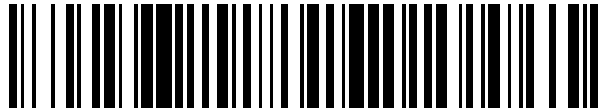


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 403 159**

51 Int. Cl.:

G21B 1/13 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2006 E 06024986 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2013 EP 1796104**

54 Título: **Componente de primera pared con segmento anular**

30 Prioridad:

06.12.2005 AT 83005 U

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.05.2013

73 Titular/es:

**PLANSEE SE (100.0%)
6600 REUTTE, AT**

72 Inventor/es:

**SCHEDLER, BERTRAM;
HUBER, THOMAS;
FRIEDRICH, THOMAS;
SCHEIBER, KARLHEINZ;
SCHEDLE, DIETMAR;
ZABERNIG, ANTON;
FRIEDLE, HANS-DIETER;
MAIR, SANDRA y
WÖRLE, NADINE**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 403 159 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 primera pared con segmento anular

- 5 La invención se refiere a un componente de primera pared de un reactor de fusión, que comprende al menos un blindaje térmico hecho de un material grafitico y un tubo de refrigeración hecho de cobre, o una aleación de cobre, presentando el blindaje térmico un paso cerrado o abierto.

Un ejemplo típico para el empleo de este tipo de componentes de primera pared son los desviadores y los limitadores, que están sometidos a cargas térmicas máximas por encima de 10 MW/m^2 . Los componentes de primera pared están conformados, habitualmente, a partir de un blindaje térmico y una región que evacua el calor. El material del blindaje térmico ha de ser compatible con el plasma, ha de presentar una elevada resistencia frente a desprendimiento de átomos por bombardeo iónico por métodos físicos y químicos, ha de poseer un punto de fusión / sublimación elevado y ha de ser lo más resistente posible frente a choques térmicos. Además han de presentar una elevada conductividad térmica, una reducida activabilidad de neutrones y una suficiente resistencia / tenacidad a la rotura, con una buena disponibilidad y unos costes aceptables. Además de metales refractarios, como por ejemplo wolframio, los materiales grafiticos son los que mejor se adaptan a este perfil de requerimientos múltiples y en parte contrapuestos. Puesto que las corrientes de energía procedentes del plasma actúa sobre estos componentes durante un periodo de tiempo más elevado, este tipo de componentes de primera pared son refrigerados típicamente de modo activo. La extracción del calor se realiza apoyada por medio de sumideros de calor, por ejemplo hechos de cobre o de aleaciones de cobre, que habitualmente están unidos con el blindaje térmico por medio de una unión de material.

El cobre tiene la función de garantizar la extracción de calor. Además, puede hacerse también cargo de la función de la reducción de tensión, tal y como es el caso cuando se une grafito a través de una capa intermedia de cobre puro con una aleación de cobre altamente resistente (p. ej. Cu-Cr-Zr). La capa de cobre tiene, en este caso, habitualmente, un grosor de 0,5 a 3 mm.

Además de las regiones hechas de grafito y de uno o varios materiales de cobre, este tipo de componentes de primera pared también pueden presentar otras regiones, por ejemplo, hechas de acero o de una aleación de wolframio.

La región de unión entre el grafito y el cobre representa el punto débil de este tipo de compuestos de materiales. Un procedimiento para la fabricación de dispositivos de refrigeración con una resistencia mejorada en la región de unión se describe en el documento EP 0 663 670 B1. En este caso, el metal del dispositivo de refrigeración en estado fundido se pone en contacto con las partes de un material resistente al calor, preparándose durante el proceso de unión en la región de unión partes de uno varios metales del subgrupo el sistema periódico IV y/o V. Los compuestos de materiales fabricados de esta manera presentan una resistencia claramente mejorada.

Otro ejemplo de componentes de primera pared de un reactor de fusión con un blindaje térmico hecho de material grafitico y un tubo de refrigeración hecho de aleación de cobre se conocen a partir del documento US-A-5182075.

Los componentes de primera pared pueden estar realizados con diferente diseño. En este caso se diferencia entre diseño de teja plana, diseño de silla de montar y diseño monobloque.

Cuando se une un blindaje térmico con superficie de unión plana con el sumidero de calor a través del cual fluye un medio refrigerante, entonces se habla de un diseño de teja plana. En el caso del diseño de silla de montar se une un blindaje térmico con entalladura en forma de semicírculo con un sumidero de calor realizado en forma de tubo. El sumidero de calor, en este caso, tiene la función de establecer el contacto térmico entre la parte de entrada de calor y el medio refrigerante, y con ello está sometido a cargas térmicas cíclicas inducidas que resultan a partir de los gradientes de temperatura y de los diferentes coeficientes de dilatación de la partes de unión. En el diseño monobloque, el componente de primera pared está hecho por un blindaje térmico con un paso concéntrico. A través de este paso concéntrico está unido el blindaje térmico con un tubo de refrigeración.

Como consecuencia de las condiciones geométricas, la reducción de tensión se realiza por medio de la deformación plástica de la capa intermedia de cobre en el diseño de teja plana de un modo más efectivo que en el caso del diseño monobloque, en el que hay un estado de tensión de tres ejes, que atenúa en su mayor parte una deformación plástica. Como consecuencia de esta limitada reducción de tensión, debido a ello, se pueden producir grietas en el material grafitico.

Los componentes de primera pared no sólo han de aguantar tensiones mecánicas inducidas térmicamente, sino también tensiones adicionales que tengan lugar de modo mecánico. Este tipo de cargas mecánicas adicionales se pueden generar por medio de corrientes inducidas de modo electromagnético que fluyen en los componentes e interactúan con el campo magnético del entorno. En este caso se pueden producir fuerzas de aceleración de alta frecuencia que han de ser transmitidas por el blindaje térmico. Los materiales gráficos presentan, sin embargo, una reducida resistencia mecánica y tenacidad a la rotura. Adicionalmente, durante el empleo se produce fragilidad de los neutrones, debido a lo cual se produce un incremento adicional de la sensibilidad de estos materiales frente a la generación de roturas.

10 Como material gráfico se emplea habitualmente grafito reforzado con fibras (CFC). Este refuerzo con fibras está dispuesto en este caso de modo tridimensional y lineal. La arquitectura de las fibras confiere al material, dependiendo de la dirección espacial, diferentes características. El CFC está reforzado habitualmente en una dirección espacial por medio de fibras "ex-pitch", que presentan tanto la mayor rigidez como conductibilidad térmica. Las otras dos direcciones espaciales están reforzadas por medio de fibras "Ex-PAN", en las que sólo se marca una
15 dirección típicamente.

Mientras que, así pues, el CFC presenta una arquitectura de material lineal, la geometría de unión blindaje térmico / tubo de refrigeración es circular en el caso del modo de construcción monobloque. Por razones de diferentes coeficientes de dilatación térmica de los diferentes materiales, en el proceso de fabricación se produce una creación
20 de tensiones que pueden llevar a grietas en el CFC.

Las grietas, como consecuencia de las particularidades geométricas y de la combinación de materiales usadas sólo pueden ser detectadas, si acaso, con métodos muy costosos. Esto produce, con el transcurso de un entorno nuclear para este tipo de componentes, problemas correspondientes, sobre todo porque las grietas / desprendimientos son
25 vistos como un posible disparador de mayores accidentes.

A pesar de la costosa labor de desarrollo durante muchos años en el campo de los componentes de primera pared, los componentes constructivos existentes hasta la fecha no cumplen con el perfil de requerimientos de un modo
30 óptimo.

Debido a ello, el objetivo de la invención es proporcionar un componente de primera pared en un diseño de monobloque que sea adecuado para los requerimientos que resultan de las cargas mecánicas y físicas.

Este objetivo se consigue según las características de la reivindicación 1.

35 El componente de primera pared comprende en este caso, al menos, un blindaje térmico hecho de un material gráfico, y un tubo refrigerante hecho de cobre o de una aleación de cobre, presentando el blindaje térmico un paso cerrado o abierto, y estando dispuesto entre el blindaje térmico y el tubo de refrigeración un segmento de tubo. El segmento de tubo está unido con el blindaje térmico y con el tubo de refrigeración por medio de capas de cobre
40 dúctiles.

El segmento del tubo ocasiona que se reduzcan las tensiones propias en el blindaje térmico que resultan de los diferentes coeficientes de dilatación. Para conseguir esto de un modo óptimo es ventajoso que los coeficientes de dilatación del blindaje térmico y del segmento del tubo sean similares, y que el segmento del tubo presente un grosor
45 suficiente de al menos 0,2 mm, una conductibilidad térmica y una resistencia lo más elevada posible. En caso de grosores reducidos no se realiza una reducción elevada suficiente de las tensiones. Un límite superior de aproximadamente 1,5 mm resulta a partir de las particularidades geométricas.

Los materiales del grupo molibdeno, aleaciones de molibdeno, wolframio, aleaciones de wolframio cumplen de la
50 mejor manera posible los requerimientos mecánicos / físicos en el segmento del tubo.

Hay que destacar especialmente las pseudo aleaciones en el sistema wolframio-cobre y en el sistema molibdeno-cobre. En el caso de wolframio-cobre, el contenido preferido en cobre asciende a de un 5 a un 25% en peso, en el caso de cobre de molibdeno asciende a de un 15 a un 40% en peso. El segmento del tubo presenta preferentemente
55 un ángulo de abertura α de 20° a 180°, preferentemente de 50° a 130°. En el caso de mayores ángulos de abertura, la reducción de las tensiones no es suficiente. En el caso de ángulos de abertura menores se evita el flujo de calor. Además, es ventajoso que la bisectriz del ángulo de abertura α esté perpendicular a la superficie sometida al plasma del blindaje térmico. El blindaje térmico está unido por medio de una capa que contiene cobre con el segmento del tubo, estando unido el segmento del tubo, a su vez, igualmente, por medio de una capa que contiene cobre, al tubo

de refrigeración. Estas capas sirven igualmente para la reducción de la tensión. La región de abertura del segmento del tubo está llena igualmente de cobre o de una aleación de cobre, de manera que en esta región del blindaje térmico está unida por medio de esta región que contiene cobre con el tubo de refrigeración. Gracias a ello, en esta región no se perjudica el flujo de calor por medio del segmento de tubo.

5

El paso del escudo térmico está preferentemente cerrado, y está realizado como taladro, cuya pared está estructurada por medio de láser, activándose la pared de modo metálico y/o mediante carburos.

10 Para la fabricación del componente de primera pared conforme a la invención se introduce en primer lugar un paso, preferentemente un taladro en un bloque del material grafitico, preferentemente CFC. La superficie del paso se estructura de modo preferido por medio de láser, y a continuación se activa de modo metálico y/o por medio de carburos de tal manera que la superficie activada puede ser humedecida por medio de cobre líquido. En el paso tratado previamente de esta manera se introduce a continuación el segmento del tubo. El grosor preferido del segmento de tubo tiene un valor, en este caso, que asciende a de 0,2 a aproximadamente 1,5 mm. La ranura entre el segmento del tubo y la pared del paso activado tiene un valor aproximadamente de 0,2 a 0,8 mm. En esta ranura se introduce un casquillo hecho de cobre puro. También en el diámetro interior del segmento del tubo se posiciona un casquillo hecho de cobre puro. La construcción fabricada de esta manera se calienta en vacío o bajo gas inerte a una temperatura por encima del punto de fusión del cobre. Para garantizar un relleno de cobre, sobre todo en la ranura entre CFC y el segmento del tubo, y en la región de abertura del segmento del tubo, está previsto un depósito de cobre correspondiente.

20

En este caso resulta un compuesto con la siguiente construcción radial (desde fuera hacia dentro): CFC / capa de activación / cobre / cobre de molibdeno o cobre de wolframio / cobre.

25 Con la capa de cobre interior se puede unir por medio de procedimientos estándar convencionales, como soldado o HIP, un tubo de refrigeración hecho de una aleación de cobre, preferentemente cobre-cromo-circonio, por medio de una unión de material.

A continuación se explica la invención con más detalle por medio de un ejemplo.

30

La Figura 1 muestra el componte de la primera pared conforme a la invención en una imagen oblicua.

La Figura 2 muestra el componente de la primera pared conforme a la invención según la Figura 1 en una proyección vertical.

35

La Figura 3 muestra el segmento del tubo en una imagen oblicua.

Ejemplo

40 Para la fabricación de un componente de primera pared –1– se empleó un blindaje térmico CFC –2– con la dimensión 45 mm x 30 mm x 25 mm. El blindaje térmico CFC –2– presentó una estructura de fibra 3D, habiendo diferentes características dependiendo de la dirección. Las fibras con la mayor conductibilidad térmica estaban paralelas a la dimensión exterior 45 mm. Los mechones de fibras con la conductibilidad térmica media estaban paralelos a la dimensión exterior 30 mm. Un taladro pasante –4– con un diámetro de 18 mm se introdujo de modo normal respecto a la superficie 30 mm x 45 mm en su centro de simetría. Este taladro de una profundidad de 25 mm se estructuró a continuación por medio de láser, consiguiéndose un aumento de la superficie de más de un 100 %.

45 Los taladros láser cónicos presentaron una profundidad de aproximadamente 1.000 µm, estando la anchura de abertura en la superficie en aproximadamente 200 µm. La secuencia de los impulsos de láser se escogió en este punto de tal manera que los taladros individuales estuvieron uno junto al otro del modo más compacto posible. La superficie tratada de esta manera se activó, se manera que se originó una superficie unida por carburos, que se puede humedecer por medio de cobre líquido sobre el material CFC –2–. Esto se consiguió gracias al hecho de que se dispuso titanio sobre la superficie. A continuación se calentó la parte a una temperatura por encima del punto de fusión del titanio, penetrando el titán líquido fundido a través de las fuerzas capilares actuantes conformando carburo de titanio en el CFC. El carburo de titanio se adhiere, por un lado, por medio de una unión química muy buena en el

50 CFC, y hace, por otro lado, que el blindaje térmico –2– pueda ser humedecido por el cobre. En el taladro activado –4– se posicionó ahora una lámina de cobre puro con un grosor de 0,4 mm, de tal manera que conformó un cilindro que estaba en contacto con la parte interior del taladro del blindaje térmico –2–.

55

A continuación se introdujo un segmento de tubo –5– hecho de W – 10% en peso de Cu con una altura de 25 mm,

un diámetro exterior de 17 mm, un grosor de la pared de 0,5 mm y un ángulo de abertura μ de 90° en el taladro. La bisectriz del ángulo de abertura α estuvo en este caso perpendicular a la superficie de 45 mm x 25 mm. Esta superficie –9– está sometida en su empleo al plasma. En la región interior del segmento de tubo –5– se posicionó un núcleo de cobre con un diámetro exterior de 15,8 mm, presentando este núcleo una cabeza con un diámetro de 20 mm. Esta cabeza realizó la función del depósito de fusión. A continuación se calentó este montó esta construcción en un horno de vacío, y se calentó en vacío aproximadamente 10 minutos a 1.100°C , antes de iniciarse la fase de refrigeración.

Gracias a ello se unió el blindaje térmico –2– por medio de la capa de cobre –6– con el segmento del tubo –5–. La región de abertura –8– del segmento del tubo –5– está rellena, igualmente, de cobre. A continuación se mecanizó el monobloque así fabricado por todos los lados. Las medidas exteriores originarias se reducen, en este caso, en 1 mm respectivamente, presentando el monobloque antes del procesado posterior dimensiones exteriores de 44 mm x 29 mm x 24 mm. El paso –4– relleno de cobre se taladró hasta un diámetro de 15 mm. El diámetro interior, en este caso, presenta una capa de cobre –7– continua. En el paso –4– se posicionó ahora un tubo de cobre-cromo-circonio –3– con un diámetro exterior de 14,8 mm. El tubo de refrigeración –3– y el monobloque se unieron a continuación por medio de una unión de material a través de un proceso HIP, de manera que se originó un componente de primera pared –1– que se puede refrigerar de modo activo.

REIVINDICACIONES

1. Componente de primera pared (1) de un reactor de fusión, que comprende al menos un blindaje térmico (2) hecho de un material grafitico y un tubo de refrigeración (3) hecho de cobre, o una aleación de cobre, presentando el blindaje térmico (2) un paso (4) cerrado o abierto, caracterizado porque entre el blindaje térmico (2) y el tubo de refrigeración (3) está dispuesto un segmento de tubo (5), estando unido el segmento de tubo (5) al menos en una región con el blindaje térmico (2) y con el tubo de refrigeración (3) por medio de capas (6, 7) que contienen cobre.
- 5 10 2. Componente de primera pared (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el segmento de tubo (5) presenta un ángulo de abertura α que asciende a de 20 a 180°.
3. Componente de primera pared (1) según la reivindicación 2, caracterizado porque el ángulo de abertura α del segmento de tubo (5) tiene un valor que asciende a de 50° a 130°.
- 15 4. Componente de primera pared (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la bisectriz del ángulo de abertura α está perpendicular a la superficie (9) del blindaje térmico (2) sometido al plasma.
- 20 5. Componente de primera pared (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el segmento del tubo (5) presenta un grosor de pared de 0,2 a 1,5 mm.
6. Componente de primera pared (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el blindaje térmico (2) está unido en la región de la abertura (8) del segmento del tubo (5) a través de una región que contiene cobre con el tubo de refrigeración (3).
- 25 7. Componente de primera pared (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el segmento del tubo (5) está hecho de un material del grupo molibdeno, aleación de molibdeno, wolframio, aleación de wolframio.
- 30 8. Componente de primera pared (1) según la reivindicación 7, caracterizado porque el segmento del tubo (5) está hecho de Mo-Cu o de W-Cu.
9. Componente de primera pared (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el blindaje térmico (2) está hecho de CFC.
- 35 10. Componente de primera pared (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el tubo de refrigeración (3) está hecho de Cu-Cr-Zr.
- 40 11. Componente de primera pared (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque el paso (4) es un taladro.
12. Componente de primera pared (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque el paso (4) está estructurado por medio de láser.
- 45 13. Componente de primera pared (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque la pared del paso (4) presenta al menos parcialmente una capa de carburo de titanio.

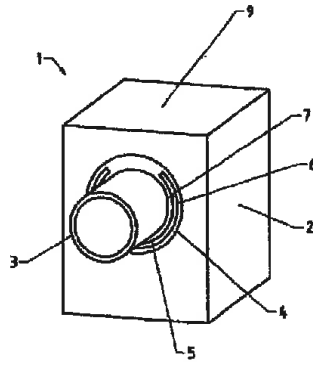


Figura 1

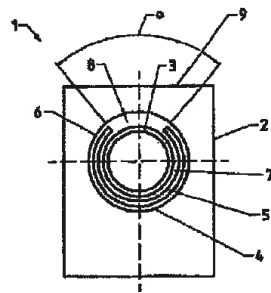


Figura 2

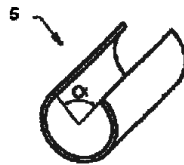


Figura 3