soldarse éstos de manera conveniente entre sí, por difusión. En cambio, el gas de presurización penetra en el interior de los tubos, de manera que se someten a la misma presión que la de las superficies exteriores del conjunto. Debido a ello no se produce ningún aplastamiento de los tubos, que  
 45 conservan su geometría inicial.

No obstante, en determinadas realizaciones, la forma de los canales es tal que es irrealizable a partir de tubos, concretamente cuando comprende codos demasiado pronunciados para poder obtenerse por curvado de tubos rectos.

50 A este respecto, se indica que en ensamblaje mediante soldadura por difusión en compresión isostática en caliente de placas ranuradas, sin tubos interpuestos entre las mismas, sólo es posible a costa de un empeoramiento importante de la estructura. En efecto, si no se obturan de manera estanca las entradas y salidas de los canales, el gas de presurización penetra entre las placas ranuradas e impide su soldadura. A la inversa, si se obturan de manera estanca las entradas y salidas de los canales, éstos se aplastan por la presión, lo que conduce a una  
 55 pérdida inaceptable de precisión dimensional de los canales, incluso a una desaparición de estos últimos. En tal caso, si bien una disminución de la presión generaría un aplastamiento más débil de los canales, esto iría acompañado sin embargo de una reducción de la resistencia de las juntas soldadas.

60 Otra solución técnica para evitar el aplastamiento de los canales consiste en rellenar las ranuras con núcleos realizados de un material susceptible de eliminarse tras el ensamblaje, mediante disolución química o mediante otro medio, tal como se describe en el documento JP-A-2006 263746. No obstante, en la práctica, la definición del material de relleno y su eliminación resultan muy difíciles.

65 Otro procedimiento más de fabricación se conoce a partir del documento FR-A-2 879 489. Consiste en mecanizar ranuras que prefiguran los canales en una placa, en hacer estanca la parte superior de estas ranuras añadiendo a las mismas mediante soldadura láminas delgadas, y después en ensamblar mediante soldadura por difusión en

compresión isostática en caliente, sobre la placa ranurada, un segundo elemento en forma de tapa que cubre las láminas delgadas. Esta solución presenta varios inconvenientes, entre los que se encuentra un coste elevado, la dificultad de soldar las láminas delgadas cuando los canales no son rectos, la dificultad de controlar y garantizar la estanqueidad de todas las soldaduras de las láminas para una estructura que comprende múltiples canales o grandes longitudes de canales, o incluso la imposibilidad de construir canales con una anchura de canal no regular con respecto a la altura del canal, desde el punto de vista de la formación de canales denominados "3D".

Por último, se conoce otro procedimiento de fabricación a partir del documento titulado "HIP experiments on the first wall and cooling plate specimens for the EU HCPB blanket", P. Norajitra *et al.*, Journal of Nuclear Materials 307-311 (2002). En el mismo se describe un principio que consiste en ensamblar piezas elementales, mediante soldadura por difusión en compresión isostática en caliente, en dos etapas. La totalidad o parte de las piezas elementales permiten reconstituir, al yuxtaponerlas, los canales deseados. Estas piezas elementales se insertan en un contenedor estanco para formar un conjunto que se desgasifica a continuación y después se obtura. Alternativamente, la periferia de las piezas elementales se suelda de manera estanca y se obturan los canales, siempre con vistas a formar una cubierta estanca que encierra la zona hueca.

Durante la primera etapa de soldadura por difusión, las condiciones de temperatura y de presión de la compresión isostática en caliente, así como la duración de la etapa, se eligen por un lado con vistas a obtener una soldadura de las piezas que haga sus superficies de contacto estancas y, por otro lado, de manera que las eventuales deformaciones de los canales se mantengan despreciables.

Tras esta primera etapa, el conjunto se perfora frente a los canales, de manera que se deja que penetre aire en los mismos. De este modo se rompe la estanqueidad de la zona hueca. Sigue una segunda etapa de soldadura por difusión, realizada a mayor presión de manera que se garantiza la obtención de una soldadura por difusión de buena calidad entre las piezas elementales. Durante esta segunda etapa, el gas de presurización penetra en los canales, a diferencia de la primera etapa de soldadura, lo que permite evitar el aplastamiento de los canales, y hacer que conserven una geometría aceptable.

Esta solución presenta numerosos inconvenientes, entre los que se encuentra la necesidad de pasar dos veces el conjunto por un recinto de compresión isostática en caliente, con aireación entre las dos etapas para perforar el conjunto a nivel de los canales. Esto genera tiempos y costes de fabricación elevados. Además, los riesgos de error durante la operación de perforación son reales, ya que se trata de perforar con precisión un componente que puede ser de gran tamaño y que puede haber experimentado deformaciones durante la primera etapa, lo que hace que la localización de los canales sea delicada.

### Exposición de la invención

La invención tiene por tanto como objetivo solucionar al menos parcialmente los inconvenientes mencionados anteriormente, relativos a las realizaciones de la técnica anterior.

Para ello, la invención tiene como objeto un procedimiento de fabricación de un módulo con zona hueca por compresión isostática en caliente, que comprende:

- una etapa de realización de un conjunto que comprende elementos superpuestos que definen la zona hueca, realizándose dicho conjunto de manera que se forma una cubierta estanca que encierra dicha zona hueca, que comprende al menos un elemento de obturación fusible que separa dicha zona hueca del exterior del conjunto; seguida de

- una etapa de compresión isostática en caliente de dicho conjunto, realizada de manera que se obtiene una soldadura por difusión de sus elementos, realizándose esta etapa haciendo evolucionar las condiciones de temperatura y de presión de manera que éstas provocan, en el transcurso de esta etapa, una ruptura de dicho elemento de obturación fusible que permite que el gas de presurización penetre en dicha zona hueca.

Así, la etapa de compresión isostática en caliente comprende una primera fase que precede a la ruptura del elemento de obturación, fase durante la cual los elementos del conjunto empiezan a soldarse en las superficies de contacto, por difusión, sin que el gas de presurización pueda penetrar en la zona hueca y perturbar esta soldadura en las superficies de contacto. La soldadura observada durante esta primera fase es suficiente para obtener la estanqueidad en las superficies de contacto, pero presenta una resistencia mecánica baja, que se prevé consolidar mediante la realización de una segunda fase de compresión posterior. Antes del inicio de esta segunda fase de compresión, las condiciones de temperatura y de presión aplicadas provocan la ruptura del elemento de obturación, que se traduce en la penetración del gas de presurización en la zona hueca, a diferencia de la primera fase. Esto permite aplicar una presión mucho más importante que durante la primera fase, propicia para la obtención de una resistencia mecánica fuerte al nivel de las superficies de contacto soldadas por difusión, sin provocar el aplastamiento de la zona hueca que puede por tanto conservar la geometría deseada. Esto se explica por el hecho de que el interior de la zona hueca se somete a la misma presión que la que se aplica sobre las superficies exteriores del conjunto que experimenta la compresión.

Este principio específico de la presente invención es ventajoso porque proporciona una simplicidad de fabricación, que se traduce en una ganancia en cuanto al tiempo y a los costes de fabricación. Esta ganancia se deriva, sobre todo, de la ruptura de carácter automático del elemento de obturación durante una misma etapa de compresión isostática en caliente, sin que sea necesario extraer el conjunto fuera del recinto de presurización para perforarlo y después volver a introducirlo en el recinto, como sucedía en la técnica anterior titulada *"HIP experiments on the first wall and cooling plate specimens for the EU HCPB blanket"*.

Además, la fiabilidad del procedimiento es satisfactoria, ya que la ruptura del elemento de obturación garantiza una comunicación entre el exterior del conjunto y la zona hueca, a diferencia de las operaciones de perforación descritas en la técnica anterior que acaban de mencionarse.

El conjunto puede comprender uno o varios elementos de obturación fusibles, según las necesidades encontradas. A este respecto, se indica que pueden superponerse varios elementos de manera que se cree, tras su ruptura, una misma vía de comunicación entre el exterior del conjunto y la zona hueca.

Además, la invención permite una gran libertad de forma de la zona hueca, que adopta preferiblemente la forma de canales, concretamente si estos están realizados por recorte láser en una chapa. La forma compleja de los canales obtenidos, por ejemplo canales "3D", conduce ventajosamente a la obtención de un módulo compacto y con muy buen rendimiento térmico cuando se utiliza en el interior de un intercambiador, y con muy buen rendimiento en la mezcla de reactivos químicos cuando se utiliza en el interior de un intercambiador/reactor.

Por último, no requiere soldadura fuerte para ensamblar los elementos, por lo que no presenta problemas en caso de uso de fluidos corrosivos.

Preferiblemente, dichas condiciones de temperatura y de presión se eligen con vistas a realizar una primera fase de compresión a una temperatura T1, una presión P1, durante una duración D1, y después realizar una segunda fase de compresión a una temperatura T2, una presión P2 superior a la presión P1, durante una duración D2, provocándose la ruptura de dicho elemento de obturación fusible entre las fases de compresión primera y segunda. Por presión P1 y P2 se entiende una presión sensiblemente constante a lo largo de las duraciones D1 y D2.

Así, la primera fase de compresión se realiza a una presión menor que permite no obstante obtener la estanqueidad en las superficies de contacto de los elementos del conjunto, sin provocar aplastamiento de la zona hueca. La presión más alta que se pone en práctica durante la segunda fase permite por su parte obtener uniones mecánicas consolidadas en las superficies de contacto. La ruptura del elemento de obturación se efectúa por consiguiente durante la subida de presión. En función de la naturaleza de este elemento de obturación, esta ruptura se efectúa o bien por el efecto de la presión, por estallido, o bien por el efecto de la temperatura, por licuefacción o estallido cuando se aproxima a la temperatura de fusión. A este respecto, se indica que la temperatura del elemento tiene igualmente influencia sobre el instante de su estallido por presión, al igual que la presión tiene una influencia sobre el instante en el que se romperá un elemento que se está licuando.

Sea como sea, cuando el elemento está diseñado para romperse por el efecto de la temperatura, por licuefacción, la temperatura T2 se fija a un valor superior a la temperatura T1, y el punto de fusión del elemento de obturación está comprendido entre T1 y T2. Además, la temperatura T2 puede fijarse a un valor superior a la temperatura T1 incluso cuando el elemento de obturación está previsto para romperse por el efecto de la presión, por estallido, y ello con el fin de favorecer la soldadura por difusión. T1 y T2 puede ser, no obstante, idénticas o cercanas, sin salirse del marco de la invención.

Preferiblemente, y en particular en el caso en el que la aleación usada es a base de hierro, níquel o cobre, o un acero inoxidable, o incluso una aleación a base de titanio, dicha presión P1 está comprendida entre 50 y 200 bar, por ejemplo próxima a 150 bar, y la presión P2 está comprendida entre 1000 y 2000 bar, por ejemplo próxima a 1500 bar. Está claro que las presiones P1 y P2 pueden variar durante D1 y D2 dentro de los límites mencionados anteriormente, aunque de manera preferible son sensiblemente constantes.

Preferiblemente, dichas temperaturas T1 y T2 están comprendidas, cada una, entre 900 y 1200°C.

Preferiblemente, tal como mencionó anteriormente, el elemento de obturación forma un termofusible o un fusible mecánico. En el primer caso, la ruptura del fusible se obtiene cuando se vuelve fluido por el efecto del calor, mientras que en el segundo caso se obtiene al fracturarse por el efecto de la presión. En cada uno de los casos, el fusible roto ya no cumple su función de obturación y permite debido a ello la comunicación de fluido entre la zona hueca y el exterior del conjunto.

Por ejemplo, dicho elemento de obturación adopta la forma de una membrana de grosor medio comprendido entre 0,3 y 0,5 mm.

Preferiblemente, dicho elemento de obturación forma parte integrante de uno de dichos elementos del conjunto, o

bien se añade a uno de estos elementos, por ejemplo mediante soldadura.

Preferiblemente, dicha zona hueca adopta la forma de uno o de una pluralidad de canales de circulación de fluido.

- 5 Preferiblemente, dicho módulo está previsto para equipar un sistema de intercambiador de calor, si bien todas las aplicaciones mencionadas anteriormente son concebibles, sin salirse del marco de la invención.

Preferiblemente, dicho módulo adopta la forma de una placa, al igual que cada uno de dichos elementos constitutivos del conjunto.

10

Otras ventajas y características de la invención se desprenderán de la siguiente descripción detallada no limitativa.

### Breve descripción de los dibujos

- 15 Esta descripción se realizará haciendo referencia a los dibujos adjuntos de los que:

- la figura 1 representa una vista esquemática en perspectiva de un módulo de circulación de fluido obtenido tras la puesta en práctica del procedimiento según un modo de realización preferido de la presente invención;

- 20 - la figura 2 representa una vista en despiece ordenado, en perspectiva, del conjunto destinado a formar dicho módulo de la figura 1, antes de su tratamiento;

- la figura 3 representa una vista, no en despiece ordenado, en perspectiva, del conjunto mostrado en la figura 2;

- 25 - la figura 4 representa una parte del conjunto mostrado en las figuras 2 y 3;

- la figura 5 es una vista en sección tomada a lo largo de la línea V-V de la figura 4;

- 30 - la figura 6 es una gráfica que muestra la evolución de las condiciones de temperatura y de presión aplicadas durante la etapa de compresión isostática en caliente del conjunto;

- la figura 7 representa una vista análoga a la de la figura 5, tras la ruptura del elemento de obturación fusible; y

- las figuras 8 y 9 muestran alternativas de realizaciones para el elemento de obturación fusible.

35

### Exposición detallada de modos de realización preferidos

Haciendo referencia a la figura 1 puede observarse un módulo 1 para sistema de intercambiador de calor, preferiblemente del tipo intercambiador/reactor, por ejemplo previsto para la producción de productos químicos o farmacéuticos. Por ejemplo, este módulo presenta una longitud del orden de 30 cm, una anchura del orden de 10 a 40 15 cm y un grosor del orden de 1 a 2 cm. Sin embargo es concebible cualquier tipo de dimensionamiento que depende de la aplicación del sistema.

El módulo 1, cuyo procedimiento de fabricación específico de la presente invención se describirá a continuación, 45 presenta una forma sensiblemente paralelepípedica, o de placa, atravesada por uno o una pluralidad de canales 2 de circulación de fluido. En el ejemplo representado, está previsto un único canal 2 que presenta una entrada 2a y una salida 2b, entre las que se encuentran una pluralidad de tramos 2' de canal preferiblemente paralelos entre sí. Los tramos 2' se conectan de dos en dos por sus extremos enfrentados. Los tramos 2' de canal pueden ser 50 sensiblemente rectilíneos, o incluso adoptar cualquier otra forma que se considere adecuada, tal como la forma denominada curvada o en zigzag, como se ha representado de manera esquemática mediante la línea discontinua de la figura 1. Además, la sección de estos canales 2 también puede adaptarse en función de las necesidades encontradas. A modo de ejemplo indicativo, puede ser cuadrada, rectangular, o bien incluso de forma evolutiva con el fin de crear un canal "3D".

- 55 Para proceder a la fabricación de este módulo 1, en primer lugar se realiza un conjunto de elementos apilados, indicándose este conjunto de manera general con la referencia 4 en la figura 2.

El apilamiento puede efectuarse sobre un soporte clásico, preferiblemente horizontal, sobre el que se coloca en primer lugar una placa 6 metálica de aleación, por ejemplo de gran conductividad térmica, tal como una aleación rica 60 en cobre, por ejemplo un aleación CuC1.

Sobre la superficie de esta placa 6 se sitúa otra placa 10, mecanizada de manera pasante de forma que se hace aparecer el canal 2. Este mecanizado se efectúa preferiblemente por corte láser pasante de la placa 10 metálica, 65 preferiblemente fabricada de acero inoxidable, por ejemplo un acero inoxidable 316L.

En el ejemplo mostrado, la sección de cada tramo 2' de canal es cuadrada, con un lado que mide aproximadamente

3 mm.

5 A continuación, otra placa 6 sensiblemente idéntica a la primera, de un grosor del orden de 3 mm, cubre la placa 10 ranurada. Por consiguiente, los tramos 2' de canal quedan obturados hacia abajo por la placa 6 inferior y hacia arriba por la placa 6 superior.

10 Una de las particularidades de la presente invención radica en el hecho de que la placa 10 ranurada está equipada con uno o varios elementos de obturación fusibles que separan el canal 2, que constituye la zona hueca, del exterior del conjunto 4 mostrado en la figura 3 en el estado apilado. Más precisamente, están previstos dos elementos de obturación respectivamente al nivel de dos protuberancias 14 de la placa 10 ranurada, dispuestas frente a la entrada y la salida del canal 2 de circulación de fluido.

15 Uno de los elementos 12 de obturación fusibles se detalla en las figuras 4 y 5, entendiéndose que el otro es idéntico o similar, tanto en cuanto a la función como a la estructura. En estas figuras, puede verse en efecto que la protuberancia 14 se sitúa a nivel de la entrada 2a del canal 2. Se realiza una perforación 16 desde el exterior de la placa 10 a través de la protuberancia 14, en dirección al canal 2. No obstante, esta perforación 16 no desemboca en el canal, ya que se conserva un ligamento de material entre ambos, en forma de membrana, con el fin de constituir el elemento 12 de obturación fusible. El diámetro de la perforación 16 es del orden de 2 mm. El ligamento de material que queda, de grosor medio E, preferiblemente determinado por un cálculo de elementos finitos usando las leyes de comportamiento mecánico en caliente del material y las condiciones de temperatura y de presión aplicadas durante la compresión, está preferiblemente comprendido entre 0,3 y 0,5 mm, y aún más preferiblemente es del orden de 0,4 mm. Tal como se detallará a continuación, su grosor se fija de manera que pueda cumplir su función que consiste en garantizar la obturación del canal 2 durante una primera fase de compresión isostática en caliente, y después ceder automáticamente para permitir entonces la introducción del gas de presurización en el canal durante una segunda fase de compresión isostática en caliente.

20 Una vez apiladas las placas 6, 10, éstas se sueldan entre sí por sus periferias, preferiblemente mediante soldadura TIG, con el fin de formar una cubierta estanca que encierra el canal 2 que constituye la zona hueca. En este caso concreto, la cubierta estanca está constituida por tanto por las dos placas 6, la periferia de la placa 10 ranurada que incluye los dos elementos 12 de obturación fusibles, y las soldaduras periféricas con la referencia 18 en la figura 3.

25 Aunque no se ha representado, se indica que puede bastar con la presencia de un solo elemento fusible. El modo de realización preferido mostrado en la figura 3 que consiste en colocar más de un elemento fusible, en particular uno en cada extremo del canal, permite garantizar el procedimiento en caso de que uno de los elementos sea defectuoso.

30 Una alternativa de realización consiste en hacer que el conjunto 4 se deslice al interior de un contenedor que comprende aberturas para dejar que el o los elementos de obturación salgan del mismo. El interior del contenedor es de forma complementaria a la del apilamiento o suficientemente flexible para deformarse durante la compresión isostática en caliente, y transmitir la presión al conjunto 4. Los elementos fusibles que sobresalen hacia el exterior del contenedor se sueldan entonces por su contorno con el fin de hacer estanca la superficie de contacto contenedor/elemento fusible. Esta técnica se prefiere concretamente cuando el módulo deseado comprende varias etapas de circulación de fluido, es decir varios canales superpuestos según la dirección de apilamiento de las placas, obtenidos por el apilamiento de placas ranuradas separadas unas de otras por placas macizas. También se prefiere cuando la periferia de las placas 6 y 10 no puede soldarse, por ejemplo por motivos de compatibilidad metalúrgica.

35 La realización del módulo 1 continúa tratando el conjunto 4 por compresión isostática en caliente. Antes de la compresión se efectúa una desgasificación del apilamiento, mediante bombeo a través de un orificio 20 practicado en la pared de la cubierta, en este caso una de las placas 6, tal como se muestra en la figura 2. Una vez finalizada la desgasificación, el orificio 20 se obtura de manera estanca, mediante un tapón 22, con el fin de obtener la estanqueidad del canal 2 con respecto al exterior del conjunto 4.

40 La compresión del conjunto 4 se realiza en un recinto apropiado (no representado), mediante la aplicación de condiciones de temperatura y de presión que se detallarán a continuación haciendo referencia a la figura 6.

45 Tal como se mencionó anteriormente, en primer lugar se realiza una subida de presión y temperatura de manera que alcanzan respectivamente los valores P1 y T1 en un instante ta. Esta subida puede durar una hora, incluso más aún, entendiéndose que el fusible se mantiene inerte.

50 A partir de este instante ta, se realiza una primera fase de compresión isostática en caliente, durante la cual los valores T1 y P1 se mantienen respectivamente a aproximadamente 1100°C y 150 bar. Durante esta primera fase, las placas 6, 10 empiezan a soldarse en las superficies de contacto, por difusión, es decir en el estado sólido, sin que el gas de presurización pueda penetrar en el canal 2 y perturbar esta soldadura. La soldadura observada durante esta primera fase, cuya duración D1 es de aproximadamente una hora, es suficiente para obtener la estanqueidad de las superficies de contacto, pero presenta una resistencia mecánica baja, que está previsto consolidar mediante la

## ES 2 547 082 T3

puesta en práctica de una segunda fase de compresión posterior. En este caso, las superficies de contacto mencionadas anteriormente son, evidentemente, las superficies de contacto entre las placas 6 y 10.

5 La presión P1 y la temperatura T1 aplicadas durante esta primera fase no son suficientes para conllevar la ruptura de los elementos 12 de obturación, que resisten eventualmente deformándose ligeramente. Por otro lado, es la conservación de estos elementos lo que garantiza que el gas de presurización no perturbe la soldadura en las superficies de contacto.

10 La etapa de compresión continúa con una nueva subida de temperatura y presión, respectivamente a un valor T2 del orden de 1200°C, y un valor P2 del orden de 1500 bar.

15 Es en el transcurso de esta subida de presión, cuya duración D2 puede ser del orden de una a dos horas, cuando cada elemento 12 de obturación fusible se rompe por estallido por el efecto de la presión aplicada, cumpliendo este último entonces su función de fusible mecánico. A partir del instante de ruptura tr, la estanqueidad de la cubierta queda rota y se permite la comunicación entre el exterior del conjunto 4 y el canal 2. El gas de presurización puede así penetrar en el canal 2 a través del orificio 24 de unión, dicho de otro modo, el paso formado a nivel del elemento 12 previsto inicialmente, tal como se esquematiza en la figura 7. Preferiblemente, tr es próximo a tb.

20 Una vez alcanzadas la presión P2 y la temperatura T2, en el instante tc, se inicia la segunda fase de compresión. Puede durar aproximadamente dos horas, hasta el instante td correspondiente al inicio del enfriamiento. Permite aplicar una presión mucho más importante que durante la primera fase, propicia para la obtención de una resistencia mecánica fuerte al nivel de las superficies de contacto soldadas por difusión, sin provocar el aplastamiento del canal 2 que puede por tanto conservar la geometría deseada. Esto se explica por el hecho de que el interior de este canal 2 está sometido en este caso a la misma presión que la que se aplica sobre las superficies exteriores del conjunto que experimenta la compresión.

25 Se obtiene entonces el módulo 1, denominado monolítico, correspondiente a un bloque macizo, por ejemplo de múltiples materiales, atravesado por un canal 2 de circulación de fluido.

30 Antes del uso del módulo 1, cada orificio 24 de unión vuelve a calibrarse mediante mecanizado para permitir una entrada/salida satisfactorias del fluido en el módulo, o bien se secciona este último según los planos 28 esquematizados en las figuras 3, 4 y 7, para hacer aparecer la entrada 2a / la salida 2b.

35 Durante el uso del módulo en un sistema de intercambiador térmico, el fluido se alimenta por ejemplo por un colector de admisión (no representado) situado en la entrada 2a del canal 2. El fluido circula a continuación serpenteando por el canal 2, antes de escapar de este último por la salida 2b, y penetrar por ejemplo en un colector de escape (no representado) del sistema.

40 Haciendo referencia ahora a la figura 8, se muestra una alternativa de realización para el elemento 12 de obturación fusible. Éste ya no forma parte integrante de la placa 10 ranurada, sino que se añade sobre la misma, preferiblemente mediante soldadura. Puede o bien deslizarse por un orificio previsto para ello, o bien añadirse sobre un canto de la placa, tal como se representa en la figura 8. Este elemento puede adoptar la forma de un fusible mecánico análogo al descrito anteriormente, o bien la forma de un termofusible cuyo punto de fusión está comprendido entre T1 y T2 con fin de que se rompa durante la subida de temperatura iniciada en el instante tb. Puede concebirse cualquier material, tal como cobre, o incluso una mezcla eutéctica.

45 En la figura 9 se combinan las dos soluciones anteriores dado que está prevista una placa 10 ranurada con el ligamento 12 de material frente a la salida del canal 2 y de la perforación 16, así como otro elemento 12a que obtura un orificio 29 pasante practicado en un contenedor 30 que aloja el conjunto. En este caso práctico, el orificio 29 se sitúa en la continuidad de la perforación 16. Los dos fusibles están previstos en este caso para romperse, cada uno, durante la subida de temperatura y presión iniciada en la instante tb, de manera simultánea o sucesiva, de modo que en el instante tc del inicio de la segunda fase de compresión, el canal 2 se comunica con el exterior de la cubierta 30. Preferiblemente, el fusible 12a es un termofusible y el fusible 12 es un fusible mecánico; en este caso, el termofusible protege el fusible 12 durante la fase de baja presión aislándolo de la presión. Esto tiene como objetivo disminuir el riesgo de ruptura prematura del fusible 12 mecánico si el grosor de ligamento E es menor de lo previsto.

Evidentemente, el experto en la técnica puede aportar diversas modificaciones a la invención que acaba de describirse, únicamente a modo de ejemplos no limitativos.

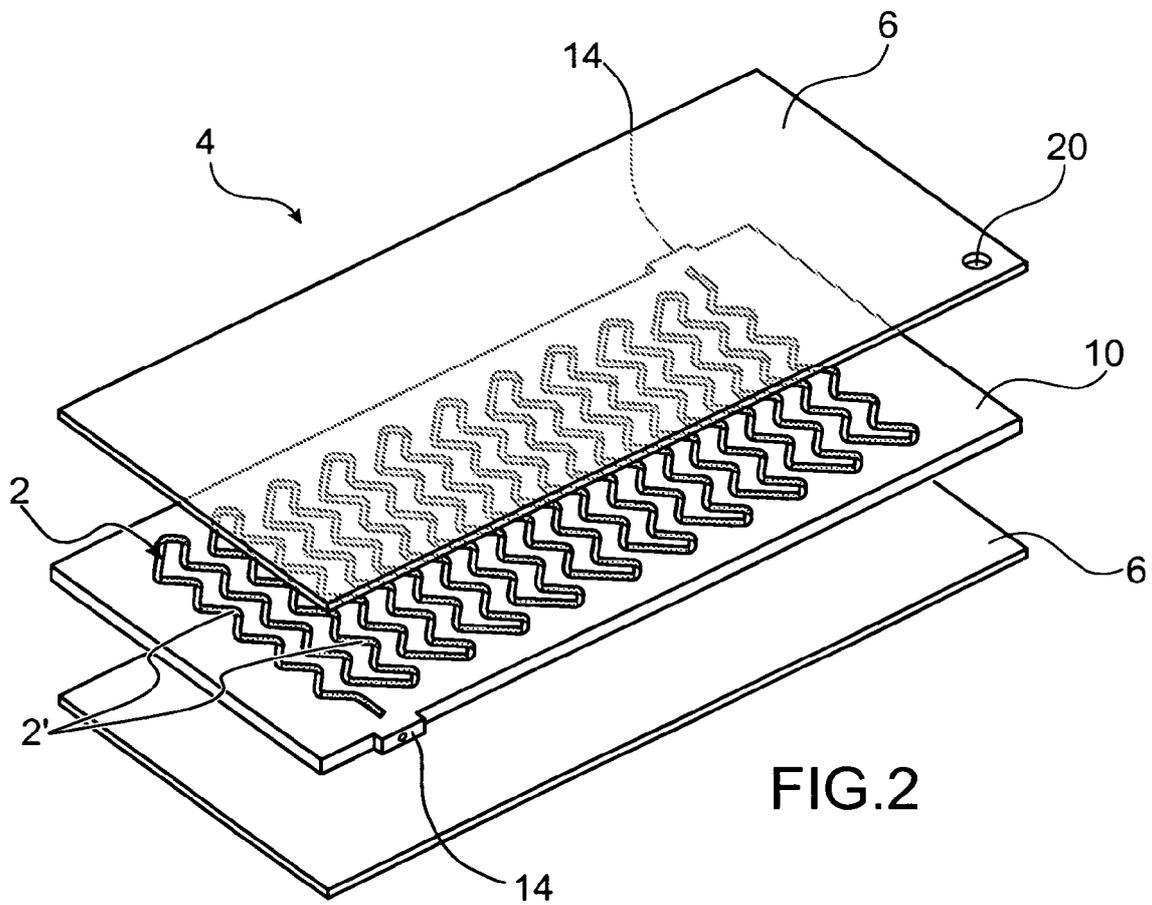
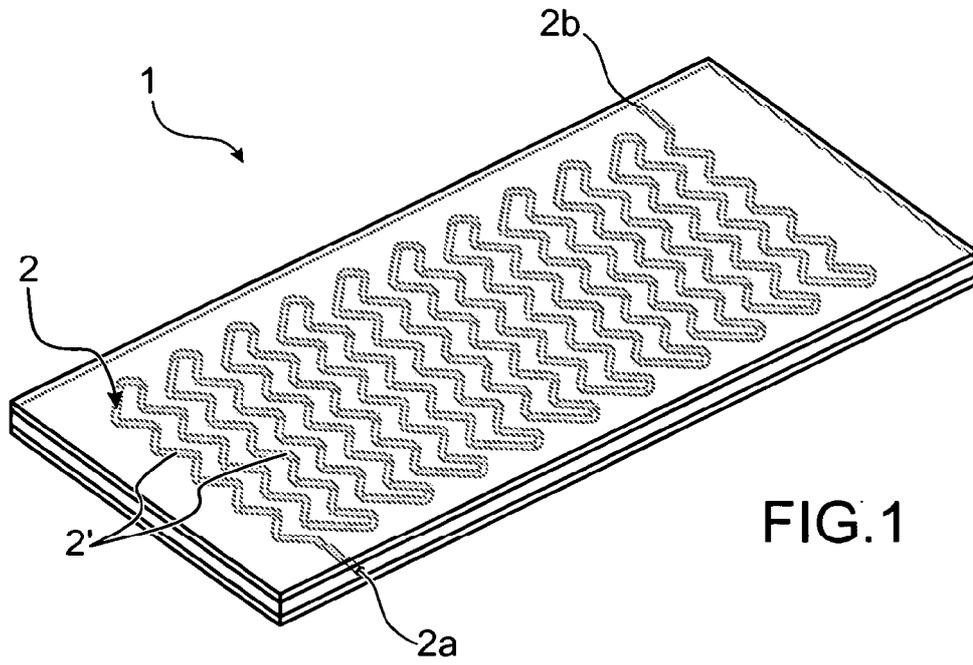
**REIVINDICACIONES**

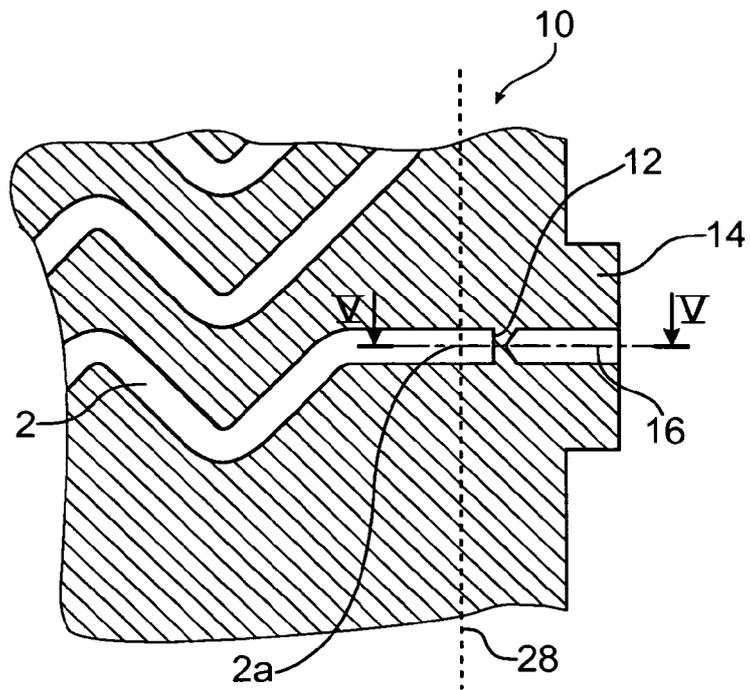
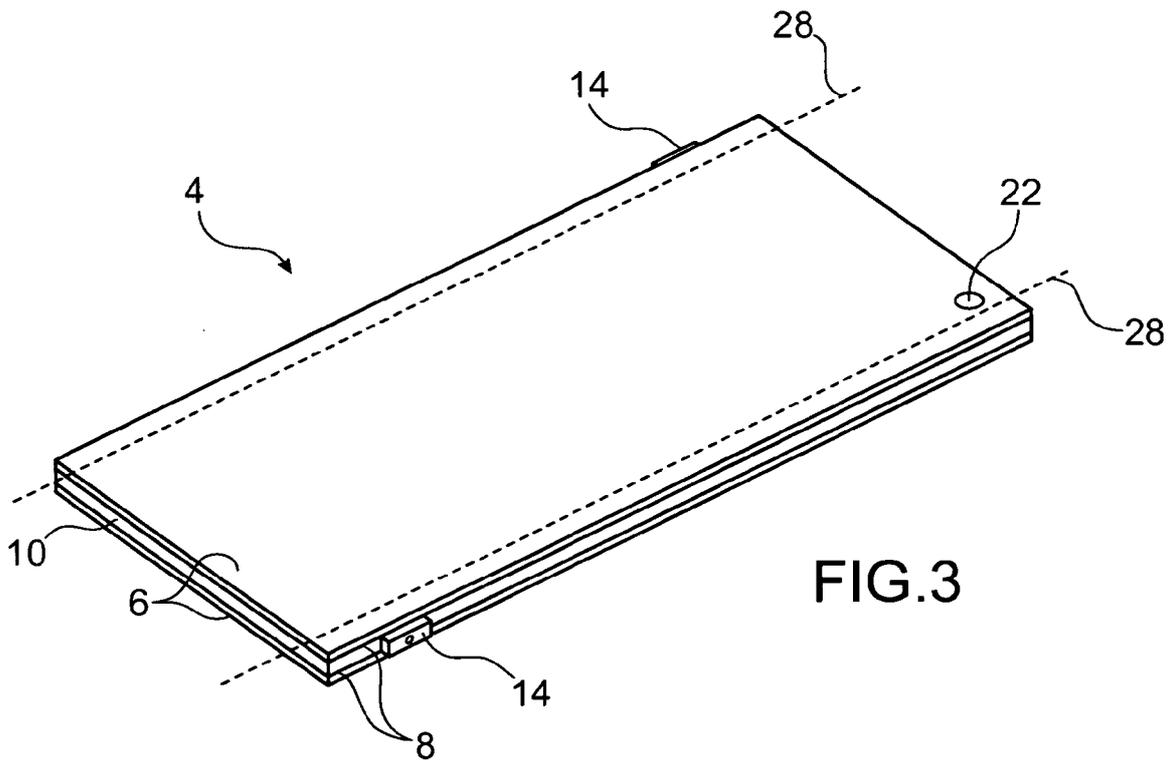
1. Procedimiento de fabricación de un módulo (1) con zona (2) hueca por compresión isostática en caliente, que comprende:
- 5
- una etapa de realización de un conjunto (4) que comprende elementos (6, 10) superpuestos que definen la zona hueca, realizándose dicho conjunto de manera que se forma una cubierta estanca que encierra dicha zona hueca, que comprende al menos un elemento (12) de obturación fusible que separa dicha zona (2) hueca del exterior del conjunto; seguida de

10

  - una etapa de compresión isostática en caliente de dicho conjunto, realizada de manera que se obtiene una soldadura por difusión de sus elementos, realizándose esta etapa haciendo evolucionar las condiciones de temperatura y de presión de modo que éstas provocan, en el transcurso de esta etapa, una ruptura de dicho elemento (12) de obturación fusible que permite que el gas de presurización penetre en dicha zona (2) hueca.

15
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dichas condiciones de temperatura y de presión se eligen con vistas a realizar una primera fase de compresión a una temperatura T1, una presión P1, durante una duración D1, y después realizar una segunda fase de compresión a una temperatura T2, una presión P2 superior a la presión P1, durante una duración D2, provocándose la ruptura de dicho elemento de obturación fusible entre las fases de compresión primera y segunda.
- 20
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que dicha presión P1 está comprendida entre 50 y 200 bar, y la presión P2 está comprendida entre 1000 y 2000 bar.
- 25
4. Procedimiento según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en el que dichas temperaturas T1 y T2 están comprendidas, cada una, entre 900 y 1200°C.
- 30
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho elemento (12) de obturación forma un termofusible o un fusible mecánico.
- 35
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho elemento (12) de obturación forma parte integrante de uno de dichos elementos del conjunto, o bien se añade a uno de estos elementos.
- 40
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha zona hueca adopta la forma de uno o de una pluralidad de canales (2) de circulación de fluido.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho módulo (1) está previsto para equipar un sistema de intercambiador de calor.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho módulo (1) adopta la forma de una placa.





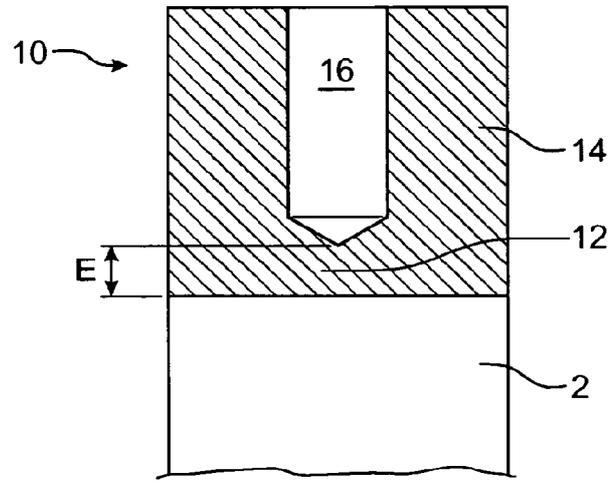


FIG.5

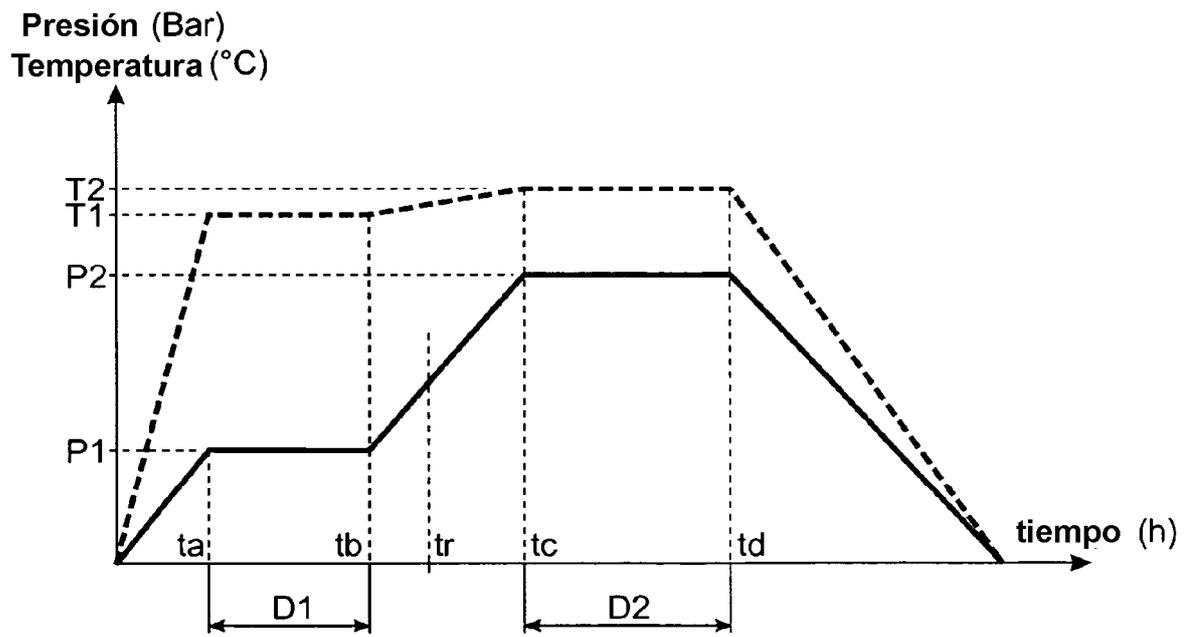


FIG.6

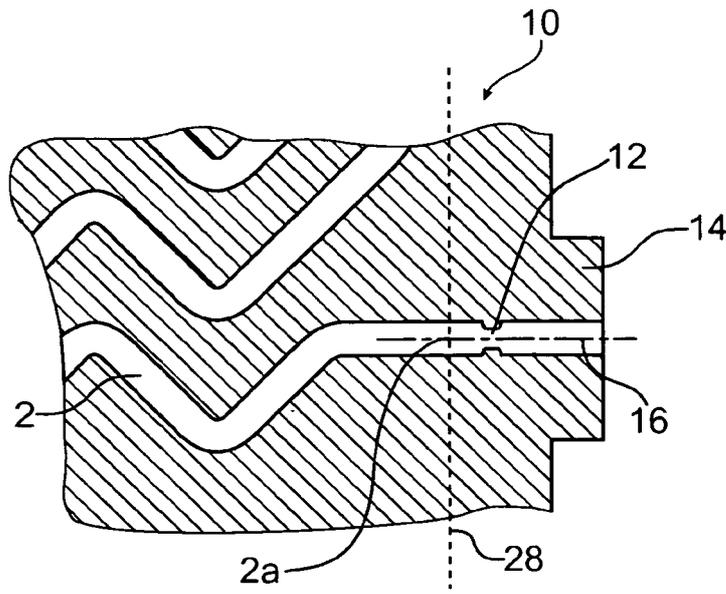


FIG. 7

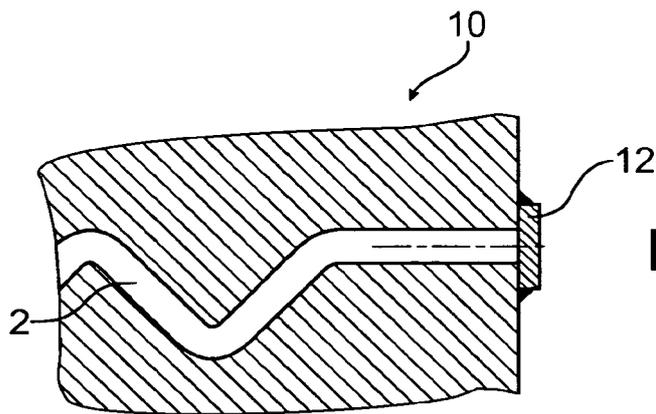


FIG. 8

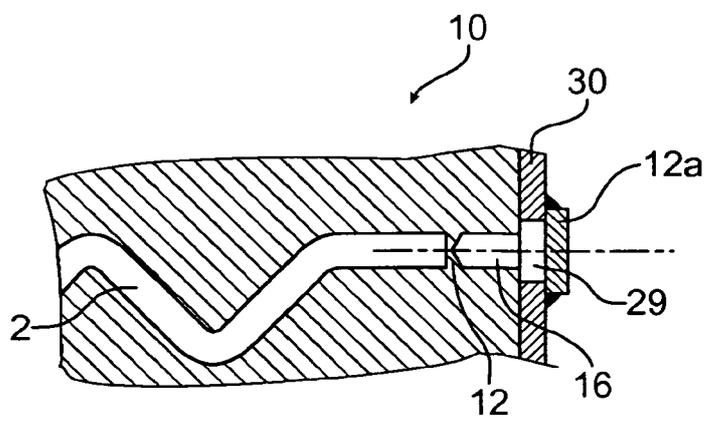


FIG. 9