

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 318**

51 Int. Cl.:

G21C 3/324 (2006.01)

G21C 3/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2010 E 10756418 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.03.2016 EP 2411983**

54 Título: **Conjunto de combustible**

30 Prioridad:

25.03.2009 SE 0950187

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

21.04.2016

73 Titular/es:

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

721 63 Västerås, SE

72 Inventor/es:

**HALLSTADIUS, LARS;
DAHLBÄCK, MATS y
SÖDERLUND, ANDERS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 567 318 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

Conjunto de combustible

La presente invención se refiere a un conjunto de combustible para un reactor nuclear de agua en ebullición, en el que el reactor comprende una pluralidad de tales conjuntos de combustible, y una pluralidad de barras de control, pudiéndose insertar cada barra de control en una posición de barra de control respectiva entre los conjuntos de combustible, en el que el conjunto de combustible tiene un eje central longitudinal e incluye una pluralidad de barras de combustible alargadas, comprendiendo cada barra de combustible combustible nuclear encerrado mediante un envainado, manteniéndose las barras de combustible en posiciones predeterminadas entre sí con la ayuda de una serie de rejillas separadoras, y formando una caja de canales alargados una carcasa exterior del conjunto de combustible y que encierra las barras de combustible, teniendo la caja de canales lados interiores, frente a las barras de combustible, y lados exteriores, cada lado interior y cada lado exterior teniendo una línea central longitudinal que se extiende en paralelo con el eje central y a lo largo de la longitud de la caja del canal, en el que un número de salientes se proporcionan en la caja de canales para sobresalir desde al menos dos de los lados exteriores, véase el documento JP-05011083.

Los conjuntos de combustible y las barras de control anteriormente descritos se colocan en el núcleo del reactor nuclear de agua en ebullición (BWR nuclear). Las cajas de canales de los conjuntos de combustible en el BWR nuclear usualmente consisten en un material resistente a la corrosión, con una baja capacidad de absorción de neutrones, tal como una aleación a base de circonio.

El entorno en el núcleo de un BWR nuclear es exigente para los componentes situados en el mismo. El entorno es, por ejemplo, muy oxidante. Una de las consecuencias de este entorno exigente en el interior del núcleo de un BWR nuclear es que la caja de canales de los conjuntos de combustible puede estar distorsionada. La caja de canales puede, por ejemplo, abultarse o arquearse. El arqueado de la caja de canales es debido a la elongación de un lado de la caja de canales con respecto al lado opuesto de la caja de canales. El arqueado de la caja de canales se sabe que surge por diferentes razones, por ejemplo, fabricación inicial, relajación de la tensión residual bajo irradiación, crecimiento diferencial de la irradiación y corrosión de sombra.

El problema de la corrosión de sombra en componentes que comprenden aleaciones a base de circonio en el núcleo de un BWR nuclear se ha conocido durante mucho tiempo. La corrosión de sombra es una mejora de la corrosión local y puede aparecer en un componente de aleación a base de circonio cuando el componente está en contacto con otro metal. Haciendo referencia a lo anterior, la corrosión de sombra en el lado exterior de una caja de canales puede producirse cuando se inserta una hoja de barra de control al lado de la caja de canales, es decir, cuando la caja de canales que consiste en una aleación a base de circonio está en estrecho contacto con una hoja de la barra de control, que tiene usualmente una superficie exterior de acero inoxidable.

La corrosión de sombra temprana en la vida de un conjunto de combustible, es decir, la corrosión de sombra en el conjunto de combustible debido a una barra de control insertada al lado del conjunto de combustible durante los primeros meses de operación, se cree generalmente que conduce a un problema de arqueado del canal mejorado de las cajas de canales en un BWR nuclear. La corrosión de sombra puede resultar en un aumento del crecimiento inducido por el hidrógeno absorbido del lado exterior de la caja de canales más próxima a la barra de control. El aumento en el crecimiento inducido por el hidrógeno absorbido puede conducir al arqueamiento de la caja de canales hacia la barra de control al final de la vida del conjunto de combustible. El arqueado de la caja de canales hacia la barra de control puede provocar a una interferencia de la barra de control de la caja de canales, que puede, por ejemplo, hacer que los conjuntos de combustible se eleven debido a la fricción cuando las barras de control se insertan en el núcleo.

Los estudios han demostrado que la corrosión de sombra depende mucho de la distancia entre el componente de aleación a base de circonio y el componente que comprende otro metal. Por lo tanto, la aparición de la corrosión de sombra es más significativo en el caso de una gran hoja de barra de control y una pequeña distancia entre la hoja de barra de control y la caja de canal.

El documento JP 05-323069 divulga una caja de canal para un BWR nuclear, en el que la caja de canal tiene zapatas que se proyectan axialmente en los lados exteriores de la caja de canal. Las almohadillas que se proyectan se proporcionan en los dos lados exteriores de la caja de canal frente a una barra de control cuando se inserta la barra de control en el núcleo del reactor. El objeto de las almohadillas que se proyectan es garantizar un espacio entre los conjuntos de combustible, donde la barra de control se inserta, incluso si la caja de canal se deforma cuando la caja de canal se inclina contra la barra de control. La inclinación de la caja de canal se describe que es causada por el alargamiento de la caja de canal debido a la exposición a los neutrones durante la operación. En consecuencia, incluso si la caja de canal se inclina hacia la barra de control, las almohadillas que se proyectan en los lados exteriores de la caja del canal asegurarán de que es posible insertar una barra de control entre los conjuntos de combustible.

El documento JP-05011083 divulga una caja de canal con una sección transversal cuadrada en la que se inserta un haz de combustible de barras de combustible y una pluralidad de espaciadores. Unas partes gruesas se

proporcionan en el centro de las cuatro superficies de la caja de canal a lo largo de la longitud. Mediante esta configuración, se mejoran las características de rigidez sísmica, hidráulicas térmicas y nucleares.

Sumario de la invención

5 El propósito de la presente invención es mitigar la corrosión de sombra en la caja de canal de un conjunto de combustible de un BWR nuclear, reduciendo así el riesgo de corrosión de sombra del arco de la caja de canal mejorada.

Este propósito se consigue con el conjunto de combustible definido inicialmente, que se caracteriza por las características de la porción caracterizadora de la reivindicación 1.

10 El diseño del conjunto de combustible de acuerdo con la invención evita de este modo que una hoja de barra de control se acerque demasiado de la caja de canal del conjunto de combustible. Además, el diseño de los salientes asegura una inserción suave de la barra de control entre los conjuntos de combustible, evitando que la barra de control se dañe.

15 De acuerdo con una realización, los salientes están distribuidos a lo largo de toda la longitud, o sustancialmente toda la longitud, de los lados exteriores de la caja de canal. Mediante la distribución de los salientes a lo largo de sustancialmente toda la longitud de los lados exteriores, se puede conseguir una inserción más suave de la barra de control entre los conjuntos de combustible. Por otra parte, la acción de mitigación de la corrosión de sombra en los lados exteriores de la caja de canal será más uniforme sobre los lados exteriores cuando se proporcionan y se distribuyen a lo largo de sustancialmente toda la longitud de los lados exteriores de los salientes.

20 De acuerdo con una realización, los salientes están distribuidos a lo largo de la línea central de cada uno de los lados exteriores de la caja de canal. Al proporcionar salientes en cada uno de los lados exteriores de la caja de canal, se facilita la fabricación de la caja y se reducen los posibles problemas de fabricación. Además, se puede evitar la formación no simétrica de la corrosión de sombra en los lados exteriores de la caja de canal.

25 De acuerdo con una realización, los salientes sobresalen desde 0,5 hasta 1,5 mm, preferiblemente 0,8 a 1,2 mm, a partir de los lados exteriores de la caja de canal. Los estudios han demostrado que un aumento de la distancia entre la barra de control y la caja de canal de, por ejemplo, 0,4 mm a 1,0 mm puede mitigar la corrosión de sombra en la caja del canal en más de un factor de 2.

De acuerdo con una realización, los salientes están distribuidos a una distancia de al menos 50 mm entre sí.

De acuerdo con una realización, los salientes están distribuidos a una distancia de más de 1000 mm entre sí.

Por ejemplo, los salientes pueden estar distribuidos a una distancia de 80-120 mm, tal como 100 mm, entre sí.

30 De acuerdo con una realización, los salientes están distribuidos uniformemente a lo largo de la línea central de los lados exteriores de la caja de canal. Preferiblemente, los salientes están distribuidos a distancias iguales entre sí a lo largo de la línea central de los lados exteriores.

De acuerdo con una realización, los salientes tienen una forma curvada, facilitando la forma curvada el deslizamiento de una hoja de barra de control de la barra de control y en la parte superior de los salientes.

35 De acuerdo con una realización, la caja de canal comprende cuatro paredes que se extienden en paralelo con el eje central, comprendiendo las paredes dichos lados interiores y dichos lados exteriores, respectivamente.

De acuerdo con una realización, la caja de canal tiene una sección transversal sustancialmente cuadrada vista en la dirección del eje central.

40 De acuerdo con una realización, el conjunto de combustible comprende además un elemento de soporte alargado que se extiende en la dirección del eje central, teniendo el elemento de soporte una sección transversal cruciforme vista en la dirección del eje central, en el que el elemento de soporte está fijado a los lados interiores de la caja de canal a través de una pluralidad de uniones de soldadura a lo largo de las líneas centrales. El soporte y/o la rigidez dadas al conjunto de combustible mediante el elemento de soporte reducen sustancialmente las tensiones y las deformaciones. La construcción de un conjunto de combustible que incluye un elemento de soporte que permite de este modo una reducción significativa en el espesor de las paredes de la caja del canal.

45 De acuerdo con una realización, el elemento de soporte comprende cuatro alas, estando cada ala fijada a un respectivo lado interior de la caja de canal.

De acuerdo con una realización, el elemento de soporte divide las barras de combustible del conjunto de combustible en cuatro subgrupos iguales.

50 De acuerdo con una realización, el elemento de soporte es hueco, que forma un canal vertical a través del cual el agua puede fluir hacia arriba a través del conjunto de combustible.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra esquemáticamente una planta nuclear que comprende un reactor.

La figura 2 muestra esquemáticamente un conjunto de combustible de acuerdo con la invención.

5 La figura 3 muestra esquemáticamente una vista en sección transversal en la dirección del eje central de un conjunto de combustible de acuerdo con la invención.

Descripción de ejemplos de realización

Una realización de un reactor nuclear de agua en ebullición que puede comprender el conjunto de combustible de acuerdo con la invención se describirá primero con referencia a la figura 1. La figura 1 muestra parte de una planta nuclear. La planta nuclear comprende un reactor 1. El reactor 1 comprende un núcleo 2 que tiene una pluralidad de conjuntos de combustible 3. Cada conjunto de combustible 3 tiene un eje central longitudinal z, véase la figura 3. Además, cada conjunto de combustible 3 comprende una pluralidad de barras de combustible 7 alargadas, véase la figura 3. Cada barra de combustible 7 comprende combustible nuclear 7a y un envainado 7b que encierra el combustible nuclear 7a. Las barras de combustible 7 se mantienen en posiciones predeterminadas una con relación a otra con la ayuda de una serie de rejillas separadoras, no mostradas. El reactor 1 comprende además una pluralidad de barras de control 4 que se indican esquemáticamente en la figura 1. Las barras de control 4 se encuentran entre los conjuntos de combustible 3 y se conectan a unos elementos de accionamiento 5. Cada barra de control 4 tiene cuatro palas 4a de la barra de control, véase la figura 3, dispuestas en una disposición cruciforme. Los elementos de accionamiento 5 son capaces de mover las barras de control 4 hacia arriba y abajo en una dirección vertical x dentro y fuera de una posición respectiva entre los conjuntos de combustible 3.

20 Una realización de un conjunto de combustible de acuerdo con la invención se describirá ahora con referencia a la figura 2 y a la figura 3. La figura 2 y la figura 3 muestran un conjunto de combustible 3, que comprende una caja de canal 6 alargada. La caja de canal 6 forma una carcasa exterior del conjunto de combustible 3 y tiene una sección transversal cuadrada o sustancialmente cuadrada, vista en la dirección del eje central z. La caja de canal 6 encierra una pluralidad de barras de combustible 7 alargadas. La caja de canal 6 comprende cuatro paredes. Las paredes se extienden en paralelo con el eje central z. Además, la caja de canal 6 tiene cuatro lados interiores 8 y cuatro lados exteriores 9. Cada pared de la caja de canal 6 comprende o forma un respectivo lado interior 8 y un respectivo lado exterior 9. Los lados interiores 8 de la caja de canal 6 están orientados hacia las barras de combustible 7. Cada lado interior 8 y cada lado exterior 9 tienen una línea central y longitudinal que se extiende en paralelo con el eje central z a lo largo de la longitud de la caja de canal 6.

30 El conjunto de combustible 3 comprende además un elemento de soporte 10 alargado que se extiende en la dirección del eje central z. El elemento de soporte 10 tiene una sección transversal cruciforme vista en la dirección del eje central z. El elemento de soporte 10 está fijado a los lados interiores 8 de la caja de canal 6 a través de una pluralidad de uniones de soldadura 11 a lo largo de las líneas centrales y. En la realización según la figura 3, el elemento de soporte 10 tiene cuatro alas 10a. Cada ala 10a está fijada a través de las uniones de soldadura 11 a un respectivo lado interior 8 de la caja de canal 6. Además, el elemento de soporte 10 tiene una parte central 10b. En la presente realización, las alas 10a y la parte central 10b son huecas. Sin embargo, las alas 10a y la parte central 10b también pueden ser sólidas. El elemento de soporte 10 hueco de la presente realización forma un canal vertical, a través del cual el agua puede fluir hacia arriba a través del conjunto de combustible 3. Además, el elemento de soporte 10 divide las barras de combustible 7 del conjunto de combustible 3 en cuatro subgrupos iguales. Cada subgrupo tiene una sección transversal aproximadamente cuadrada vista en la dirección del eje central z.

Una serie de salientes 12 se proporcionan en la caja de canal 6 para sobresalir desde al menos dos de los lados exteriores 9. Los salientes 12 se distribuyen a lo largo de la línea central y de los lados exteriores 9. Los salientes 12 se distribuyen a lo largo de sustancialmente toda la longitud, o la longitud total, de los lados exteriores 9. Preferiblemente, los salientes 12 se distribuyen a lo largo de la línea central y de cada uno de los lados exteriores 9 de la caja de canal 6. Por otra parte, los salientes 12 están distribuidos de manera uniforme a lo largo de la línea central y. Preferiblemente, los salientes 12 están distribuidos de manera uniforme entre las uniones de soldadura 11, como se muestra en la figura 2, es decir, puede haber un saliente 12 entre cada par de uniones de soldadura 11 adyacentes. Los salientes 12 están distribuidos a una distancia d_1 de al menos 50 mm entre sí y la mayoría de 1000 mm, 800 mm, 600 mm, 400 mm, 200 mm o menos entre sí. Por ejemplo, los salientes están distribuidos a una distancia d_1 de 100 mm entre sí.

Los salientes 12 están configurados para garantizar una distancia mínima d_2 entre el lado exterior 9 y una hoja 4a de la barra de control adyacente. Los salientes 12 sobresalen una distancia d_2 de aproximadamente 0,5-1,5 mm desde los lados exteriores 9 de la caja de canal 6. Preferiblemente, los salientes 12 sobresalen 1,0 mm o ligeramente menos, tal como por ejemplo 0,8 a 1,2 mm, desde los lados exteriores 9. Además, los salientes 12 están configurados para permitir que una barra de control 4 se deslice fácilmente sobre y encima de los mismos. Preferiblemente, los salientes 12 tienen una forma curvada, al menos, cuando se ven en una dirección perpendicular al eje central z de la caja de canal 6, véase la figura 2. La forma curvada facilita el deslizamiento de la barra de control 4 sobre y en la parte superior de los salientes 12.

La distancia mínima d_2 entre los lados exteriores 9 de la caja de canal 6 y una barra de control 4 insertada mitiga el fenómeno de corrosión de sombra en los lados exteriores 9 de la caja de canal 6. La mitigación de la corrosión de sombra en la caja de canal 6 reduce el riesgo de que la caja de canal se arquee hacia la barra de control 4. Sin embargo, la corrosión de sombra se puede producir en los salientes 12, pero entonces sólo a nivel local.

- 5 La presente invención no está limitada a las realizaciones mostradas, sino que puede variarse y modificarse dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de combustible (3) para un reactor (1) nuclear de agua de ebullición, en el que el reactor (1) comprende una pluralidad de tales conjuntos de combustible (3), y una pluralidad de barras de control (4), siendo cada barra de control (4) insertable en una posición de barra de control respectiva entre los conjuntos de combustible (3),
- 5 en el que el conjunto de combustible (3) tiene un eje central longitudinal (z), e incluye una pluralidad de barras de combustible (7) alargadas, comprendiendo cada barra de combustible (7) combustible nuclear (7a) encerrado por un envainado (7b), manteniéndose las barras de combustible (7) en posiciones predeterminadas entre sí, y
- 10 una caja de canal (6) alargada que forma una carcasa exterior del conjunto de combustible (3) y que encierra las barras de combustible (7), teniendo la caja de canal (6) unos lados interiores (8), encarados a las barras de combustible (7) y unos lados exteriores (9), teniendo cada lado interior (8) y cada lado exterior (9) una línea central longitudinal (y) que se extiende en paralelo con el eje central (z) y a lo largo de la longitud de la caja de canal (6),
- 15 en el que un número de salientes (12) se proporcionan en la caja de canal (6) para sobresalir desde al menos dos de los lados exteriores (9),
- caracterizado porque** una pluralidad de los salientes (12) están distribuidos a lo largo de la línea central (y) en cada uno de los al menos dos lados exteriores (9), en el que los salientes (12) están configurados para asegurar una distancia mínima (d_2) entre cada uno de los al menos dos lados exteriores (9) y una barra de control adyacente (4), y para permitir que la barra de control (4) se deslice fácilmente sobre y, en la parte superior, de los salientes (12).
- 20 2. Un conjunto de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, **en el que** los salientes (12) están distribuidos a lo largo de sustancialmente toda la longitud de los lados exteriores (9) de la caja de canal (6).
3. Un conjunto de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **en el que** los salientes (12) están distribuidos a lo largo de la línea central (y) de cada uno de los lados exteriores (9) de la caja de canal (6).
- 25 4. Un conjunto de combustible de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **en el que** los salientes (12) sobresalen de 0,5 a 1,5 mm, preferiblemente de 0,8 a 1,2 mm, desde los lados exteriores (9) de la caja de canal (6).
5. Un conjunto de combustible de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **en el que** los salientes (12) están distribuidos a una distancia (d_1) de al menos 50 mm entre sí.
- 30 6. Un conjunto de combustible de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **en el que** los salientes (12) están distribuidos a una distancia (d_1) de más 1.000 mm entre sí.
7. Un conjunto de combustible de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **en el que** los salientes (12) están distribuidos uniformemente a lo largo de la línea central (y) de los lados exteriores (9) de la caja de canal (6).
- 35 8. Un conjunto de combustible de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **en el que** los salientes (12) tienen una forma curvada, facilitando la forma curvada el deslizamiento de una hoja (4a) de barra de la barra de control (4) sobre y en la parte superior de los salientes (12).
9. Un conjunto de combustible de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **en el que** la caja de canal (6) comprende cuatro paredes que se extienden en paralelo con el eje central (z), comprendiendo las paredes dichos lados interiores (8) y dichos lados exteriores (9), respectivamente.
- 40 10. Un conjunto de combustible de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **en el que** la caja de canal (6) tiene una sección transversal sustancialmente cuadrada vista en la dirección del eje central (z).
11. Un conjunto de combustible de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **en el que** el conjunto de combustible comprende además un elemento de soporte (10) alargado que se extiende en la dirección del eje central (z), teniendo el elemento de soporte (10) una sección transversal cruciforme vista en la dirección del eje central (z), en el que el elemento de soporte (10) está fijado a los lados interiores (8) de la caja de canal (6) a través de una pluralidad de uniones de soldadura (11) a lo largo de las líneas centrales (y).
- 45 12. Un conjunto de combustible de acuerdo con la reivindicación 11, **en el que** el elemento de soporte (10) comprende cuatro alas (10a), estando fijada cada ala (10a) a un respectivo lado interior (8) de la caja de canal (6).
- 50 13. Un conjunto de combustible de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, **en el que** el elemento de soporte (10) divide las barras de combustible (7) del conjunto de combustible (3) en cuatro subgrupos iguales.

14. Un conjunto de combustible de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, **en el que** el elemento de soporte (10) es hueco, formando un canal vertical a través del cual el agua puede fluir hacia arriba a través del conjunto de combustible (3).

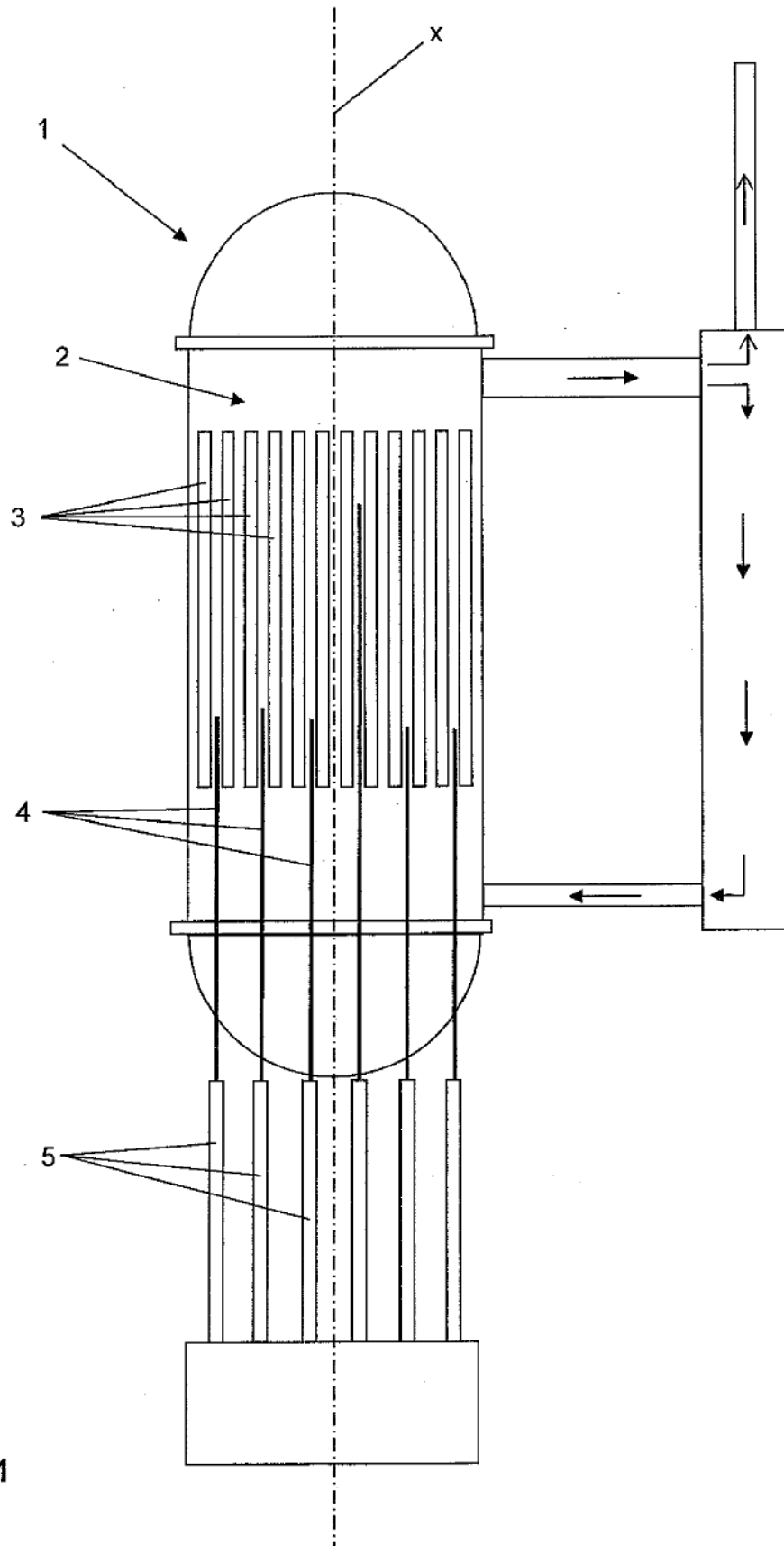


Fig. 1

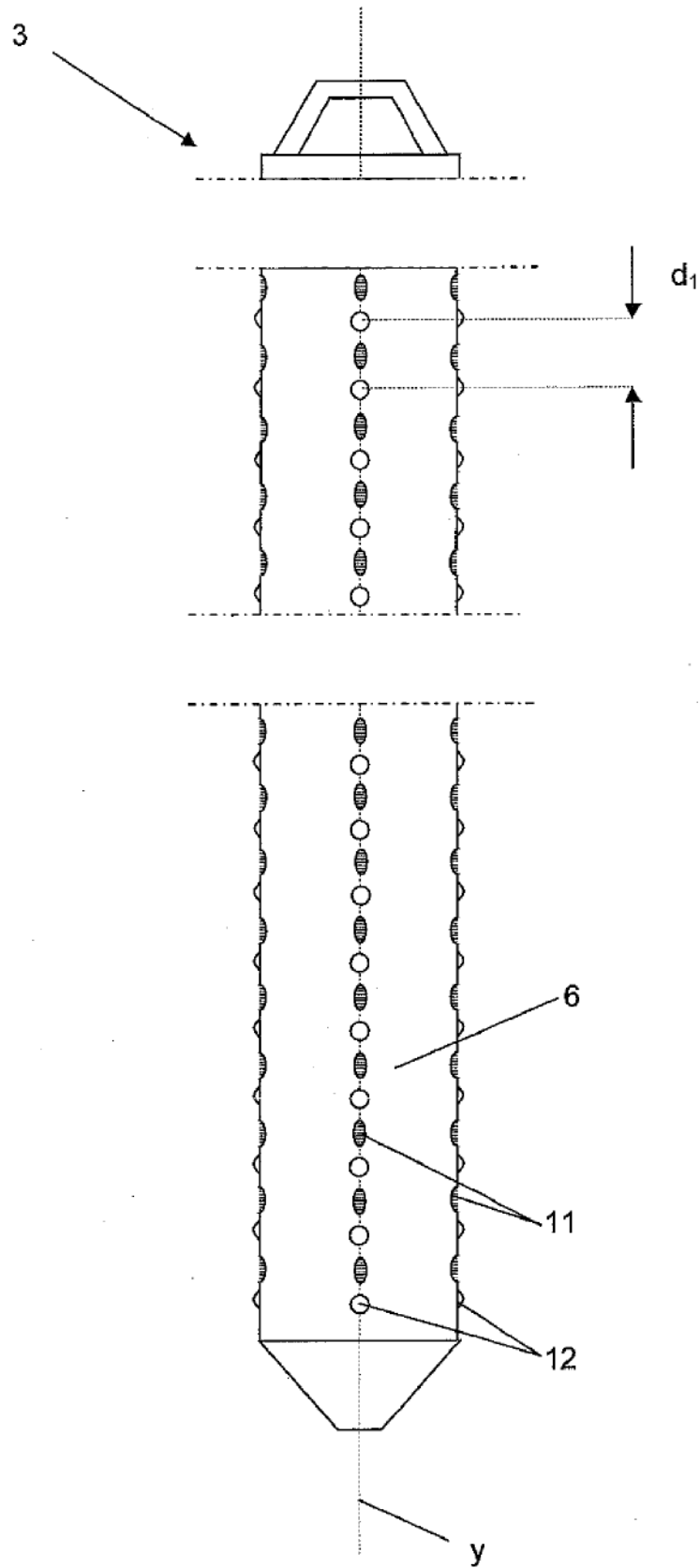


Fig. 2

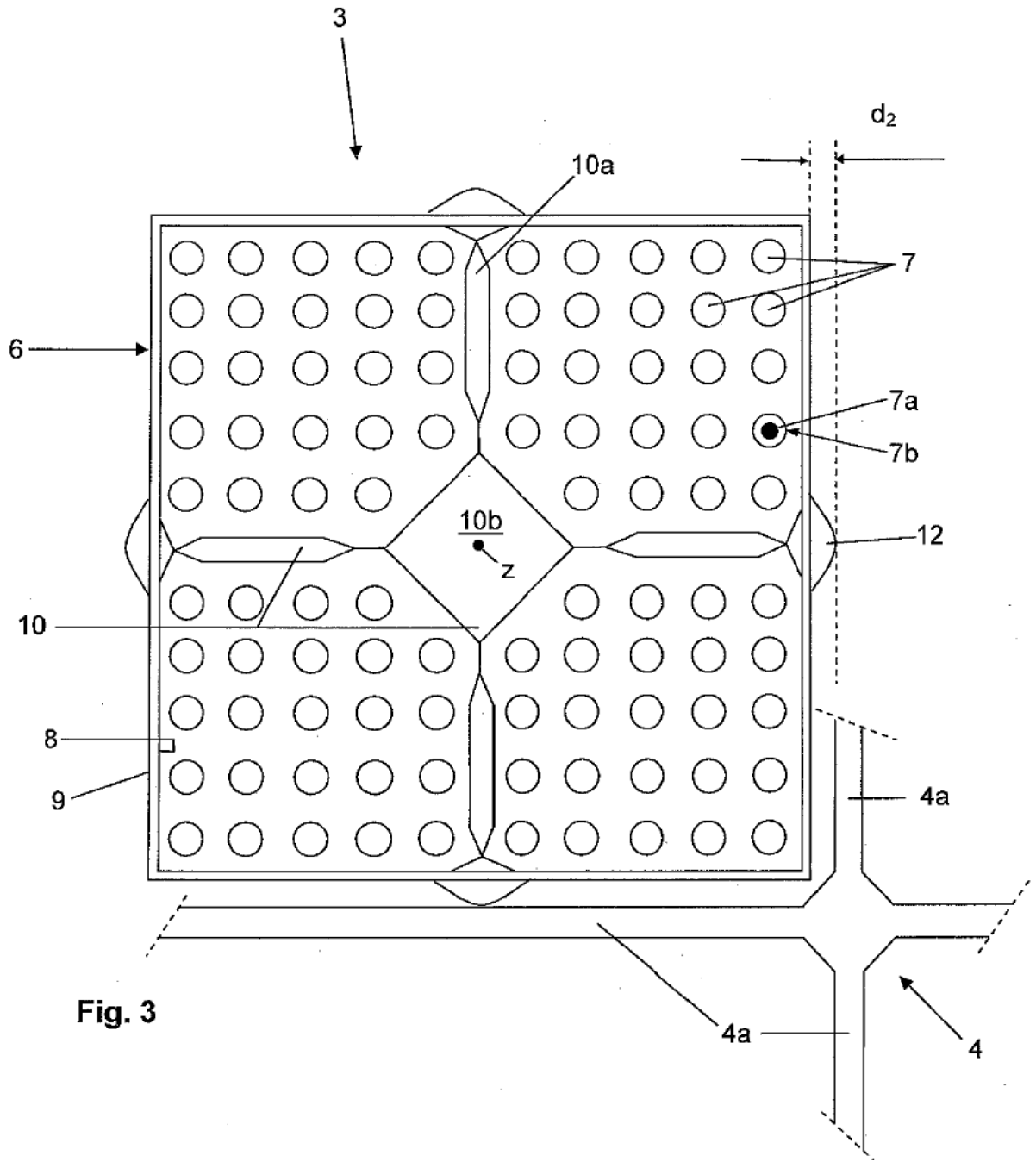


Fig. 3