

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 952**

51 Int. Cl.:

G21C 7/10 (2006.01)

G21C 7/113 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2005 E 05778011 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2012 EP 1787303**

54 Título: **Barra de control para una central nuclear**

30 Prioridad:

09.09.2004 SE 0402163

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

15.04.2013

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC SWEDEN AB
(100.0%)**

721 63 Västerås, SE

72 Inventor/es:

**TÄGTSTRÖM, PER;
REBENDORFF, BJÖRN;
HJÖRVARSSON, BJÖRGVIN y
ISBERG, PETER**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 400 952 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

Barra de control para una central nuclear.

5 **Antecedentes de la invención y técnica anterior**

La presente invención se refiere a una barra de control para una central nuclear según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 En las centrales nucleares, se utilizan con frecuencia compuestos que comprenden boro como absorbente de neutrones. Se utiliza el boro como material absorbente debido a que el isótopo de boro B^{10} presenta una capacidad de absorción de neutrones térmicos muy buena. De este modo, el boro, por ejemplo, en forma de carburo de boro, se utiliza a menudo como material absorbente en las barras de control, tanto en reactores de agua en ebullición BWR como en reactores de agua a presión PWR. La siguiente reacción se produce durante dicha absorción $B^{10} + n^1$
 15 $\rightarrow Li^7 + He^4$.

Por consiguiente, se forma gas helio cuando el isótopo de boro B^{10} absorbe los neutrones térmicos. El gas helio formado provoca un aumento de la presión interior del espacio que aloja el material absorbente en la barra de control. Para no dejar que la presión interior sea demasiado elevada en dicho espacio, la cantidad de material absorbente debe determinarse con precisión. Normalmente, el espacio se llena hasta aproximadamente el 70% con carburo de boro. Con tal grado de llenado del espacio, no cabe el gas helio que se forma durante el procedimiento de absorción. Dicho grado de llenado limitado de material absorbente en dicho espacio provoca la limitación correspondiente de la capacidad de absorción de neutrones de la barra de control.

25 **Sumario de la invención**

El objetivo de la presente invención es proporcionar una barra de control que presente un diseño que permita una reducción de la presión del gas creada en los espacios de la barra de control, que comprenden material absorbente, durante un procedimiento de absorción de neutrones térmicos.

30 El objetivo mencionado anteriormente se alcanza mediante la barra de control según la reivindicación 1. Cuando el material absorbente absorbe neutrones durante el funcionamiento de la central nuclear, se forma una sustancia gaseosa y la presión aumenta dentro del espacio cerrado de la barra de control que comprende el material absorbente. Por consiguiente, en este caso el elemento de filtro desempeña la función de permitir un paso del gas formado fuera del espacio y hacia el entorno. Por lo tanto, es un modo efectivo de prevenir que la presión en el interior del espacio alcance un valor demasiado elevado. La diferencia de presión entre el espacio y el entorno constituye una fuente de conducción natural que impulsa el gas a través del elemento de filtro y al exterior, hacia el entorno. El elemento de filtro tiene que presentar asimismo la propiedad de impedir que el agua, que rodea la barra de control, penetre en el espacio a través del elemento de filtro. Al utilizar dicho elemento de filtro, no resulta necesario reducir el grado de llenado de material absorbente en dicho espacio para permitir el alojamiento de la sustancia gaseosa. Por lo tanto, se puede proporcionar a la barra de control un mayor grado de llenado de material absorbente y, de este modo, la barra de control alcanza una capacidad superior de absorción de neutrones y una mayor vida útil que una barra de control convencional correspondiente.

45 Según una forma de realización preferida de la presente invención, el elemento de filtro comprende un material con una estructura atómica que comprende unos pasos, que presentan un tamaño que únicamente ciertas sustancias, que comprenden átomos o moléculas con un tamaño inferior al de una molécula de agua, pueden difundirse a través del elemento de filtro. Un material que presenta dichos pasos dimensionados permite una difusión de las sustancias gaseosas o líquidas, que presentan un tamaño atómico o molecular inferior al de moléculas de agua. Por ello, las sustancias gaseosas de dicho espacio, que se forman durante el procedimiento de absorción, se pueden difundir a través de los pasos y hacia el exterior desde el espacio. Sin embargo, el tamaño limitado de los pasos realiza una difusión de moléculas de agua a través del elemento de filtro en una dirección opuesta imposible. Dicha sustancia gaseosa es generalmente helio y, por lo tanto, los pasos del elemento de filtro deben presentar por lo menos un tamaño tal que los átomos de helio puedan pasar a través del elemento de filtro. El helio presenta un diámetro atómico de 100 pm. Puesto que el helio presenta un diámetro atómico pequeño, no es difícil encontrar materiales sólidos con una estructura atómica que permita el paso de helio.

60 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, el elemento de filtro comprende un material metálico. Los metales presentan una estructura cristalina que comprende átomos muy juntos. Los metales o las aleaciones metálicas, que comprenden unos átomos relativamente grandes, presentan generalmente unos pasos en la estructura cristalina de un tamaño que permite el paso de los átomos de helio. Alternativamente, el elemento de filtro puede comprender un óxido de un metal de transición. Otras alternativas son el óxido de aluminio u óxido de silicio. El óxido de aluminio es sustancialmente insoluble en agua y se encuentra presente en una pluralidad de formas cristalinas. El óxido de silicio se encuentra presente en forma amorfa, así como en un cierto número de formas cristalinas. Según una alternativa adicional, el elemento de filtro puede comprender un material cerámico. Los materiales cerámicos se caracterizan porque resisten temperaturas elevadas y ambientes químicos duros. Dicho

material cerámico puede comprender silicio. Mediante un diseño apto de un material cerámico, se puede dimensionar el tamaño de los pasos de tal modo que se permita el paso de únicamente los átomos y las moléculas de hasta un tamaño determinado. En ciertos casos, podría ser conveniente que el elemento de filtro comprendiese mezclas de los materiales mencionados anteriormente.

5 Según otra forma de realización preferida de la presente invención, el elemento de filtro presenta un sitio en la barra de control tal que consiste en una conexión entre dicho espacio y el entorno. Por consiguiente, el elemento de filtro comprende unos pasos dentro de un intervalo de tamaños específico, que de este modo se extienden entre dicho espacio y el entorno. Cuando aumenta la presión en dicho espacio, los átomos de helio pequeños se presionarán hacia el exterior a través de los pasos del elemento de filtro hacia el entorno. Por otro lado, se impide que las moléculas de agua significativamente superiores pasen a través de los pasos demasiado estrechos del filtro. Ventajosamente, el elemento de filtro está fijado a la barra de control en un canal existente que se extiende entre dicho espacio y el entorno. Al disponer el elemento de filtro en dicho canal ya existente de la barra de control, únicamente es necesario realizar modificaciones más pequeñas en las barras de control ya existentes. Preferentemente, el elemento de filtro está fijado mediante soldadura a dicho canal. De este modo, el elemento de filtro proporciona una unión resistente y hermética a la barra de control.

Según otra forma de realización preferida de la presente invención, el material absorbente comprende boro. Ventajosamente, el material absorbente comprende carburo de boro, que se utiliza con frecuencia en las barras de control, tanto en los reactores de agua en ebullición BWR como en los reactores de agua a presión PWR. El carburo de boro comprende el isótopo de boro B^{10} . El isótopo de boro B^{10} presenta una gran capacidad de absorción de neutrones térmicos. Se forma litio y helio con el isótopo de boro B^{10} como material absorbente. Por consiguiente, es necesario que el elemento de filtro permita la difusión del helio formado durante el procedimiento de absorción de tal modo que la presión en el interior de la barra de control no alcance unos valores demasiado altos. Es necesario asimismo que el elemento de filtro evite que el agua penetre en el espacio en el que de otro modo reacciona con el litio formado.

Según la presente invención, la central nuclear es un reactor de agua en ebullición BWR. Las barras de control de un reactor de agua en ebullición comprenden cuatro palas de las barras de control que, en una parte de borde exterior, comprenden cada una de las mismas un primer canal que conecta los orificios perforados entre sí, que se rellenan con material absorbente. El primer canal está destinado a nivelar las diferencias de presión entre los espacios en forma de orificio. Puesto que las barras de control convencionales de los reactores de agua en ebullición comprenden por lo tanto cuatro palas de las barras de control, por consiguiente, se deben proporcionar cuatro elementos de filtro en una barra de control. Preferentemente, el elemento de filtro se dispone en una abertura de salida de un segundo canal existente, que se conecta al primer canal y se utiliza para la prueba de presión del espacio durante la realización de la pala de la barra de control. Dicha abertura de salida del segundo canal se tapa en una barra de control convencional mediante una tapa metálica. En cambio, tapar dicha abertura de salida con un elemento de filtro con la forma y el tamaño correspondientes, no implica sustancialmente trabajo adicional alguno en comparación con la realización de una barra de control convencional.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describe a título de ejemplo una forma de realización preferida de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 representa una barra de control de un reactor de agua en ebullición y

la figura 2 representa una pala de barra de control de una barra de control, que presenta un elemento de filtro según la presente invención.

Descripción detallada de unas forma de realización preferida de la invención

La figura 1 representa una barra de control 1 para controlar el flujo de neutrones en un reactor de agua en ebullición (BWR). La barra de control 1 comprende cuatro palas de las barras de control 2 y cada una de las mismas forma un ángulo recto con respecto a las palas adyacentes de la barra de control 2. Las palas de las barras de control 2 comprenden una pluralidad de orificios perforados 3, que están dispuestos en filas una encima de la otra y que se extienden desde una zona de borde libre de la pala de la barra de control 2 y en una dirección hacia un centro, donde se encuentran las palas de las barras de control 2. Las palas de las barras de control 2 se realizan de un material laminar que, preferentemente, es de acero y presenta un espesor comprendido entre 7 y 8 mm. De este modo, los orificios 3 perforados en las palas de la barra de control 2 pueden presentar un diámetro comprendido entre 5 y 6 mm. Los orificios 3 se llenan con un material absorbente 4. El material absorbente se puede diseñar como barras sólidas alargadas 4 de un material absorbente de los neutrones, tal como el carburo de boro, B_4C . Las 4 barras absorbentes pueden presentar una longitud aproximadamente de 100 mm y una sección transversal sustancialmente circular de tal modo que se pueden introducir en los orificios 3.

La figura 2 representa una pala de barra de control 2 de la barra de control 1 representada en la figura 1. Los

orificios perforados 3 dispuestos uno encima del otro en filas se abren en un primer canal alargado 5 que se extiende sustancialmente a lo largo de toda la parte del borde libre de la pala de la barra de control 2. El primer canal alargado 5 se dispone para conectar los orificios taladrados 3 entre sí de tal modo que se alcanza la igualación de la presión entre los orificios 3. Un segundo canal 6 se extiende desde el primer canal 5 hasta una abertura de salida en una parte inferior interior de la pala de barra de control 2. El segundo canal 6 es un canal que rastrea fugas existentes.

La pala de la barra de control 2 se proporciona con un rebaje alargado fresado en la zona del borde libre durante un procedimiento de realización. A continuación, los orificios 3 se taladran en la entalladura en filas una encima de la otra. Las barras absorbentes 4 se disponen en los orificios 3. Tras ello, el material absorbente se encierra enrollando las patas de las entalladuras entre sí. A continuación, las superficies extremas de las patas se sueldan entre sí mediante una junta de soldadura alargada de tal modo que se crea un alojamiento hermético y resistente a la presión constituyendo el primer canal 5. Alternativamente, el primer canal 5 se puede crear soldando un elemento de cubierta sobre la entalladura alargada a lo largo de la superficie del borde libre de la pala de la barra de control. De este modo, el elemento de cubierta forma una superficie de la pared del primer canal 5. Tras la soldadura, se conecta una bomba de vacío a la abertura de salida del segundo canal 6 para controlar que el primer canal 5 y los orificios 3 constituyen un espacio herméticamente cerrado en la pala de la barra de control 2. Por último, se suelda un tapón hermético con la abertura de salida del segundo canal 6. El tapón hermético comprende, según la presente invención, un elemento de filtro 7. El elemento de filtro 7 comprende un material que presenta una estructura atómica con unos pasos de un tamaño definido, que se extienden entre el segundo canal 6 y el entorno 8. Durante el funcionamiento del reactor de agua en ebullición, el entorno 8 de las palas de la barra de control 2 comprende agua de refrigeración.

Durante el funcionamiento del reactor de agua en ebullición, las barras absorbentes 4 absorben neutrones. De este modo, se forma litio y helio. Por consiguiente, el elemento de filtro 7 comprende un material con una estructura atómica con unos pasos de un tamaño definido. Los pasos presentan un tamaño tal que el helio, que comprende átomos relativamente pequeños, puede pasar a través de los pasos. El helio, que se forma durante la absorción en los orificios 3, se extiende de tal modo que llena asimismo el primer canal 5 y el segundo canal 6. Simultáneamente con la formación del helio, aumenta la presión y los átomos de helio se ven presionados por la presión positiva a través de los pasos del elemento de filtro 7 hasta el entorno 8. Por consiguiente, el helio formado durante la absorción se guiará sucesivamente hacia el exterior a través del elemento de filtro 7. De este modo, se impide que surjan unas presiones positivas demasiado elevadas en los espacios cerrados de las palas de las barras de control 2. Únicamente aproximadamente el 70% de los orificios 3 de las palas de las barras de control convencionales 2 se rellenan con materiales absorbentes ya que se necesita el espacio restante de los orificios 3 para alojar el helio que se forma durante la absorción. Con la presente invención, los orificios 3 de las palas de las barras de control pueden alcanzar un grado de llenado sustancialmente más elevado de material absorbente 4. De este modo, las palas de las barras de control 2 alcanzan una absorción superior de neutrones y una vida útil más larga que una pala de una barra de control convencional. Los pasos del elemento de filtro 7 presentan un tamaño limitado superior que se dimensiona de tal modo que se impide que las moléculas de agua pasen a través del elemento de filtro 7. De este modo, se garantiza que el agua de refrigeración circundante no se pueda filtrar, a través de los pasos del elemento de filtro 7, hasta las barras absorbentes 4 y reaccionar con el litio formado durante la absorción.

Por consiguiente, el elemento de filtro 7 comprende un material que presenta una estructura atómica que comprende unos pasos de un tamaño tal que los átomos de helio pueden pasar a través de los pasos, al mismo tiempo que se impide que las moléculas de agua pasen a través del elemento de filtro 7. Otro requisito del elemento de filtro es que debe comprender un material que sea completamente resistente en el entorno existente en una central nuclear y, por lo tanto, no se ha de ver influido por el agua de refrigeración o la radiación presente. Puesto que el helio presenta un radio atómico pequeño, no resulta difícil encontrar materiales que presenten una estructura atómica que permita el paso de los átomos de helio. De este modo, el elemento de filtro 7 puede comprender un material metálico. Los metales presentan una estructura cristalina que comprende átomos muy juntos. Los metales o las aleaciones metálicas, que comprenden unos átomos relativamente grandes, presentan generalmente unos pasos en la estructura cristalina de un tamaño que permite el paso de los átomos de helio. Se ha de indicar en este caso que las palas de las barras de control 2 se realizan asimismo de un material metálico. Sin embargo, dicho material presenta unas propiedades y/o un espesor tales que el paso de helio y litio es insignificante con respecto al paso de dichos gases por el elemento de filtro. Alternativamente, el elemento de filtro 7 puede comprender un óxido de un metal de transición. Otras alternativas son el óxido de aluminio u óxido de silicio. El óxido de aluminio es sustancialmente insoluble en agua y se encuentra presente en una pluralidad de formas cristalinas. El óxido de silicio se encuentra presente en forma amorfa, así como en un cierto número de formas cristalinas. El elemento de filtro 7 puede comprender asimismo un material cerámico. Los materiales cerámicos se caracterizan en que resisten temperaturas elevadas y ambientes químicos duros. El elemento de filtro 7 puede comprender asimismo mezclas de los materiales mencionados anteriormente.

La presente invención se ve limitada en modo alguno a las formas de realización descritas en los dibujos sino que puede modificarse libremente dentro del alcance de las reivindicaciones. La presente invención no se limita a una barra de control para un reactor de agua en ebullición BWR, sino que resulta asimismo posible aplicar la misma en una barra de control para un reactor de agua a presión PWR.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Barra de control para un reactor de agua en ebullición (BWR), en el que la barra de control (1) está dispuesta para estar previsto en un núcleo, que comprende un cierto número de conjuntos de combustible, y para entrar en contacto con un refrigerante que comprende agua, en el que la barra de control (1) comprende unas palas de la barra de control (2) con una pluralidad de orificios (3), que están dispuestos para ser llenados con unos materiales absorbentes (4) para permitir la absorción de neutrones durante el funcionamiento de la central nuclear, estando dichos orificios (3) conectados mediante un primer canal (5) destinado a nivelar las diferencias de presión entre los orificios y presentando el material absorbente (4) la propiedad de generar por lo menos una sustancia gaseosa durante dicho proceso de absorción, caracterizada porque la barra de control (1) comprende por lo menos un elemento de filtro (7), que está en conexión con el primer canal (5), y que permite una difusión de la sustancia gaseosa a través del elemento de filtro (7) y fuera del primer canal (5) al mismo tiempo, ya que impide una difusión del agua circundante en el primer canal (5).
- 10
- 15 2. Barra de control según la reivindicación 1, caracterizada porque el elemento de filtro (7) comprende un material con una estructura atómica que comprende unos pasos, que presentan un tamaño tal que únicamente las sustancias, que consisten en átomos o moléculas con un tamaño inferior al de una molécula de agua, pueden difundirse a través del elemento de filtro (7).
- 20 3. Barra de control según la reivindicación 2, caracterizada porque los pasos del elemento de filtro (7) presentan un tamaño tal que por lo menos los átomos de helio pueden difundirse a través del mismo.
- 25 4. Barra de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el elemento de filtro (7) comprende un material metálico.
5. Barra de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el elemento de filtro (7) comprende un óxido de un metal de transición.
- 30 6. Barra de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el elemento de filtro (7) comprende un material cerámico.
- 35 7. Barra de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el elemento de filtro (7) presenta un sitio en la barra de control (1) tal que consiste en una conexión entre dicho espacio (3) y un entorno (8).
- 40 8. Barra de control según la reivindicación 7, caracterizada porque el elemento de filtro (7) está fijado a la barra de control (1) en un canal existente (5, 6) que se extiende entre dicho espacio (3) y el entorno (8).
9. Barra de control según la reivindicación 8, caracterizada porque el elemento de filtro (7) está fijado a la barra de control (1) mediante soldadura.
- 45 10. Barra de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el material absorbente (4) comprende boro.
11. Barra de control según la reivindicación 10, caracterizada porque el material absorbente (4) comprende el isótopo de boro B^{10} .
- 50 12. Barra de control según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el elemento de filtro (7) está previsto en una abertura de salida de un segundo canal (6) en la pala de la barra de control (2), estando el segundo canal (6) en conexión con el primer canal (5) y siendo utilizado para realizar la prueba de presión del espacio (3) durante la fabricación de la pala de la barra de control (2).

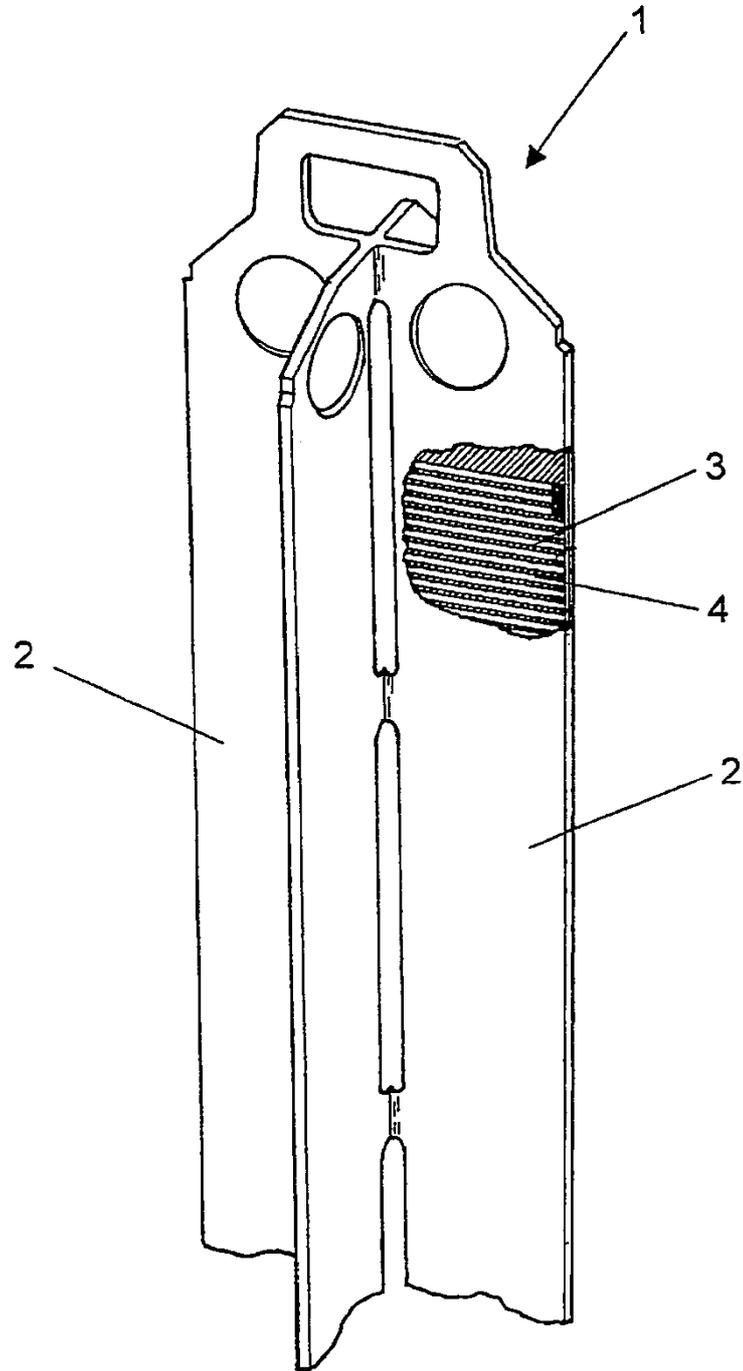


Fig 1

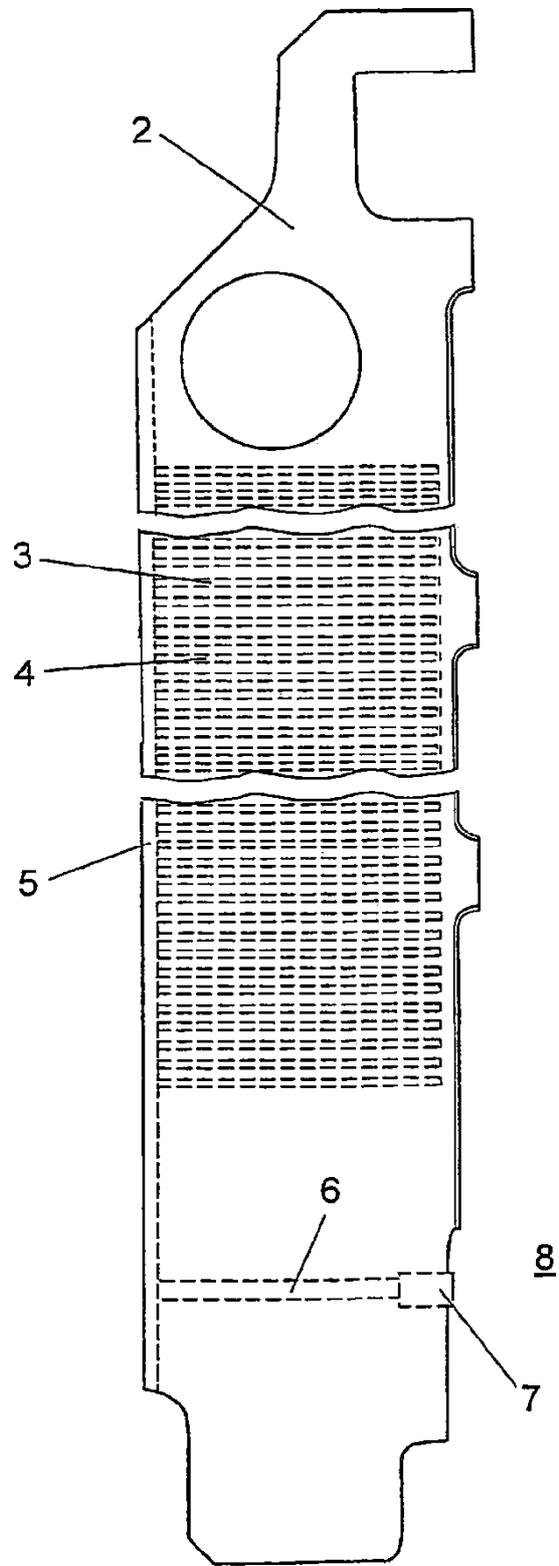


Fig 2