

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 244**

51 Int. Cl.:

G21B 1/13 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.11.2014 PCT/FR2014/000242**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.05.2015 WO15071554**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2014 E 14806689 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2018 EP 3069352**

54 Título: **Componente de geometría variable para una estructura de gran dimensión y procedimiento de ensamblaje**

30 Prioridad:

15.11.2013 FR 1302625

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

10.05.2018

73 Titular/es:

**ATMOSTAT (50.0%)
31 rue René Hamon
94800 Villejuif, FR y
COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (50.0%)**

72 Inventor/es:

**BUCCI, PHILLIPE y
CONCHON, DENIS**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 667 244 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

Componente de geometría variable para una estructura de gran dimensión y procedimiento de ensamblaje

5 La presente invención hace referencia a un componente de geometría variable de una estructura de gran dimensión, estando dicho componente destinado a estar sometido a una multiplicidad de flujos térmicos y/o un flujo de partículas de gran energía que puede alcanzar al menos un megavatio por metro cuadrado (1 MW/m^2) y a soportar una multiplicidad de tensiones mecánicas y/o térmicas.

10 Se refiere más particularmente a un componente de una pared de un reactor que puede producir un flujo térmico superior a algún megavatio, en concreto, una pared de un reactor de fusión nuclear y/o termonuclear.

La invención se refiere igualmente a un procedimiento económico de fabricación de un componente de geometría variable de este tipo.

15 Los reactores, en concreto, de fusión termonuclear, comprenden generalmente una cámara de vacío recubierta por unos componentes de primera pared que están directamente frente al plasma. Su función es proteger de la radiación térmica y del flojo neutrónico al personal que trabaja cerca de dicho reactor y las instalaciones nucleares que rodean la cámara de vacío. Es por esta razón por lo que las cámaras deben estar diseñadas con unos componentes que
20 tienen una estructura compleja y unas propiedades termomecánicas específicas.

El diseño y/o la fabricación de los componentes para estos reactores son costosos y es difícil conservar una
25 producción en cadena de dichos componentes. Igualmente, la geometría de dichos reactores es extremadamente compleja (ejemplo una geometría toroidal o torocilíndrica). Es por esta razón por lo que estos componentes se fabrican a medida, con el fin de reproducir lo más posible la geometría de dichos reactores.

Para disminuir el coste de la fabricación de dichos componentes, es importante reducir el tiempo de montaje y los
30 sobrecostes asociados, evitar los sobrecostes relacionados con los desechos en el caso de un defecto de fabricación para un componente completo, mejorar el comportamiento mecánico y la resistencia a los fuertes flujos térmicos o a un flujo de partículas de gran energía y permitir una sencillez de fabricación de dichos componentes sobre una cadena de montaje adaptada para un reactor de geometría compleja. Se han realizado numerosos estudios, desafortunadamente, los resultados de estos estudios son difícilmente explotables y comparables entre sí, ya que, bastante a menudo, las maquetas de pruebas tienen unas dimensiones y unas condiciones de consistencias
35 a las tensiones mecánicas y térmicas y a los fuertes flujos de calor poco conocidas y/o diferentes. Además, los reactores tienen a menudo unas geometrías variables y complejas, por ejemplo, una geometría toroidal o torocilíndrica, que hace su montaje difícil y/o que aumenta su tiempo de montaje. Por consiguiente, es difícil apreciar la mejora aportada por la realización de los componentes descritos en el estado de la técnica.

40 Por la publicación WO 2013 017749 se conoce un componente de primera pared para un reactor de fusión nuclear provisto de un apilamiento que comprende sucesivamente un elemento de aleación de cobre, una capa intermedia metálica y un elemento de berilio directamente en contacto con la capa intermedia metálica, siendo dicho componente resistente al fuerte flujo de calor y a las fuertes tensiones termomecánicas.

45 Desafortunadamente, dicho componente está en una sola pieza, lo que hace difícil la gestión de los riesgos relacionados con la fabricación y con la definición de una geometría particular (compleja) relativa al reactor. Además, durante la fabricación de dicho componente, si una de las partes de dicho componente presenta un defecto, naturalmente, es todo el componente el que presenta este defecto, lo que conduce a un sobrecoste de fabricación. Igualmente, durante su ensamblaje en el reactor, es posible, teniendo en cuenta la complejidad de la geometría de los reactores, en concreto, de fusión termonuclear, que los riesgos y los defectos de geometría no se gestionen.
50

Por la publicación europea EP 0 117 136 se conoce un componente que comprende una pluralidad de elementos
55 elementales de cerámica porosa que están soldados a alta temperatura sobre un soporte metálico de gran dimensión. Esta cerámica permite retener el litio metal que permite, por una parte, estabilizar el plasma y enfriar los componentes y, por otra parte, tener un escaso número atómico, con el fin de limitar la contaminación del plasma, pero igualmente de producir *in situ* el tritio necesario para la reacción de fusión. Desafortunadamente, este dispositivo no es un concepto modular, ya que su geometría no puede adaptarse con una geometría compleja de tipo toroidal o torocilíndrica habitualmente utilizada en los reactores de fusión termonuclear. Además, los elementos elementales no están ensamblados y soldados entre sí para obtener una unión atómica directa entre los elementos, sino ensamblado y soldado sobre un soporte de tamaño comparable a una pared. Este soporte conduce a un
60 sobrecoste de fabricación y hace difícil la gestión de riesgos relacionados con los defectos de geometría. De hecho, la ausencia de unión entre elemento elemental conduce a la creación de los plasmas secundarios y/o de los arcos eléctricos que alteran el plasma central. Además, cada elemento elemental está hecho de un solo material, en concreto, de cerámica y no comprende un apilamiento de capa de materiales que comprende al menos una capa de berilio, que es necesaria para la supervivencia del plasma por el hecho de su escaso número atómico.

65 Por la publicación GB 1 418 319 se conoce un componente para un reactor de fusión formado por ensamblaje de un

cierto número de módulo idéntico. Cada módulo está constituido por un solo material. Este dispositivo está destinado a hacer circular litio con un enfriamiento helio y es necesario para la producción y la recuperación de litio *in situ* necesaria para las reacciones de fusión. Desafortunadamente, dicho componente no comprende un apilamiento de capa de materiales que comprende al menos una capa de berilio, que es necesaria para la supervivencia del plasma por el hecho de su escaso número atómico.

Por la publicación de los Estados Unidos US 2012 0250812 se conoce un componente (230) para un reactor de fusión de carburo de silicio ensamblados por soldadura fuerte a una estructura metálica en el interior de la que circula un fluido caloportador. Este componente comprende un 80 % de carburo de silicio y un 20 % de óxido de berilio. Desafortunadamente, este componente está desprovisto de una estructura modular.

Por la publicación europea EP 0 856 374 se conoce un componente que comprende una capa plegable de cobre y una plaqueta de berilio ensamblada por soldadura de difusión. Dicho componente comprende, además, una capa de protección depositada por PVD, con el fin de mejorar las propiedades mecánicas y la consistencia bajo alto flujo térmico. Desafortunadamente, este componente está desprovisto de una estructura modular.

Ninguno de los documentos del estado de la técnica propone un componente para un reactor de fusión capaz de soportar un fuerte flujo térmico asociando el coste de la fabricación, las prestaciones de dicho componente, la gestión de riesgo relacionada con los desechos de las piezas, el tiempo de montaje de dicho componente y la complejidad de la geometría (toroidal o torocilíndrica).

La presente invención tiene como objetivo, por lo tanto, remediar estos inconvenientes. Más particularmente, la presente invención tiene como objetivo proponer y realizar un componente de geometría variable de una estructura de gran dimensión, en concreto, un reactor de fusión termonuclear, destinado a estar sometido a una multiplicidad de flujos térmicos y/o un flujo de partículas de gran energía, que puede alcanzar al menos 1 MW/m^2 y a soportar una multiplicidad de tensiones mecánicas y/o térmicas que remedia los problemas anteriormente mencionados para gestionar mejor los riesgos relacionados con el ensamblaje de dichos componentes, con su complejidad geométrica (toroidal o torocilíndrica), con el tiempo de montaje y con los sobrecostes de fabricación.

Con la lectura de la descripción que sigue, los términos siguientes tendrán las siguientes definiciones:

- Soldadura de difusión: Esta es una técnica de ensamblaje permanente en el estado sólido, que consiste en servirse del fenómeno de difusión de los átomos para crear una unión fuerte entre dos elementos dispuestos uno junto al otro o uno al lado del otro o uno frente al otro. Se hace ya sea por compresión isostática en caliente o por compresión uniaxial, siendo el objetivo asegurar la continuidad de la materia para ensamblar.
- Capa de material: conjunto más o menos homogéneo comprendido entre dos superficies sustancialmente paralelas caracterizadas por un espesor y eventualmente una longitud y/o anchura.
- Elementos elementales o modulares: ladrillos elementales de tamaño más pequeño, huecos y/o macizos caracterizados por un espesor y/o una longitud y/o una anchura y, en concreto, por una geometría.
- Flujos térmicos o flujo de calor: cantidad de calor recibida por un cuerpo o un componente por unidad de tiempo. Para la presente invención, el flujo de calor está comprendido entre $0,5 \text{ MW/m}^2$ y 10 MW/m^2 .
- Partículas de grandes energías: electrones, iones, neutrones, gammas o fotones, rayo X, los positrones, los protones, los alfas, etc.
- Tensiones mecánicas: tensión que es el resultado de la consideración de las fuerzas interiores que nacen en un componente cuando se le deforma mecánicamente.
- Tensiones térmicas: tensión que es el resultado de la consideración de fuerzas interiores que nacen en un componente cuando se le deforma térmicamente.
- Apilamiento: disposición compacta de las capas de materiales las unas después de las otras y/o las unas al lado de las otras y/o las unas sobre las otras en un componente, con el fin de tener la mayor resistencia de dicho componente a las tensiones mecánicas y térmicas.
- Componente: estructura de al menos 50 cm de ancho y/o de al menos 1 m^2 de superficie.

La invención tiene como objeto un componente para una estructura de gran dimensión, en concreto, para un reactor de fusión termonuclear, destinado a estar sometido a una multiplicidad de flujos térmicos y/o un flujo de partículas de gran energía, que puede alcanzar algún megavatio por metro cuadrado, en concreto, al menos $0,5 \text{ MW/m}^2$ o 1 MW/m^2 y a soportar una multiplicidad de tensiones mecánicas y/o térmicas. Dicho componente está constituido principalmente por un ensamblaje de una multiplicidad de elementos elementales de tamaño más pequeño de al menos 1/100 del tamaño de dicho componente, ensamblados por soldadura de difusión, estando cada elemento elemental provisto de un apilamiento que comprende una multiplicidad de capas de materiales que incluye al menos una capa de berilio.

Ventajosamente, los elementos elementales tienen un tamaño comprendido entre 1/100 y 1/10 del tamaño del componente.

Según diferentes características de la invención, los elementos elementales son de geometría sustancialmente idéntica o diversa y/o múltiple.

Según otras características de la invención, al menos un elemento elemental comprende al menos un medio destinado a la fluencia de un fluido y/o al transporte de la fluencia de presión y/o al intercambio de la energía a través de una pared.

5 Preferentemente, al menos un elemento elemental comprende al menos un circuito hidráulico y al menos un medio de obturación.

10 Ventajosamente, el componente según la invención comprende, además, al menos un medio de soporte que comprende al menos un medio de canalización y al menos un medio de interconexión, estando dicho medio de soporte soldado a los elementos elementales.

Ventajosamente, un reactor, en concreto, de fusión termonuclear comprende una cubierta de materiales, dicha cubierta comprende una multiplicidad de componentes según la invención.

15 La invención tiene como objetivo igualmente un procedimiento de ensamblaje de un componente la invención comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas sucesivas:

- recortar al menos una estructura (6) de al menos 1 m² provista de al menos una capa de materiales (3),
- 20 - realizar, por apilamiento de una multiplicidad de capas de materiales (3), un elemento elemental (4) de tamaño más pequeño de al menos 1/100 del tamaño de dicha estructura (6),
- Reunir dichos elementos elementales (4) uno junto al otro para definir una geometría elegida,
- ensamblar por soldadura por difusión dichos elementos elementales (4) según la geometría elegida para formar un componente (1) de tamaño inferior o igual al tamaño de la estructura (6).

25 Ventajosamente, el procedimiento de ensamblaje según la invención comprende, además, una etapa que consiste en preensamblar las capas de materiales del apilamiento por soldadura de difusión, de modo que se formen unas uniones fuertes entre las capas de materiales del apilamiento.

30 Ventajosamente, se realiza una prueba de estanquidad después del procedimiento de soldadura de difusión de los elementos elementales y se realizan igualmente una restitución de mecanizado seguido de una limpieza.

Ventajosamente, los elementos elementales se mecanizan de forma que se les dé una forma elegida para crear unas conexiones entre los medios, que permitirán que se vehicule un fluido en cada elemento elemental.

35 Ventajosamente, el procedimiento según la invención comprende una etapa suplementaria que consiste en el ensamblaje de al menos una capa de berilio.

Otras características y ventajas de la invención tomadas sola o en combinación, se mostrarán con la lectura de la descripción detallada que sigue para la comprensión de la que se hará referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- 40 - la figura 1 es una representación esquemática de una estructura que define un componente de una pared interna que corresponde a la primera pared de un reactor;
- la figura 2 es una representación esquemática de un componente de geometría variable objeto de la presente invención;
- 45 - la figura 3 es una representación esquemática de un elemento elemental que constituye el componente de geometría variable objeto de la presente invención.

50 Con referencia a la figura 1, una estructura (6), de algunos centímetros cuadrados, en concreto, de al menos 1 metro cuadrado (m²) de un componente (1) de primera pared de un reactor, en concreto, de fusión termonuclear. Esta estructura (6) comprende al menos una capa de materiales y en algunos casos, está provisto de un apilamiento que comprende una multiplicidad de capas (3) de materiales que incluye al menos una capa de berilio (2).

Particularmente, dicha estructura (6) comprende un apilamiento de al menos tres capas de materiales que incluye una capa de berilio.

55 Los espesores de las capas de materiales se eligen en función de la naturaleza de las tensiones mecánicas y/o térmicas experimentada por el componente (1) y, en concreto, en función de flujos térmicos y/o de las partículas (las partículas de energía superior a 30 kilo electronvoltios). Un modelo de cálculo de estructura de materiales, que tiene en cuenta la estructura de material y la naturaleza de las tensiones y de los flujos recibidos por dicho material, permite determinar los espesores de las capas de materiales necesarios para constituir el componente (1).

60 El apilamiento comprende, en concreto, una capa de material de aleación de cobre, una capa de materiales de acero austenítico, un circuito de enfriamiento, una capa intermedia metálica constituida por un metal de transición blando y dúctil sobre el que se dispone una capa intermedia de níquel.

65 En algunos casos, la capa reductora de las tensiones mecánicas puede ser de cobre y el apilamiento puede incluir,

entre otro, una capa intermedia adicional, constituida por una aleación de níquel y de cobre, dispuesta entre la capa intermedia metálica y la capa reductora de las tensiones mecánicas. Ventajosamente, la aleación de cobre puede ser una aleación que comprende el cobre, el cromo y el circonio.

5 Las diferentes capas que constituyen el apilamiento están ensambladas por soldadura de difusión para establecer unas uniones fuertes entre las capas metálicas. De hecho, la soldadura de difusión permite ensamblar las capas metálicas de manera permanente en el estado sólido. La soldadura de difusión utilizada para el ensamblaje de las capas es la soldadura de difusión asistida por compresión isostática en caliente o por compresión uniaxial, de modo que se asegure la continuidad de la materia para ensamblar.

10 Con referencia a la figura 2, al menos una estructura (6), de al menos 1 m^2 , en concreto, varias estructuras (6) de naturaleza diversa, provista de al menos una capa (3) de materiales, se corta en varios trozos de tamaño de al menos $1/100$ de su tamaño. Estos trozos se reúnen a continuación, luego se ensamblan para formar un elemento elemental (4) tal como se representa en la figura 3. Cada elemento elemental (4) puede tratarse individualmente para mejorar las prestaciones físico-químicas, en concreto, térmicas y termomecánicas. Dichos elementos elementales (4), incluido las capas de materiales que los constituyen, se reúnen los unos al lado de los otros o los unos sobre los otros, en concreto, uno junto al otro, para definir una geometría elegida en función de la aplicación y/o de la geometría de la estructura de destino. Por ejemplo, para los reactores de fusión de tipo Tokamak, de geometría toroidal, la estructura de destino es una cubierta interior cuya geometría puede estar definida por una forma tórica. Dichos elementos elementales (4) se ensamblan, a continuación, según un procedimiento de soldadura por difusión según la geometría de la estructura de destino definida para formar otra estructura nueva de tamaño relativamente diferente del tamaño de la estructura (6) de partida, en concreto, un tamaño inferior o igual al tamaño de la estructura (6). Esta nueva estructura formada se llama componente (1). Este componente (1) puede tener una geometría variable.

25 El componente (1) está destinado a formar una estructura de gran dimensión, en concreto, un sistema de cubierta (primera pared) de un reactor, en concreto, de un reactor de fusión termonuclear. El componente (1) está destinado a estar sometido a una multiplicidad de flujos térmicos y/o un flujo de partículas de gran energía, que puede alcanzar algún megavatio por metro cuadrado, en concreto, al menos $0,5 \text{ MW/m}^2$ o 1 MW/m^2 , y, sobre todo, a soportar una multiplicidad de tensiones mecánicas y/o térmicas.

30 El componente (1) está provisto de un apilamiento que comprende una multiplicidad de capas (3) de materiales que incluye al menos una capa de berilio (2). El componente (1) está constituido principalmente por un ensamblaje de elementos elementales (4) de tamaño más pequeño de al menos $1/100$ del tamaño de dicho componente (1), reunidos uno junto al otro y/o los unos al lado de los otros y ensamblado según un procedimiento de soldadura por difusión atómica. Cada elemento elemental está provisto de un apilamiento que comprende una multiplicidad de capas (3) de materiales que incluye al menos una capa de berilio (2). Las diferentes capas de materiales (3) están ensambladas por soldadura de difusión.

35 En la presente invención, el término "tamaño de al menos $1/100$ " corresponde al tamaño mínimo que puede tener un elemento elemental (1), ya que, por debajo de este tamaño, es difícil integrar en el elemento elemental, un circuito de enfriamiento. No obstante, el tamaño de los elementos elementales (3) es inferior a $1/5$, ya que hacen falta varios trozos de elementos elementales (3) para constituir el componente (1).

45 Ventajosamente, los elementos elementales (4) tienen un tamaño comprendido entre $1/100$ y $1/10$ del tamaño del componente (1).

Según la invención, el componente (1) comprende 20 elementos elementales de tamaño diverso u homogéneo.

50 Según otras características de la invención, el componente (1) está formado por el ensamblaje de 100 elementos elementales (3), preferentemente 50 elementos elementales (3).

55 El ensamblaje del componente (1) se hace principalmente en dos etapas. La primera etapa, también llamada la etapa de preensamblaje, consiste en ensamblar las capas de materiales (3) por apilamiento para definir un elemento elemental (4). Este preensamblaje de las capas de materiales (3) se hace por soldadura de difusión asistida por compresión isostática en caliente (CIC) o por soldadura uniaxial para formar unas uniones fuertes entre las capas de materiales (3) ensambladas.

60 La segunda etapa o etapa de finalización, consiste en ensamblar los elementos elementales (4), por soldadura de difusión, uniaxial o asistida por compresión isostática en caliente, para formar un componente (1).

Este ensamblaje en dos etapas permite reducir los tiempos de montaje y los costes asociados, pero igualmente reducir los costes relacionados con el desecho de los elementos elementales si se constata un defecto. Por ejemplo, si un componente (1) se fabrica con 20 elementos elementales (4) y si el 20º elemento elemental presenta un defecto, es este 20º elemento elemental el que va a desecharse y el resto de los 19 elementos elementales se conservan.

Este procedimiento en dos etapas permite igualmente reducir la oxidación de los elementos elementales y/o de las capas de materiales. De hecho, todos los elementos elementales (4) y/o capas de materiales (3) que constituyen dichos elementos elementales (4) están soldados por difusión asistida por compactación isostática en caliente en un recinto en una vez, con un tiempo de ensamblaje reducido, lo que permite conservar las propiedades térmica y termomecánicas de los materiales que constituyen el componente (1).

Esta fabricación en dos etapas presenta la ventaja igualmente de que tiene una tasa de fallo escasa, ya que se realizan muy poca complejidad o secuencias de ensamblajes con unos movimientos sencillos.

El procedimiento de soldadura por difusión atómica está ampliamente descrito en el estado de la técnica. Consiste, en concreto, en servirse del fenómeno de difusión de los átomos para crear una unión. Si este procedimiento no presenta generalmente la ventaja de una gran productividad, presenta bastantes otras ventajas relacionadas con la ausencia de microporosidad y de segregación, con la ausencia de discontinuidades, con la ausencia de deformación masiva y casi ausencia de tensiones residuales y, por lo tanto, posibilidad de un ensamblaje de precisión. Este procedimiento de soldadura por difusión presenta igualmente unas ventajas relacionadas con el alto nivel de resistencia mecánica de la interfaz (tensión de rotura en general superior igual a la tensión de rotura del menos resistente de los materiales del ensamblaje).

Todas las capas de materiales y todos los elementos elementales (4) ensamblados por soldadura de difusión están sometidos al mismo ciclo termomecánico. Por lo tanto, puede ser necesario completar o volver a hacer el tratamiento térmico.

En el caso de un reactor de fusión termonuclear, el sistema de cubierta está constituido por una multiplicidad de componentes (1). El componente (1) formado según la invención confiere al plasma un límite físico contribuyendo al mismo tiempo a la protección térmica y nuclear de la cámara de vacío y del componente externo (primera pared) de la máquina. El componente (1) constituye, por lo tanto, un componente (1) de primera pared de un reactor, en concreto, de fusión termonuclear o de un reactor susceptible de liberar unos flujos de calor considerable de más de 1 MW/m^2 . Frente al plasma ultracaliente y sometido a unas fuerzas electromagnéticas elevadas que interactúan con los principales sistemas y componentes del reactor, la cubierta comprende una multiplicidad de componentes (1). Cada componente (1) está formado por un ensamblaje de elementos elementales (4) soldados según un procedimiento de soldadura por difusión, en concreto, asistida por compresión isostática en caliente (CIC). El componente (1) es, sin lugar a dudas, el componente más crítico de un reactor, en concreto, de fusión termonuclear y técnicamente el más delicado.

Para garantizar la presencia del berilio frente al plasma, la capa de berilio se ensambla en último lugar por soldadura de difusión asistida por compresión isostática en caliente. Esta etapa suplementaria confiere al componente (1), una estructura propia, de modo que se evite cualquier clase de contaminación del plasma en el reactor.

Según otras características de la invención, el componente (1) mide 1 metro x 1,5 metro y pesa hasta 4,5 toneladas. Estas dimensiones exigen no solamente un sistema de telemanipulación particularmente sofisticado en previsión de las operaciones de mantenimiento requeridas en el transcurso de la explotación, sino igualmente un abordaje delicado para las operaciones de ensamblajes de dichos componentes (1) para formar una estructura de gran dimensión (el recinto del reactor), teniendo en cuenta las enormes fuerzas electromagnéticas en juego en un reactor, en concreto, de fusión termonuclear.

Según otro modo de realización, los elementos elementales (4) que constituyen el componente (1) son de geometría idéntica.

Según otras características de la invención, los elementos elementales (4) tienen unas geometrías diversa y/o múltiple con un tamaño de al menos $1/100$ del tamaño del componente (1), pero siendo dicho tamaño, no obstante, inferior a $1/10$ del tamaño del componente (1).

Ventajosamente, cada elemento elemental (4) comprende al menos un medio (5) destinado a la fluencia de un fluido y/o al transporte de la fluencia de presión y/o al intercambio de la energía a través de una pared. Este medio (5) se integra en cada elemento elemental durante el ensamblaje por difusión asistido por compresión isostática (etapa 1), luego finalizado durante el ensamblaje de los elementos elementales (etapa 2).

Ventajosamente, cada elemento elemental (4) comprende al menos un circuito hidráulico y al menos un medio de obturación. En el caso de una geometría diversa o múltiple, los elementos elementales tienen unas formas diferentes, en concreto, unas geometrías que se imbrican fácilmente. Este es el caso, por ejemplo, de un adoquinado.

Eventualmente, el componente (1) puede comprender, además, un medio de soporte que comprende al menos un medio de canalización y al menos un medio de interconexión, estando dicho medio de soporte soldado a los elementos elementales (4). Este medio de soporte permite interconectar varios circuitos hidráulicos de los elementos elementales (4).

En el caso de un reactor de fusión de tipo tórico, la primera pared está compuesta por una pluralidad de los componentes (1) según la invención. Cada componente (1) tiene una geometría adaptada de manera que se fije fácilmente a una estructura poloidal o toroidal o torocilíndrica, que constituye el armazón estructural de cada panel de primera pared, a través de la que circula el agua de enfriamiento. En función de su posición en el interior de la cámara de vacío del reactor, estos componentes (1) están sometidos a diferentes flujos térmicos que pueden alcanzar algún megavatio.

El componente (1) según la invención está diseñado principalmente para soportar unos flujos térmicos que pueden alcanzar al menos 1 MW/m^2 , en concreto, unos flujos térmicos del orden de 7 MW/m^2 .

Particularmente, el procedimiento de ensamblaje de los componentes (1) de geometría variable según la invención comprende las siguientes etapas sucesivas:

- en un primer tiempo, una estructura (6), de al menos 1 m^2 , provista de un apilamiento que comprende una multiplicidad de capas (3) de materiales que incluye al menos una capa de berilio (2) se corta en una multiplicidad de elementos elementales (4) de tamaño más pequeño de al menos 1/100 del tamaño de dicha estructura (6). En algunos casos, dichos elementos (4) pueden tratarse individualmente. Cada elemento elemental (4) puede comprender unos medios de canalización, unos medios hidráulicos, unos medios de enfriamiento y bastantes otros medios, útiles para el enfriamiento del reactor.
- en un segundo tiempo, dichos elementos elementales (4) se reúnen uno junto al otro para definir una geometría elegida. La geometría se elige en función del destino, en concreto, de la naturaleza del reactor.
- En tercer lugar, se procede a un ensamblaje según un procedimiento de soldadura por difusión atómica de dichos elementos elementales (4) según la geometría elegida para formar un componente (1) de tamaño considerable.

El procedimiento de tres etapas se puede alargar o modificar incluyendo otras etapas y/o una prueba de estanquidad. Esta prueba de estanquidad se puede realizar después del procedimiento de soldadura por difusión atómica de los elementos elementales (4).

Se puede añadir otra etapa al procedimiento anteriormente descrito. Se trata de soldar los elementos elementales con un medio de soporte. Este medio de soporte puede ser una caja de agua de mecanizado en un bloque de acero austenítico.

Según otras características de la invención, está soldado al menos un obturador a al menos un medio de soporte por soldadura, por un electrodo de tungsteno y un gas de plasma inerte con o sin metal de aporte o por láser pulsado o continuo o por haz de electrón. El medio de soporte puede ser una caja de agua provista de al menos un medio de canalización y/o de circulación del agua.

Ventajosamente, los elementos elementales (4) están ensamblados de forma permanente por una soldadura de difusión asistida por compresión isostática en caliente.

Los elementos elementales pueden estar mecanizados para darles una forma elegida para crear las conexiones entre los medios (5) destinados a la fluencia de un fluido y/o al transporte de la fluencia de presión y/o al intercambio de la energía a través de una pared, que permitirán, por ejemplo, que se vehicule un fluido en cada elemento elemental (4) y que se enfríe.

El dispositivo según la invención presenta la ventaja de que ofrece unas posibilidades de controlar mejor los riesgos de ensamblaje de los componentes (1) para obtener una estructura de gran dimensión que responde a la geometría compleja y a las especificaciones de los reactores, en concreto, de fusión termonuclear y a la complejidad de fabricación de un componente (1) de este tipo.

Por lo tanto, se ve que es posible realizar de forma industrial un componente (1) de primera pared de un reactor, en concreto, de fusión termonuclear, fiable capaz de soportar unos flujos térmicos que pueden alcanzar al menos 1 MW/m^2 .

Contrariamente a los prejuicios que consistían en creer que es imposible diseñar un componente para unos reactores de fusión que pueden soportar unos fuertes flujos térmicos variables y un fuerte flujo de partículas de gran energía que puede alcanzar al menos 1 MW/m^2 , la invención presentada más arriba permite mostrar que fabricando un componente (1) descrito según la invención, es posible resolver el problema objeto de la presente invención.

La presente invención no está limitada de ninguna manera a los modos de realización descritos y representados, sino que el experto en la materia sabrá aportarle cualquier variante conforme con el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Componente (1) para una estructura de gran dimensión, en concreto, para un reactor de fusión termonuclear destinado a estar sometido a una multiplicidad de flujos térmicos y/o a un flujo de partículas de gran energía, que puede alcanzar algún megavatio por metro cuadrado, en concreto, al menos 0,5 MW/m² o 1 MW/m² y a soportar una multiplicidad de tensiones mecánicas y/o térmicas, **caracterizado por que** dicho componente (1) está constituido principalmente por un ensamblaje de una multiplicidad de elementos elementales (4) de tamaño más pequeño que al menos 1/100 del tamaño de dicho componente (1), ensamblados entre sí por soldadura de difusión, estando cada elemento elemental (4) provisto de un apilamiento que comprende una multiplicidad de capas (3) de materiales que incluyen al menos una capa de berilio (2).
2. Componente (1) según la reivindicación 1 **caracterizado por que** los elementos elementales (4) tienen un tamaño comprendido entre 1/100 y 1/10 del tamaño del componente (1).
3. Componente (1) según las reivindicaciones 1 o 2 **caracterizado por que** el apilamiento comprende una capa de material de aleación de cobre, una capa de materiales de acero austenítico, un circuito de enfriamiento, una capa intermedia metálica constituida por un metal de transición blando y dúctil sobre el que se dispone una capa intermedia de níquel.
4. Componente (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por que** los elementos elementales (4) son de geometría sustancialmente idéntica o diversa y/o múltiple.
5. Componente (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por que** al menos un elemento elemental (4) comprende al menos un medio (5) destinado a la fluencia de un fluido y/o al transporte de la fluencia de presión y/o al intercambio de la energía a través de una pared.
6. Componente (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos un elemento elemental (4) comprende al menos un circuito hidráulico y al menos un medio de obturación.
7. Componente (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por que** comprende, además, al menos un medio de soporte que comprende al menos un medio de canalización y al menos un medio de interconexión, estando dicho medio de soporte soldado a los elementos elementales (4).
8. Procedimiento de ensamblaje de un componente (1) para una estructura de gran dimensión, en concreto, para un reactor de fusión termonuclear según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende las siguientes etapas sucesivas:
- recortar una estructura (6) de una superficie de al menos 1 m², provista de un apilamiento que comprende una multiplicidad de capas (3) de materiales que incluye al menos una capa de berilio (2), en una multiplicidad de elementos elementales (4) de tamaño menor que al menos 1/100 del tamaño de dicha estructura (6),
 - reunir dichos elementos elementales (4) uno junto al otro para definir una geometría elegida,
 - ensamblar entre sí por soldadura por difusión dichos elementos elementales (4) según la geometría elegida para formar un componente (1) de tamaño inferior o igual al tamaño de la estructura (6).
9. Procedimiento de ensamblaje de un componente (1) según la reivindicación 8 **caracterizado por que** comprende, además, una etapa que consiste en preensamblar las capas de materiales (3) del apilamiento por soldadura de difusión, de modo que se formen unas uniones entre las capas de materiales (3) de dicho apilamiento.
10. Procedimiento de ensamblaje de un componente (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9 en el que se realiza una prueba de estanquidad después del procedimiento de soldadura de difusión de los elementos elementales (4) y se realiza igualmente una restitución de mecanizado seguido de una limpieza.
11. Procedimiento de ensamblaje de un componente (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10 en el que los elementos elementales se mecanizan de forma que se les dé una forma elegida para crear unas conexiones entre los medios (5), que permitirán que se transporte un fluido en cada elemento elemental (4).
12. Procedimiento de ensamblaje de un componente (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11 **caracterizado por que** comprende una etapa suplementaria que consiste en el ensamblaje de al menos una capa de berilio.
13. Reactor, en concreto, de fusión termonuclear que comprende una cubierta de materiales, dicha cubierta comprende una multiplicidad de componentes (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

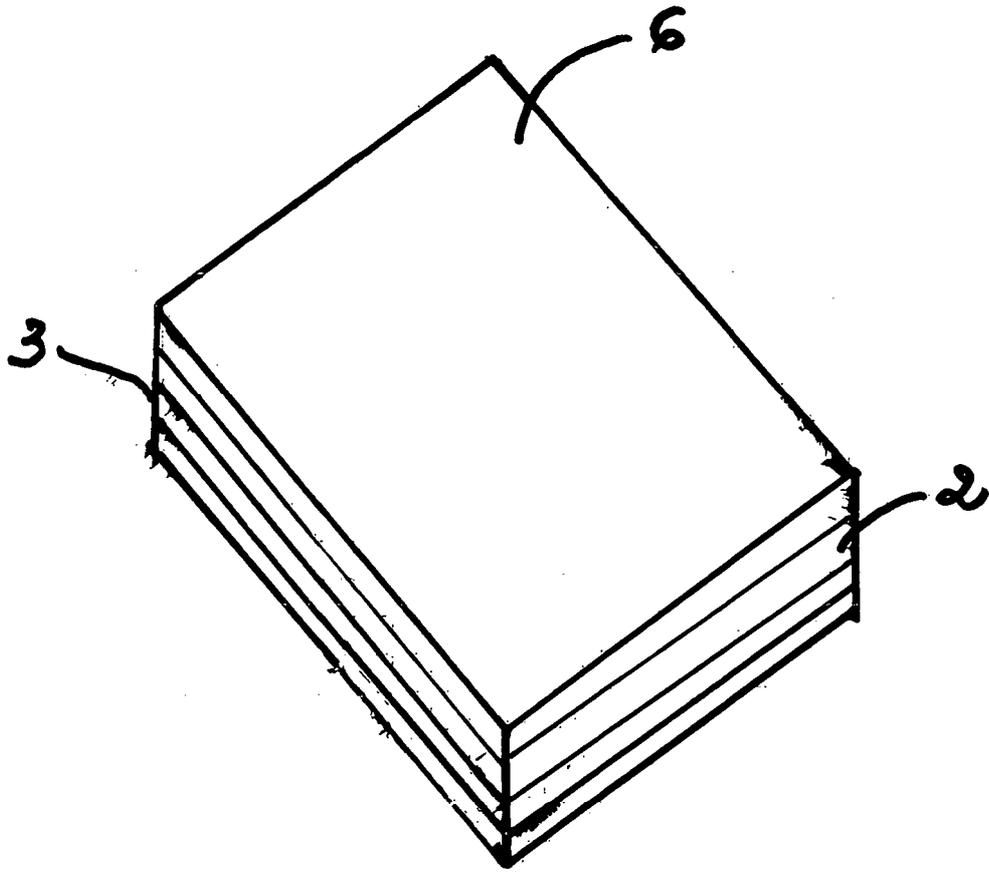


FIG 1

