



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 366 595**

(51) Int. Cl.:
G21C 3/33 (2006.01)
G21C 3/344 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **08162480 .1**
(96) Fecha de presentación : **15.08.2008**
(97) Número de publicación de la solicitud: **2031599**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **04.03.2009**

(54) Título: **Barrera de detención de desechos para placa de sujección superior en un haz de combustible nuclear y procedimiento para filtrar desechos.**

(30) Prioridad: **31.08.2007 US 848414**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.10.2011

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.10.2011

(73) Titular/es:
GLOBAL NUCLEAR FUEL-AMERICAS, L.L.C.
3901 Castle Hayne Road
Wilmington, North Carolina 28402, US

(72) Inventor/es: **De Filippis, Michael S.;**
Luciano, Gerald A.;
Smith, David;
Kiernan, Michael T.;
Clark, Carlton W. y
Langston, Andrew K.

(74) Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 366 595 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

Barrera de detención de desechos para placa de sujeción superior en un haz de combustible nuclear y procedimiento para filtrar desechos

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere a un elemento de combustible nuclear que incluye un haz de combustible y una placa de sujeción para dar soporte al elemento de combustible y, en particular, se refiere a una barrera de detención de desechos que está acoplada de forma que puede retirarse a o integrada permanentemente con una placa de sujeción superior (UTP) del elemento de combustible.

10 En un elemento de combustible nuclear, un moderador/refrigerante líquido fluye al interior del elemento a través de la parte inferior y sale como una mezcla de agua y vapor desde la parte superior. El núcleo de un reactor nuclear de agua en ebullición (BWR) incluye una pluralidad de elementos de combustible dispuestos en una relación vertical uno al lado de otro, conteniendo cada uno un haz de barras de combustible. Los elementos de combustible incluyen un haz de combustible y un alojamiento formado por un canal de metal hueco. El haz de combustible incluye una agrupación de barras de combustible paralelas, barras de agua y una o más placas de sujeción, separadores, y
15 láminas muelle, que dan soporte a las barras en el haz. Generalmente, un haz de combustible incluye una placa de sujeción superior cerca de la parte superior del haz y una placa de sujeción inferior en la parte inferior del haz.

Los desechos pueden caer a través de una placa de sujeción superior convencional y acabar alojados dentro del haz de combustible en el que los desechos pueden provocar un desgaste por rozamiento de barra de combustible durante condiciones de operación de BWR normales. El desgaste por rozamiento es potencialmente perjudicial para
20 las barras de combustible, dando como resultado lo que se conoce normalmente en el sector, como un "elemento de combustible con fugas".

Los esfuerzos convencionales para tratar los desechos que caen al interior de un elemento de combustible normalmente se concentran en evitar los desechos dentro del propio refrigerante y de los conductos de flujo de refrigerante, antes de que el flujo de refrigerante entre al interior de los elementos de combustible dentro del núcleo.
25 Los esfuerzos convencionales normalmente implican controles administrativos relacionados con el tratamiento de los conductos de flujo de refrigerante y el manejo de elementos de combustible de modo que los desechos no se introduzcan en los conductos de los elementos de combustible. Estos controles se diseñan para mitigar las fuentes de desechos de modo que los desechos no caen al interior de los elementos de combustible. No obstante, existe un riesgo de caída de desechos al interior de un elemento de combustible, especialmente mientras se detiene el flujo de refrigerante y el núcleo del reactor está abierto, o cuando se realiza un trabajo de servicio en el núcleo. Existe una necesidad percibida desde hace mucho tiempo de procedimientos y dispositivos especiales para asegurar que los desechos no caigan al interior de los elementos de combustible desde arriba, especialmente durante las operaciones de reaprovisionamiento de combustible, las inspecciones de combustible y cuando el refrigerante está en un patrón de flujo de refrigerante inverso.

Breve descripción de la invención

La presente invención proporciona un elemento de combustible de reactor nuclear que comprende: un haz de combustible que incluye una agrupación de barras de combustible montada en una placa de sujeción superior y alojada dentro de un canal, caracterizado porque una barrera de detención de desechos se dispone en una ranura en un armazón de la placa de sujeción superior y por encima de las barras de combustible, en la que la barrera de
40 detención de desechos tiene una superficie al menos coincidente en extensión con un área al menos parcialmente abierta de la placa de sujeción superior.

Además, la presente invención proporciona un procedimiento para evitar la caída de desechos al interior de un elemento de combustible de reactor nuclear que incluye un haz de barras de combustible montado por debajo de una placa de sujeción superior y alojado en un canal, comprendiendo el procedimiento: insertar una barrera de
45 detención de desechos en una ranura en un armazón de la placa de sujeción superior; mantener la barrera en la placa de sujeción superior y por encima de las barras de combustible, mientras que el elemento de combustible está en un núcleo de reactor nuclear en funcionamiento; hacer fluir un refrigerante a través del haz y la barrera de detención de desechos durante el funcionamiento del núcleo de reactor nuclear, y capturar o desviar los desechos que caen en el elemento de combustible con la barrera de detención de desechos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista lateral parcialmente abierta de un elemento de combustible convencional, con una parte del canal, de las barras de combustible y de las barras de agua retiradas por corte.

La figura 2 es una vista en perspectiva de la parte superior y de las caras laterales de una primera realización de una placa de sujeción superior que tiene una barrera de detención de desechos interna que puede ser una unidad que
55 puede retirarse o estar acoplada como una estructura integrada permanente dentro de la placa de sujeción superior para evitar la caída de desechos al interior del elemento de combustible.

La figura 3 es una vista lateral que muestra la primera realización de la placa de sujeción superior y de la barrera de detención de desechos mostradas en una sección transversal tomada a lo largo de la línea 3–3 de la figura 2.

La figura 4 es una vista en perspectiva de la parte superior y de las caras laterales de una segunda realización de una placa de sujeción superior que tiene una barrera de detención de desechos interna que puede retirarse, en la que la barrera de detención de desechos que puede ser una unidad que puede retirarse o estar acoplada como una estructura integrada permanente dentro de la placa de sujeción superior, y la barrera se muestra extendiéndose parcialmente fuera de la placa de sujeción superior.

La figura 5 es una vista en perspectiva de la parte superior y de las caras laterales de la segunda realización de una placa de sujeción superior que tiene una barrera de detención de desechos interna que puede retirarse, en la que la barrera está insertada completamente en la placa de sujeción superior.

La figura 6 es una vista lateral que muestra la segunda realización de la placa de sujeción superior y de la barrera de detención de desechos.

La figura 7 es una vista de arriba hacia abajo de la segunda realización de la placa de sujeción superior, sin una barrera de detención de desechos.

La figura 8 es una vista de arriba hacia abajo de la barrera de detención de desechos de la segunda realización de la placa de sujeción superior.

La figura 9 es una vista en perspectiva de la parte superior y de las caras laterales de una tercera realización de una placa de sujeción superior que tiene una barrera de detención de desechos que puede ser una unidad que puede retirarse o estar acoplada como una estructura integrada permanente dentro de la placa de sujeción superior, en el que la barrera se muestra fuera de la placa de sujeción superior. La flecha muestra la dirección de inserción de la barrera en el interior de la placa.

La figura 10 es una vista en perspectiva de la parte superior y de las caras laterales de la tercera realización de una placa de sujeción superior que tiene una barrera de detención de desechos interna que puede retirarse, en la que la barrera se muestra adecuadamente alineada y asentada en la cavidad de la placa de sujeción superior.

La figura 11 es una vista lateral que muestra la tercera realización de la placa de sujeción superior y de la barrera de detención de desechos está completamente asentada en y acoplada a la placa de sujeción superior.

La figura 12 es una vista de abajo hacia arriba de la barrera de detención de desechos de la tercera realización de la placa de sujeción superior con la barrera de detención de desechos completamente asentada y adecuadamente alineada para la inserción de los enchufes macho de extremo superior de la barra de combustible que ayudan a mantener la barrera de detención de desechos dentro de la placa de sujeción superior durante las operaciones de núcleo.

La figura 13 es una vista de abajo hacia arriba de la barrera de detención de desechos de la tercera realización de la placa de sujeción superior con una barrera de detención de desechos que muestra un alineamiento adecuado de la barrera de detención de desechos antes de la inserción de los enchufes macho de extremo superior de la barra de combustible dentro de la placa de sujeción superior.

Descripción detallada de la invención

En el presente documento se dan a conocer unas barreras de desechos que atenúan la entrada de un material extraño al interior de la parte superior de un elemento de combustible. Las barreras de desechos desvían, atrapan o eliminan las partículas extrañas introducidas en el interior de la parte superior del elemento de combustible. Evitando la entrada de partículas extrañas al interior del elemento de combustible, se reduce substancialmente la posibilidad de un fallo debido a un desgaste por rozamiento de barra de combustible. La barrera de detención de desechos puede ser una unidad que puede retirarse de la placa de sujeción superior o una estructura integrada permanentemente en la placa de sujeción superior. Se espera evitar la caída de desechos al interior del haz de combustible para asegurar la vida útil esperada del elemento de combustible reduciendo el riesgo de fallo de la barra de combustible y una descarga prematura del núcleo del reactor.

La figura 1 es una vista lateral que muestra en sección transversal un elemento 10 de combustible convencional conformado generalmente como una columna vertical con una sección transversal. El núcleo 21 del reactor incluye muchos elementos de combustible dispuestos uno al lado de otro en una agrupación predefinida. El elemento incluye normalmente, por ejemplo, una agrupación de barras 11 de combustible de longitud completa y de barras 12 de combustible de longitud parcial dispuestas en paralelo. Se da soporte a las barras de combustible mediante una placa 13 de sujeción superior, una placa 14 de sujeción inferior, y uno o más separadores 15 dispuestos en ubicaciones a lo largo de la longitud de las barras de combustible. Una o más barras 23, 230 de agua se extienden normalmente a través del centro de la agrupación de barras de combustible y se acoplan a la placa de sujeción superior mediante un tapón 19 extremo de cierre. El haz de combustible comprende las barras 11, 12 de combustible, las barras 23, 230 de agua, las placas 13, 14 de sujeción, las barras 24 de sujeción, los separadores

15, las láminas muelle 18, y un canal 20.

Las láminas muelle 16 de expansión de barra de combustible se extienden desde el tapón de extremo superior de las barras 11 de combustible de longitud completa y las barras 24 de sujeción a la cara inferior de la placa 13 de sujeción superior. Unas tuercas 17 hexagonales se aseguran a un extremo roscado de las barras 24 de sujeción. Las barras se extienden a través de la placa de sujeción superior y el extremo opuesto de cada barra se asegura a la placa 14 de sujeción inferior del elemento 10 de combustible. La placa 14 de sujeción inferior incluye unos resortes 18 en cuña en las paredes laterales exteriores de la placa 14 de sujeción inferior que se enganchan a un canal 20 que proporciona un alojamiento hueco para el haz 10 de combustible.

El canal 20 es normalmente un tubo hueco alargado, de sección transversal rectangular y que tiene una longitud que cubre las barras de combustible en el elemento 10 de combustible. Unos pilares 25 de canal en esquinas opuestas de la placa 13 de sujeción superior proporcionan guías para alinear el canal encima del haz 10 de combustible. Una abrazadera de sujeción de canal asegura el canal 20 a los pilares 26 de canal roscados. Generalmente, un asa 22 de elevación en forma de U se acopla como parte de la placa 13 de sujeción superior. El asa 22 puede usarse para alzar y bajar al interior de un núcleo 21 del reactor el elemento 10 de combustible o para mover de otro modo el elemento del núcleo.

Los desechos pueden introducirse en la parte superior del haz 10 de combustible especialmente durante condiciones de no funcionamiento o de funcionamiento tales como, el reaprovisionamiento de combustible, la recepción de nuevo combustible, el transporte al núcleo, cuando el flujo de refrigerante deja de fluir hacia arriba a través del núcleo, y cuando el flujo de moderador puede estar estancado o invertido. Los desechos que caen al interior de la parte superior del haz de combustible pueden acabar alojados en la placa de sujeción, la ménsula de separador, entre las barras o entre una pared de canal y una barra. Las fisuras en el haz de combustible pueden capturar los desechos en el haz. Los desechos pueden caer a través de una placa 13 de sujeción superior convencional (figura 1) y acabar alojados dentro de una ubicación en el interior del elemento 10 haz de combustible en el que podría provocar un desgaste por rozamiento de barra de combustible durante las condiciones de funcionamiento de BWR.

Las figuras 2 y 3 muestran un elemento 100 de placa de sujeción superior que tiene una barrera 102 de desechos interna (figura 2) que puede ser una unidad que puede retirarse o una estructura integrada permanente en la placa de sujeción superior. La barrera 102 puede estar montada en o ser solidaria con el interior de un armazón 104 de soporte horizontal del elemento. Se proporciona una agrupación de soportes 106 de pasador cilíndricos junto a y dentro de la barrera de detención de desechos. Estos soportes 106 de pasador proporcionan un soporte estructural para el haz, por ejemplo, las barras 24 de sujeción roscadas y las láminas muelle 16 de expansión de las barras de combustible y posiblemente las barras 23, 230 de agua. El soporte estructural para el haz proporcionado por la barrera de detención de desechos puede hacer innecesaria una agrupación de soportes de pasador separada en la placa de sujeción superior.

La barrera 102 de desechos rellena el área confinada por el armazón 104 de la placa de sujeción superior. La barrera de detención de desechos puede ser o no solidaria con el armazón, y puede que pueda o no retirarse del armazón. La barrera 102 de desechos es porosa y filtra los desechos a partir del flujo de fluido a través del elemento 10 de combustible. Preferentemente, el refrigerante fluye a través de la barrera de detención de desechos sin una pérdida de presión sustancial a través de la barrera 102 de desechos.

Los conductos 108 de flujo a través de la barrera 102 de desechos tienen un eje o ejes que forman preferentemente un ángulo obtuso respecto de un eje vertical del elemento 10 de combustible. A modo de ejemplo, los conductos a través de la barrera 102 de desechos se inclinan en una primera dirección en la mitad superior de la barrera y se inclinan en una segunda dirección en la mitad inferior de la barrera, con una esquina 116 formada entre las dos mitades. Los conductos en inclinación de la barrera 102 de desechos obstruyen el paso de luz en vertical a través de la barrera. Debido a la inclinación de los conductos 108 en la barrera 102 de desechos, no es posible mirar a través de la barrera. La visión está obstruida debido a que los conductos 108 obtusos en la barrera de detención de desechos evitan una vista según una línea de visión de arriba hacia abajo a través del elemento 100 de placa de sujeción superior.

En el ejemplo mostrado en las figuras 2 y 3, la barrera 102 es una disposición de tiras de metal en ángulo dispuestas una al lado de otra para formar un patrón de cheurón en la sección 112 transversal que es generalmente perpendicular al haz 10 de combustible. Los conductos 108 están formados entre las tiras dispuestas una al lado de otra. Alternativamente, la barrera 102 de desechos puede estar formada de un material poroso, tal como una tela de alambre o de tejido, una esponja, una rejilla, una agrupación de varillas o de listones que se cruzan, u otro material de matriz. La barrera 102 de desechos es generalmente una placa plana porosa que tiene unos bordes 110 de perímetro que hacen tope con las superficies interiores del armazón 104 del elemento 100 de placa de sujeción superior.

La barrera 102 de desechos puede permanecer en el elemento 10 de combustible durante el funcionamiento del núcleo 21 de reactor nuclear. Preferentemente, la barrera 102 de desechos tiene una porosidad, una tela abierta o una estructura de matriz que permite que un refrigerante, especialmente un refrigerante de emergencia, fluya hacia

abajo a través de la barrera de detención de desechos sin una resistencia al flujo sustancial. La estructura porosa, de cheurón, de tela o de matriz de la barrera 102 de desechos obstruye el paso de los desechos. La barrera de detención de desechos sirve como un filtro que permite el paso de fluidos, tales como un refrigerante, y obstruye el paso de partículas. Preferentemente, la barrera de detención de desechos debería tener un tamaño de poros que minimice el tamaño de los desechos sin imponer una caída de presión de fluido significativa a través de la barrera 102 de desechos.

La barrera 102 de desechos filtra y atrapa los desechos en el flujo de refrigerante, especialmente los desechos que fluyen hacia abajo desde arriba del elemento 10 de combustible y al elemento 100 de placa de sujeción superior. Los conductos 108 de la barrera 102 de desechos son demasiado estrechos como para permitir que se introduzcan partículas de desecho más grandes en los conductos. Las partículas de desecho más grandes se atrapan en una superficie 114 superior de la barrera 102 de desechos. Las partículas de desecho más pequeñas pueden introducirse en los conductos de la barrera de detención de desechos y alojarse en las esquinas y fisuras 116 de la barrera de detención de desechos de modo que no fluyen en sentido descendente por debajo del elemento 100 de placa de sujeción superior y al interior del elemento 10 de combustible. El armazón puede ser poroso, por ejemplo, tener unas aberturas 31 verticales pequeñas para permitir que el fluido pase a través del armazón y obstruya el paso de desechos. Las aberturas en el armazón aumentan el área de flujo eficaz de los conductos a través de la placa 100 de sujeción superior y compensan o contrarrestan de este modo cualquier restricción de fluido debida a la barrera 102 de desechos. Los puntos 117 de referencia acoplados al armazón 104 de soporte centran el canal con la placa de sujeción superior y se usan durante la fabricación para cuadrar la placa 100 de sujeción superior con las barras de combustible.

Las figuras 4 y 5 son vistas en perspectiva de la cara lateral y la parte superior de un elemento alternativo de la placa 130 de sujeción superior que tiene un armazón 132 horizontal con una ranura 134 horizontal para acoger una barrera 136 de desechos que puede o bien ser una unidad que puede retirarse, o bien puede estar acoplada como una estructura integrada permanente dentro de la placa de sujeción superior. La barrera se retira parcialmente del armazón en la figura 4. Durante la operación la barrera 136 se inserta completamente en el interior de la ranura 134 y está confinada por el armazón 132, tal como se muestra en la figura 5.

El elemento 130 de placa de sujeción superior incluye un asa 22 de placa de sujeción superior que se acopla o es solidaria con el armazón. El armazón 132 puede incluir una estructura de pared de soporte exterior rectangular que tiene unas nervaduras 138 huecas para acoger unos acoplamientos de extremo de barra, por ejemplo, unos pasadores roscados de las barras de sujeción y que proporciona un refuerzo para las láminas muelle de expansión de las barras de combustible. El armazón puede ser poroso, por ejemplo, tener unas aberturas 131 verticales pequeñas para permitir que el fluido pase a través del armazón y obstruya el paso de desechos. Las aberturas en el armazón aumentan el área de flujo eficaz de los conductos a través de la placa 130 de sujeción superior y compensan o contrarrestan de este modo cualquier restricción de fluido debida a la barrera 136 de desechos. Los puntos 117 de referencia acoplados al armazón 132 de soporte centran el canal con la placa de sujeción superior y se usan durante la fabricación para cuadrar la placa 130 de sujeción superior con las barras de combustible.

La figura 6 es una vista lateral del elemento 130 de placa de sujeción superior, que tiene una ranura 134 horizontal y la placa 136 de barrera de detención de desechos en la ranura. La barrera 136 de desechos puede tener una forma transversal de sección ondulada que da como resultado unas aberturas en la barrera que se inclinan 143 con respecto al eje vertical del haz 10 de combustible. La inclinación 143 en la abertura es ventajosa para la obstrucción del paso de desechos. La forma ondulada de la barrera 136 de desechos también ayuda a asegurar la barrera de detención de desechos en la ranura 134 haciendo que los salientes superiores y las acanaladuras inferiores 133 de la barrera 136 de desechos están orientados hacia las superficies superior e inferior de la ranura 134.

La figura 7 es una vista desde arriba del elemento 130 de placa de sujeción superior. La matriz 140 de soportes 141 de pasador y de las nervaduras 142 de interconexión se muestra claramente en la figura 7. La matriz 140 puede incluir unas matrices superior 156 e inferior 158 que forman una superficie superior e inferior de la ranura 134 que acoge la barrera 136 de desechos. La matriz 140 de metal de los soportes 141 de pasador está montada en el armazón y se extiende por encima del área en el interior del armazón. La matriz 140 de metal puede estar formada mediante mecanizado por descarga eléctrica (EDM) de una colada de metal del elemento de placa de sujeción superior. La matriz 140 puede estar acoplada al armazón y entre sí por radios, barras o una estructura de matriz (colectivamente, estructura de matriz). La matriz 140 puede estar dispuesta inmediatamente por encima o por debajo de la barrera 136 de desechos. La matriz 140 de soportes 141 de pasador incluye unos soportes 141 cilíndricos para acoger unos acoplamientos de extremo de barra, por ejemplo, los pasadores roscados de las barras de sujeción y las láminas muelle de expansión de las barras de combustible y los enchufes macho de extremo superior de las barras de agua. Los soportes cilíndricos están interconectados por unas nervaduras 142 de interconexión y unas nervaduras 144 de conexión de armazón. La matriz 140 puede incluir unas abrazaderas 145 de metal sólido especialmente cerca de las esquinas y por debajo de los soportes para el asa.

La figura 8 es una vista de arriba hacia abajo de la placa 136 de barrera de detención de desechos. Las aberturas 135 para los extremos 28 roscados de las barras 24 de sujeción y las barras 11, 12 de combustible están dispuestas para alinearse con los cilindros 141 de soporte de pasador en las matrices 140 superior e inferior de la placa de sujeción superior. Los salientes superiores y las acanaladuras inferiores 133 contienen las aberturas 135 en la

barrera de detención de desechos para acoger los extremos 28 roscados de las barras 24 de sujeción, las barras 11, 12 de combustible, las barras 23, 230 de agua y los enchufes macho de extremo superior para cada tipo. Estas aberturas 135 se llenarán mediante los enchufes macho de extremo superior, lo que obstruye el paso de los desechos que podrían de otro modo fluir a través de las aberturas. Los salientes y las acanaladuras 133 pueden no estar provistos de unas aberturas de flujo de refrigerante con el fin de evitar unas aberturas verticalmente alineadas que pueden presentar una tendencia a dejar pasar unas partículas de desecho cuyo paso sería obstruido por las aberturas 143 inclinadas en las caras 137 laterales en ángulo de los salientes y las acanaladuras 133.

La figura 9 muestra una tercera realización de una placa 150 de sujeción superior que tiene una barrera 152 de desechos que puede retirarse que se desliza en una ranura 154 entre una sección 156 plana superior y una sección 158 plana inferior de la placa 150 de sujeción superior que puede ser una unidad que puede retirarse o una estructura integrada permanente en la placa de sujeción superior. En la figura 9, la barrera de detención de desechos se muestra tal como si estuviera retirada de la ranura 154 de la placa de sujeción superior. La figura 10 muestra la barrera 152 de desechos completamente insertada y asegurada dentro de la placa 150 de sujeción superior. La figura 11 es la vista lateral del filtro 152 de desechos completamente insertado en el interior de la cavidad 154 de placa de sujeción superior. Las figuras 12 y 13 muestran unas vistas superior e inferior, respectivamente, de la placa 150 de sujeción superior.

Un armazón 160 de tres lados de la placa 150 de sujeción superior mantiene unidas las secciones 156, 158 planas superior e inferior. El armazón puede ser poroso, por ejemplo, tener unas aberturas 131 verticales pequeñas para permitir que el fluido pase a través del armazón y obstruya el paso de desechos. Las aberturas en el armazón aumentan el área de flujo eficaz de los conductos a través de la placa 150 de sujeción superior y compensan o contrarrestan de este modo cualquier restricción de fluido debida a la barrera 152 de desechos. Los puntos 117 de referencia acoplados al armazón 160 de soporte centran el canal con la placa de sujeción superior y se usan durante la fabricación para cuadrar la placa 150 de sujeción superior con las barras de combustible. El armazón 160 también da soporte a un asa 22 de elevación y los pilares 25 de canal. El armazón 160 incluye unas secciones 156, 158 planas superior e inferior que son estructuras de soporte de carga de la placa 150 de sujeción superior, y que proporcionan un soporte estructural para la barrera 152 de desechos, el canal 20, la barra 24 de sujeción y otros componentes del elemento de combustible. Opcionalmente, una barrera 152 de desechos estructuralmente fuerte puede servir como una estructura de soporte de carga y reemplazar a una o más de las secciones 156, 158 superior e inferior y el armazón 160. La barrera 152 de desechos incluye unas aberturas 161 (figuras 12 y 13) para acoger las barras de combustible, por ejemplo, y que están alineadas con los soportes 141 de pasador de las secciones 156, 158 planas superior e inferior de la placa 150 de sujeción superior.

La barrera 152 de desechos puede ser generalmente plana y tener bordes 162 (figura 9) que hacen tope con las paredes interiores del armazón 160, y las superficies 164, 166 superior e inferior que son contiguas a las superficies interiores de las secciones 156 y 158 más planas superior e inferior de la placa de sujeción superior. Debido al espesor de la barrera 152 de desechos, puede ser necesaria una fuerza pequeña para ubicar la barrera de detención de desechos completamente dentro de la cavidad de la placa de sujeción superior.

La barrera 152 de desechos puede ser una estructura metálica en forma de panal de abeja, una tela de alambre o de tejido, una esponja, una rejilla, una agrupación de varillas o de listones que se cruzan, u otra matriz que sea porosa. El material que forma la barrera debería resistir el servicio en un núcleo de reactor nuclear. Preferentemente, los conductos a través de la barrera de detención de desechos no son rectos en su totalidad e incluyen al menos una curva o recodo. Las curvas y los recodos en los conductos de la barrera de detención de desechos presentan una tendencia a capturar los desechos, especialmente hebras de alambres y de barras. Los conductos a través de la barrera 152 de desechos pueden ser numerosos para minimizar cualquier caída de presión de fluido a través de la barrera de detención de desechos, mientras que se mantiene la función de filtrado de desechos de la barrera de detención de desechos. El fluido fluye a través de los conductos inconexos, pero los desechos se filtran al exterior del fluido mediante la barrera de detención de desechos. Una característica de la barrera de detención de desechos puede ser que la luz no pase a través de la barrera de detención de desechos debido a las curvas y los recodos en los conductos.

Las curvas y los recodos (figura 11) en los conductos 159 de flujo de la barrera 152 de desechos pueden estar formados mediante la laminación de dos o más capas 168 de material de barrera de detención de desechos, por ejemplo, una capa metálica en forma de panal de abeja, de modo que los conductos en cada capa no están alineados. A modo de ejemplo, los conductos en cada capa pueden estar en ángulo, por ejemplo, de 5 grados a 45 grados, con respecto al eje del elemento 10 de combustible. La dirección o la pendiente de los ángulos de conducto en cada capa 164, 166 puede ser diferente de modo que las capas formen unos conductos 159 inconexos a través de la barrera 152 de desechos laminada. Alternativamente, los conductos de desechos a través de cada capa de la barrera de detención de desechos pueden desviarse con respecto a los conductos de las capas contiguas y las separaciones entre las capas permiten que el fluido pase a través de la barrera de detención de desechos con una resistencia al fluido relativamente pequeña.

Las barreras 102, 136 y 152 de desechos pueden permanecer en el elemento 10 de combustible durante el funcionamiento del núcleo de reactor nuclear. Preferentemente, la barrera de detención de desechos tiene una porosidad que permite que un refrigerante, especialmente un refrigerante de emergencia, fluya en sentido

descendente a través de la barrera de detención de desechos sin una resistencia al flujo sustancial. La porosidad y los conductos de fluido inconexos de la barrera de detención de desechos obstruyen el paso de desechos. La barrera de detención de desechos sirve como un filtro que permite el paso de fluidos, tales como fluido refrigerante, y obstruye el paso de partículas. Preferentemente, la barrera de detención de desechos debería obstruir el paso de partículas del material de desechos que tengan un tamaño de poros que minimice el tamaño de los desechos mientras que se mantiene el flujo óptimo de refrigerante.

Las barreras 102, 136 y 152 de desechos mostradas en las figuras 2 a 13 son barreras ejemplares. La barrera 102 de desechos mostrada en las figuras 2 y 3 puede estar configurada como una placa, que tiene una estructura porosa de cheurón en la sección transversal, y solidaria con la placa de sujeción superior. La barrera 102 de desechos es una estructura de soporte de carga que incluye unas aberturas para acoger y dar soporte a las barras de sujeción, las barras de combustible y los enchufes macho de extremo de un haz de combustible. Debido a la barrera 102 de desechos de soporte de carga, las estructuras de soporte más planas superior e inferior no son necesarias. Las figuras 4 a 8 muestran una barrera 136 de desechos formada por una o más capas de capas metálicas porosas. Las capas pueden tener una forma transversal de sección ondulada que imparta una inclinación a los conductos en la barrera y de este modo puede mejorar la función de filtrado de la barrera. La barrera 136 de desechos, tal como se muestra, no es de soporte de carga y está insertada en una ranura de un armazón de soporte de carga de la placa de sujeción superior. Las figuras 9 a 12 muestran una barrera 152 de desechos que es una placa laminada que tiene capas y conductos que son inconexos y tienen curvas y recodos para capturar los desechos. Tal como se muestra en las figuras 9 a 12, la barrera 152 de desechos no es de soporte de carga y tiene aberturas a través de las que pasan las barras de sujeción, las barras de combustible y los enchufes macho de extremo que están acoplados a unas aberturas en las secciones más planas superior e inferior de la placa de sujeción superior. Alternativamente, la barrera 152 de desechos puede ser de soporte de carga y estar montada en un armazón de una placa de sujeción superior tal como se muestra en las figuras 2 y 3.

Las barreras 102, 136 y 152 de desechos obstruyen el paso de los desechos que fluyen de forma descendente, tienen relativamente poca área resistiva para el flujo de refrigerante de emergencia y permiten la recirculación de fluido que fluye a través y alrededor de la barrera a la parte superior del haz durante la aplicación del sistema de refrigerante de núcleo de emergencia. Pueden modelarse barreras de desechos que tengan otras formas, composiciones y disposiciones en la parte superior de un elemento 10 de combustible para cumplir la función de evitar la caída de desechos al interior de un haz, substancialmente en la misma forma de obstrucción del paso de desechos que caen hacia abajo al interior del haz mientras que se hace pasar refrigerante, para lograr el resultado de que substancialmente no se estén introduciendo desechos en el haz debido a que los desechos caen más allá de la placa de sujeción superior.

Cada una de las tres realizaciones de las barreras 102, 136 y 152 de desechos es adecuada para obstruir el paso de y filtrar los desechos a partir del flujo de refrigerante que pasa a través de la placa de sujeción superior. La barrera 102 de desechos (primera realización) puede mantenerse en su sitio mediante, por ejemplo, uno o más de los siguientes métodos: (i) unos enchufes macho de extremo superior roscados de las barras de sujeción, (ii) las barras 23, 230 de agua, (iii) las barras 11 de combustible de longitud completa dentro del elemento de haz, y (iv) una fuerza de unión ejercida entre la abertura de la cavidad en la placa de sujeción superior para la barrera de detención de desechos y la propia barrera de detención de desechos. Además, la barrera 102 de desechos puede ser una unidad que puede retirarse o una estructura integrada permanente montada dentro de la placa de sujeción superior. Además, la barrera 102 de desechos puede ser una unidad que puede retirarse o una estructura integrada permanente en la placa de sujeción superior y por encima de las barras de combustible, en la que la barrera de detención de desechos tiene una superficie al menos coincidente en extensión con un área abierta del haz de combustible en el interior del canal.

Las barreras 102, 136 y 152 de desechos pueden usarse en un método para evitar la caída de desechos al interior de un elemento de combustible de reactor nuclear que incluye un haz de barras de combustible montado por debajo de una placa de sujeción superior y alojado en un canal, comprendiendo el método: insertar una barrera de detención de desechos que puede ser o bien una unidad que puede retirarse, o bien estar acoplada como una estructura integrada permanente dentro de la placa de sujeción superior. De forma similar, se ha desarrollado un método para mantener la barrera de detención de desechos en la placa de sujeción superior y por encima de las barras de combustible, mientras que el elemento de combustible está en un núcleo de reactor nuclear en funcionamiento; hacer fluir un refrigerante a través del haz y la barrera de detención de desechos durante el funcionamiento del núcleo de reactor nuclear, y capturar o desviar los desechos que caen en el elemento de combustible con la barrera de detención de desechos. Las barreras 102, 136 y 152 de desechos desvían, atrapan y/o eliminan materiales extraños potencialmente introducidos en el interior de la parte superior del elemento de combustible.

Las barreras 102, 136 y 152 de desechos pueden por sí mismas proporcionar un soporte estructural para el haz y de este modo hacer innecesaria una agrupación de soportes de pasador separada en la placa de sujeción superior. Por consiguiente, la placa de sujeción superior puede comprender una barrera de detención de desechos rígida a la que se acoplan las barras de combustible, las barras de agua y las posibles barras de sujeción, en la que la placa de sujeción superior no incluye una agrupación de soporte de pasador convencional.

- El flujo de refrigerante a través de las barreras 102, 136 y 152 de desechos se realiza preferiblemente sin una pérdida de presión sustancial a través de la barrera de detención de desechos. Para reducir la resistencia al flujo de la barrera de detención de desechos, los conductos de flujo pueden ser relativamente anchos aunque inclinados. La inclinación de los conductos en la barrera de detención de desechos mejora la capacidad de la barrera para filtrar desechos. Debido a la inclinación, las partículas de desecho pequeñas no pueden fluir directamente a través de la barrera y presentarán una tendencia a quedar capturadas en el interior de la barrera. La visión a través de la barrera de detención de desechos está obstruida debido a que los conductos obtusos en la barrera de detención de desechos evitan una vista según una línea de visión de arriba hacia abajo a través del elemento de placa de sujeción superior.
- Las barreras 102, 136 y 152 de desechos sirven como un filtro que permite el paso de fluidos, tales como un refrigerante, y obstruye el paso de partículas. Preferentemente, la barrera de detención de desechos tiene una porosidad que permite que un refrigerante, especialmente un refrigerante de emergencia, fluya hacia abajo a través de la barrera de detención de desechos sin una resistencia al flujo sustancial. Preferentemente, la barrera de detención de desechos debería tener un tamaño de poros que minimice el tamaño de los desechos sin imponer una caída de presión de fluido significativa a través de la barrera de detención de desechos. Las barreras 102, 136 y 152 de desechos pueden estar formadas de un material poroso, tal como una tela de alambre o de tejido, una esponja, una rejilla, una agrupación de varillas o de listones que se cruzan, u otro material de matriz. Los conductos de la barrera de detención de desechos son preferentemente demasiado estrechos como para permitir que se introduzcan partículas de desecho más grandes en los conductos. Además, el armazón de la placa de sujeción superior puede ser poroso, por ejemplo, tener unas aberturas verticales pequeñas para permitir que el fluido pase a través del armazón y obstruya el paso de desechos. Las aberturas en el armazón aumentan el área de flujo eficaz de los conductos a través de la placa de sujeción superior y compensan o contrarrestan de este modo cualquier restricción de fluido debida a la barrera de detención de desechos.
- La barrera 136 de desechos puede tener una forma transversal de sección ondulada que da como resultado unas aberturas en la barrera que se inclinan con respecto al eje vertical del haz de combustible. La inclinación en la abertura es ventajosa para la obstrucción del paso de los desechos. La forma ondulada de la barrera 136 de desechos ayuda a asegurar la barrera de detención de desechos en la ranura haciendo que los salientes superiores y las acanaladuras inferiores de la barrera de detención de desechos estén orientados hacia las superficies superior e inferior de la ranura. Los salientes superiores y las acanaladuras inferiores 133 de la barrera de detención de desechos contienen las aberturas para acoger los extremos roscados de las barras de sujeción, las barras de combustible, las barras de agua y los enchufes macho de extremo superior para cada tipo. La barrera 136 de desechos preferentemente tiene una porosidad en las caras laterales entre las partes más superior e inferior de las acanaladuras y los salientes que permite que un refrigerante, especialmente un refrigerante de emergencia, fluya hacia abajo a través del haz de combustible.
- Una barrera 152 de desechos estructuralmente fuerte puede servir como una estructura de soporte de carga y reemplazar a una o más de las secciones superior e inferior del armazón. La barrera 152 de desechos puede ser una estructura metálica en forma de panal de abeja, una tela de alambre o de tejido, una esponja, una rejilla, una agrupación de varillas o de listones que se cruzan, u otra matriz que sea porosa. Los conductos a través de la barrera de detención de desechos pueden ser numerosos para minimizar cualquier caída de presión de fluido a través de la barrera de detención de desechos, mientras que se mantiene la función de filtrado de desechos de la barrera de detención de desechos.
- Si bien la invención se ha descrito en conexión con lo que actualmente se considera que es la realización más práctica y preferida, ha de entenderse que la invención no debe estar limitada a la realización que se da a conocer, sino que por el contrario, tiene como finalidad cubrir diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del espíritu y el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un elemento (10) de combustible de reactor nuclear que comprende:

un haz de combustible que incluye una matriz de barras (11, 12) de combustible montada en una placa (13, 100, 130, 150) de sujeción superior y alojada dentro de un canal (20),
5 caracterizado porque
una barrera (102, 136, 152) de detención de desechos se dispone en una ranura en un armazón de la placa de sujeción superior y por encima de las barras de combustible, en la que la barrera de detención de desechos tiene una superficie al menos coincidente en extensión con un área al menos parcialmente abierta de la placa de sujeción superior.
- 10 2. El elemento de combustible de reactor nuclear tal como en la reivindicación 1, en el que la barrera (102, 136, 152) de detención de desechos es un soporte (106) estructural para un pasador de al menos una de las barras de combustible.
3. El elemento de combustible de reactor nuclear según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el área al menos parcialmente abierta es un área abierta limitada por un armazón (104, 132, 160) de la placa de sujeción superior, en el que el armazón tiene un perímetro exterior contiguo al canal.
- 15 4. El elemento de combustible de reactor nuclear según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el área al menos parcialmente abierta es un área abierta y está limitada por un armazón (104, 132, 160) generalmente rectangular de la placa de sujeción superior.
5. El elemento de combustible de reactor nuclear según la reivindicación 4, en el que el armazón (104, 132, 160) de la placa de sujeción superior incluye al menos una nervadura (138) hueca para acoger un extremo superior de una barra (24) de sujeción del haz de combustible.
- 20 6. El elemento de combustible de reactor nuclear según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el área parcialmente abierta incluye una matriz de soportes (140, 141) de pasador y de nervaduras (142, 144) que interconectan los soportes de pasador entre sí y a un armazón (132) de la placa de sujeción superior, en el que el área al menos parcialmente abierta está limitada por el armazón.
- 25 7. El elemento de combustible de reactor nuclear según la reivindicación 6, en el que la matriz de soportes (140, 141) de pasador y de nervaduras (142, 144) incluye una matriz superior y una matriz inferior, en el que la barrera (136) de desechos está entre la matriz superior y la inferior.
8. Un procedimiento para evitar la caída de desechos al interior de un elemento de combustible de reactor nuclear que incluye un haz de barras de combustible montado por debajo de una placa de sujeción superior y alojado en un canal, comprendiendo el procedimiento:

insertar una barrera de detención de desechos en una ranura en un armazón de la placa de sujeción superior;
35 mantener la barrera en la placa de sujeción superior y por encima de las barras de combustible, mientras que el elemento de combustible está en un núcleo de reactor nuclear en funcionamiento;
hacer fluir un refrigerante a través del haz y la barrera de detención de desechos durante el funcionamiento del núcleo de reactor nuclear, y
capturar o desviar los desechos que caen en el elemento de combustible con la barrera de detención de desechos.
- 40 9. El procedimiento según la reivindicación 8, en el que los desechos se capturan o se desvían mientras que el flujo de refrigerante está estancado o invirtiéndose.
10. El procedimiento según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en el que la barrera de detención de desechos es un material poroso que tiene conductos a través de los que no pasa la luz alineada con un eje del elemento de combustible y la captura o el desvío de los desechos incluye capturar los desechos en las esquinas y las curvas de los conductos.
- 45 11. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que además comprende dar soporte a una barra de sujeción en una abertura de la barrera de detención de desechos.

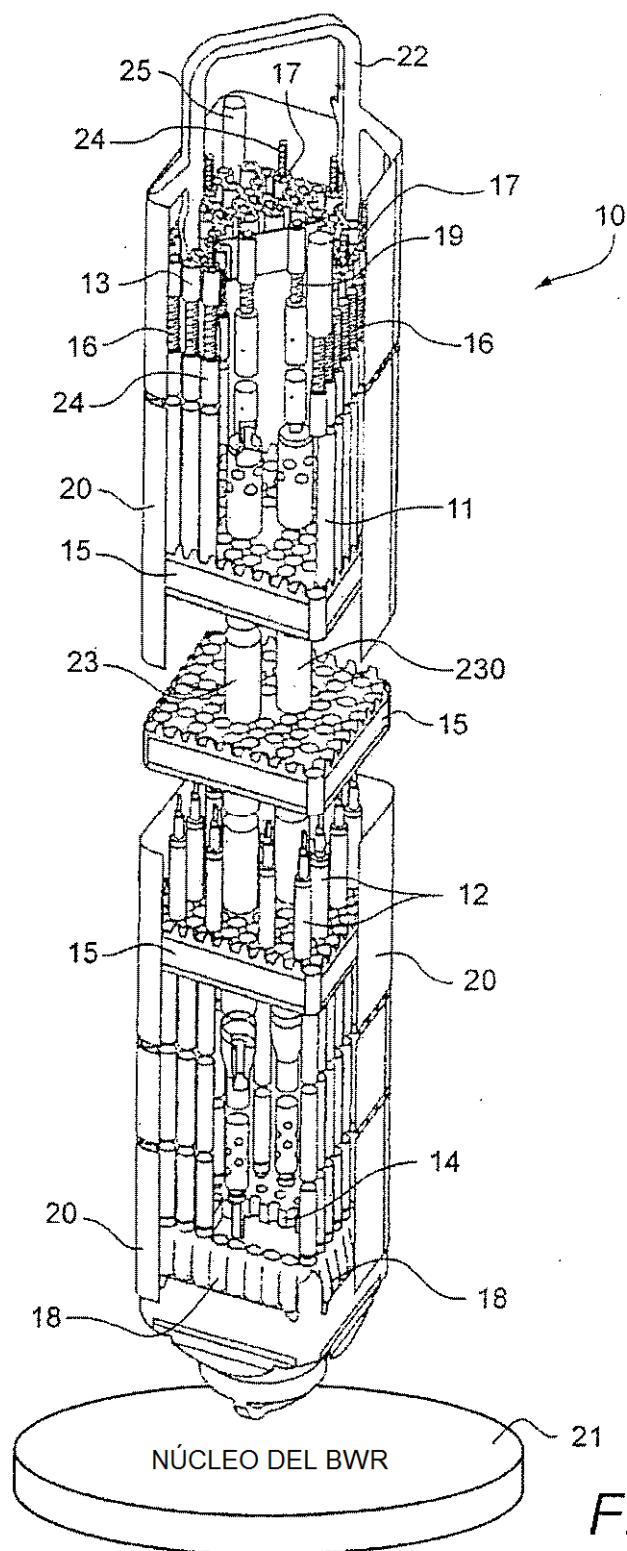


Fig. 1
TÉCNICA ANTERIOR

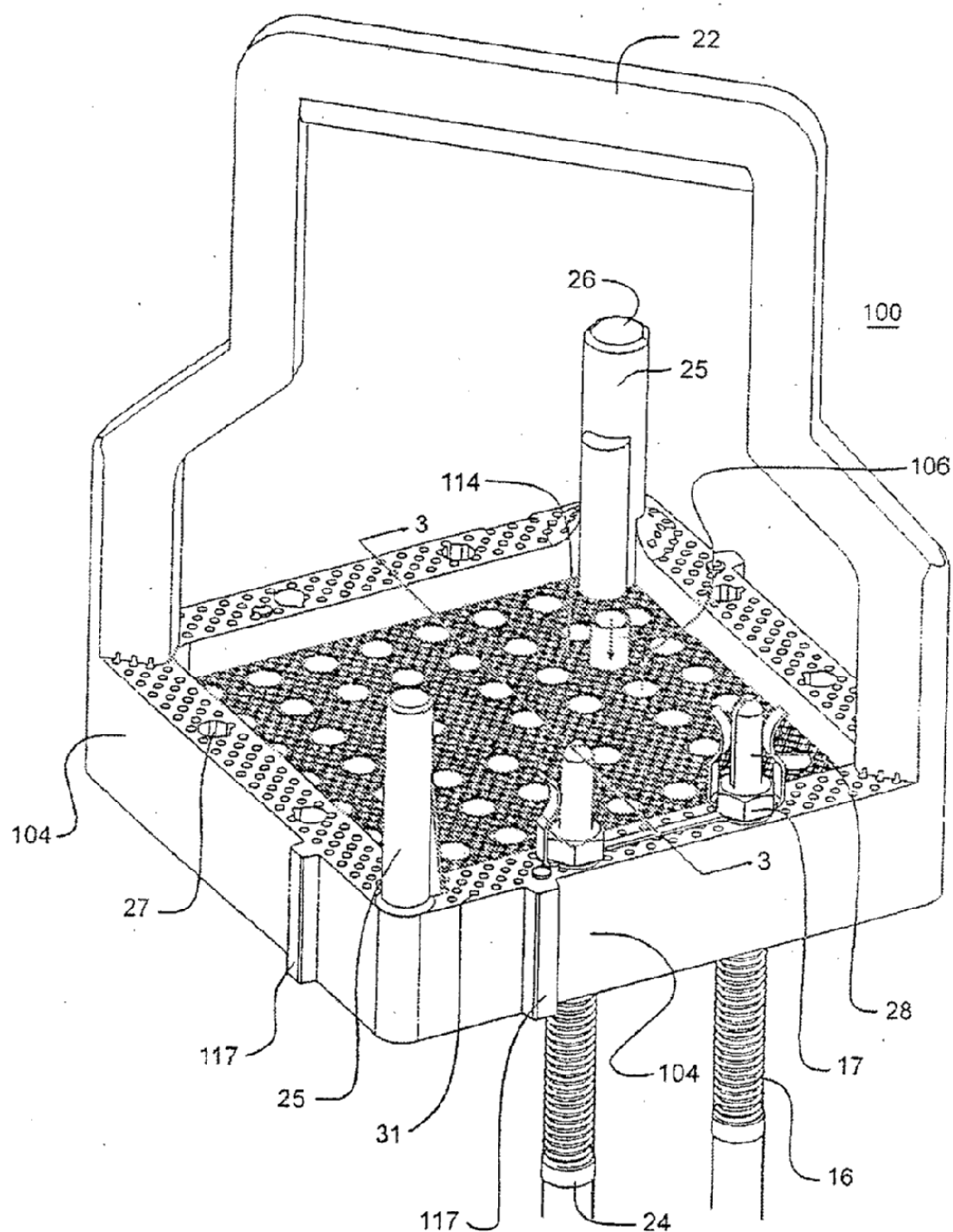


Fig. 2

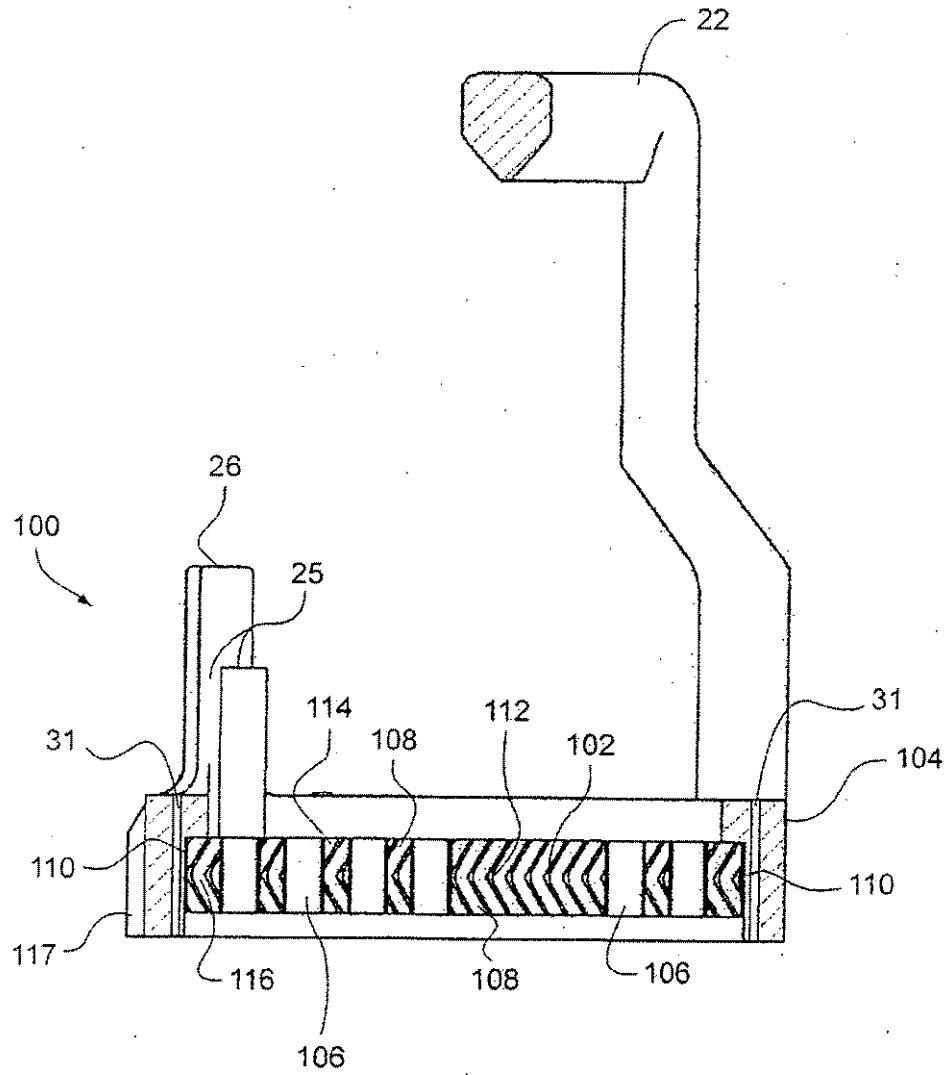


Fig. 3

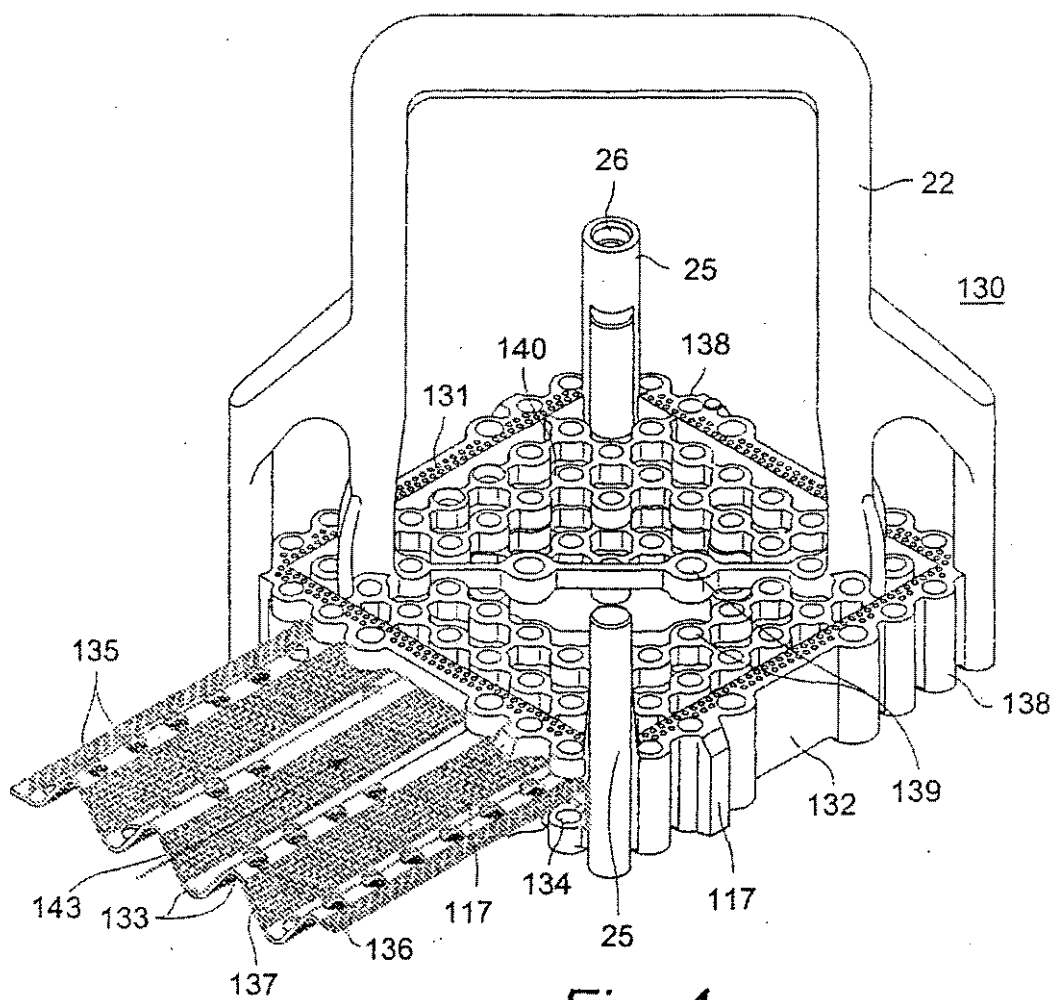


Fig. 4

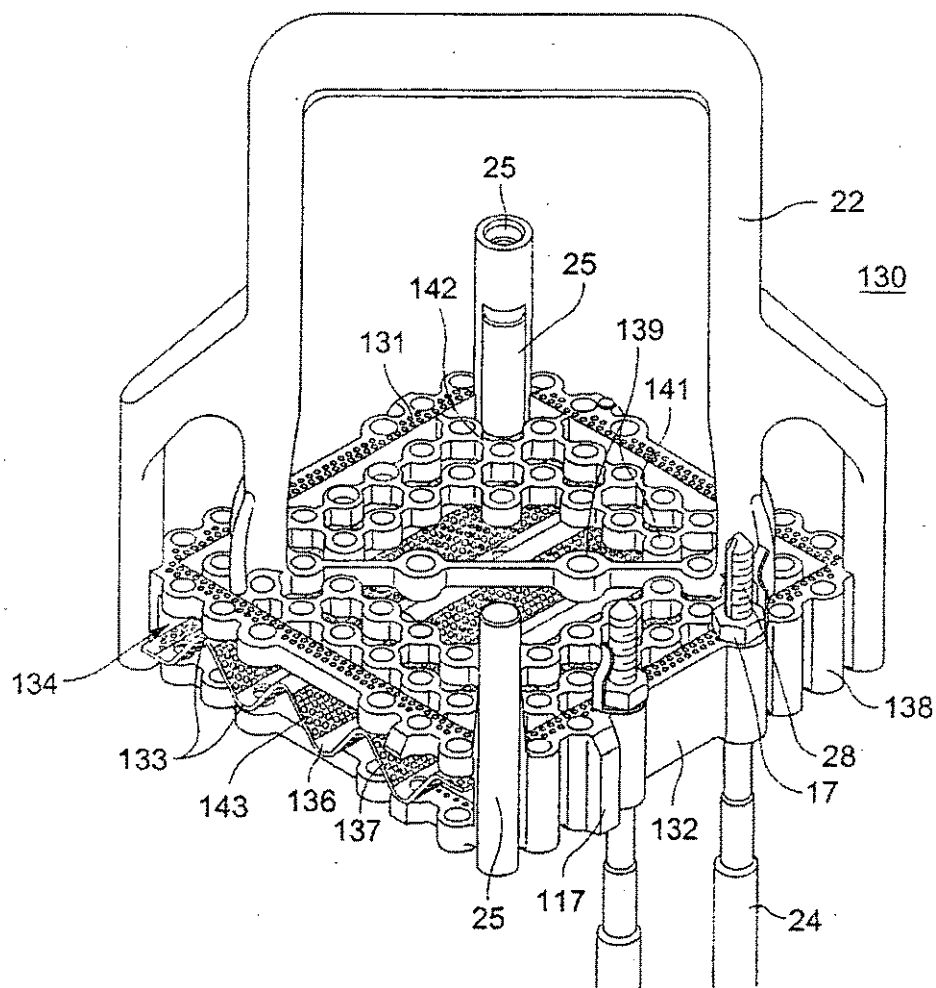


Fig. 5

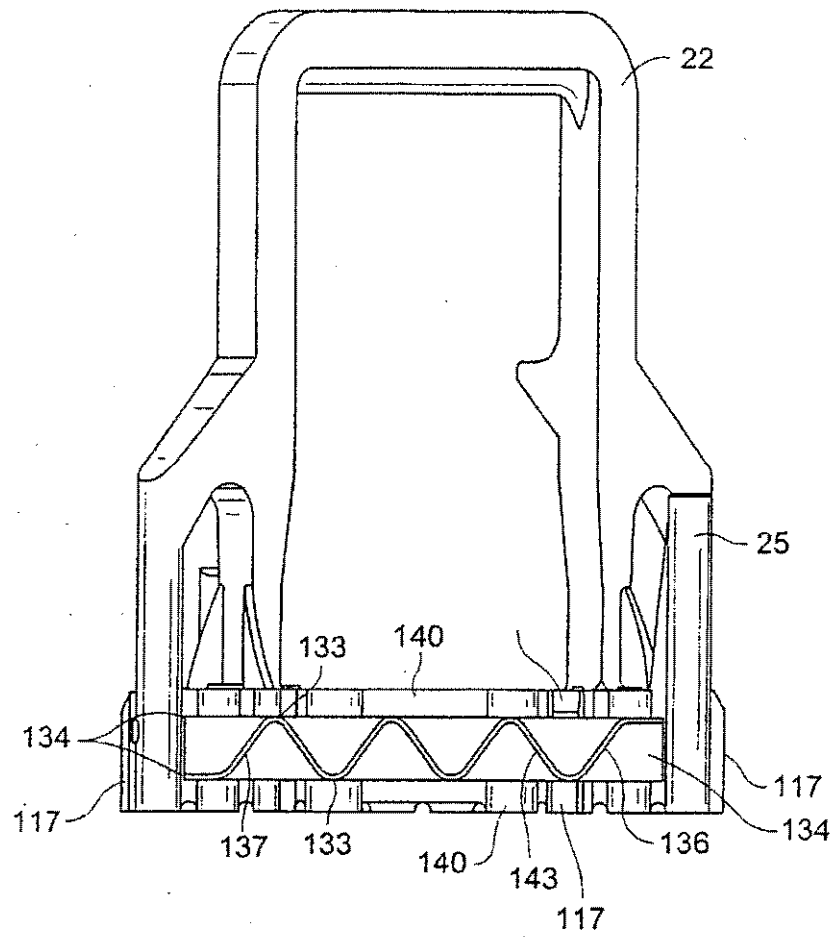


Fig. 6

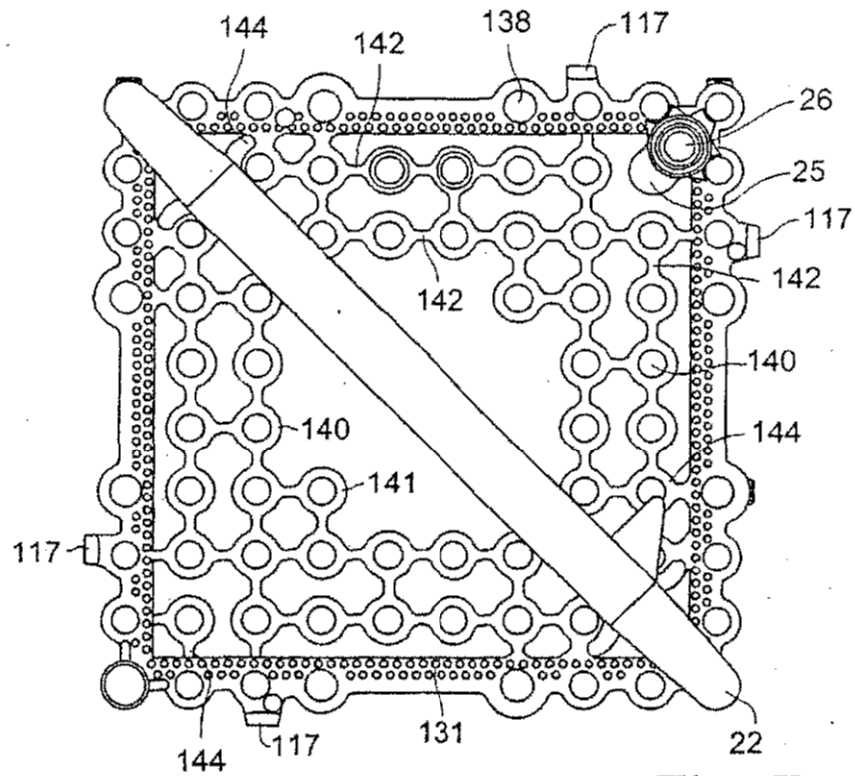


Fig. 7

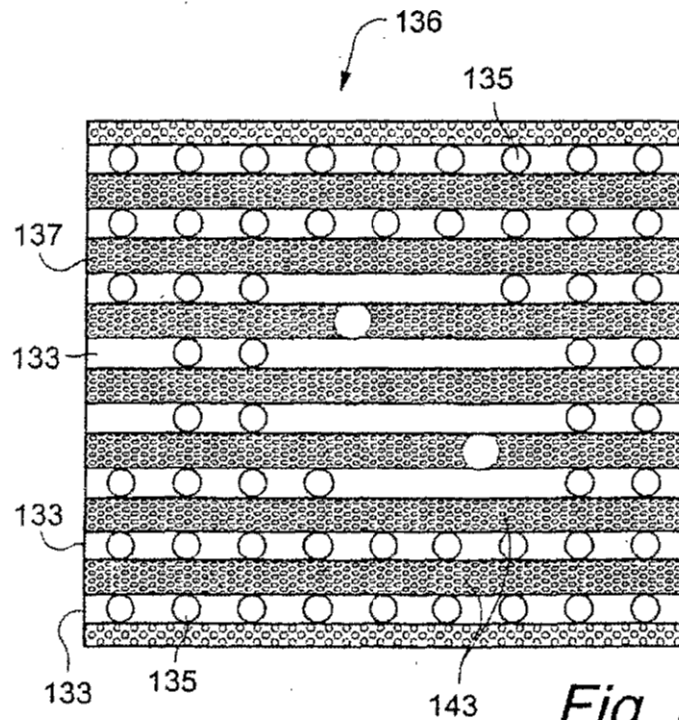


Fig. 8

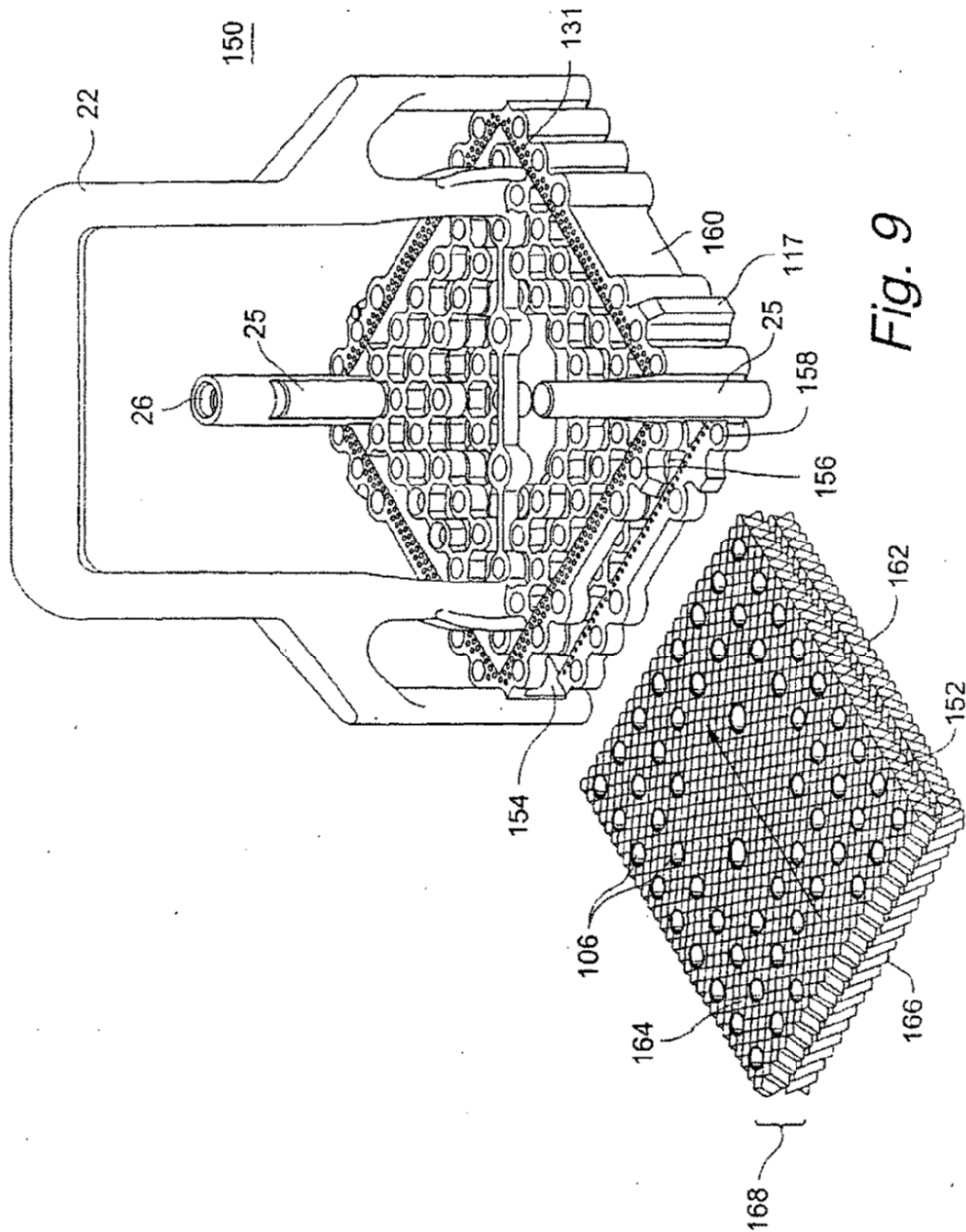


Fig. 9

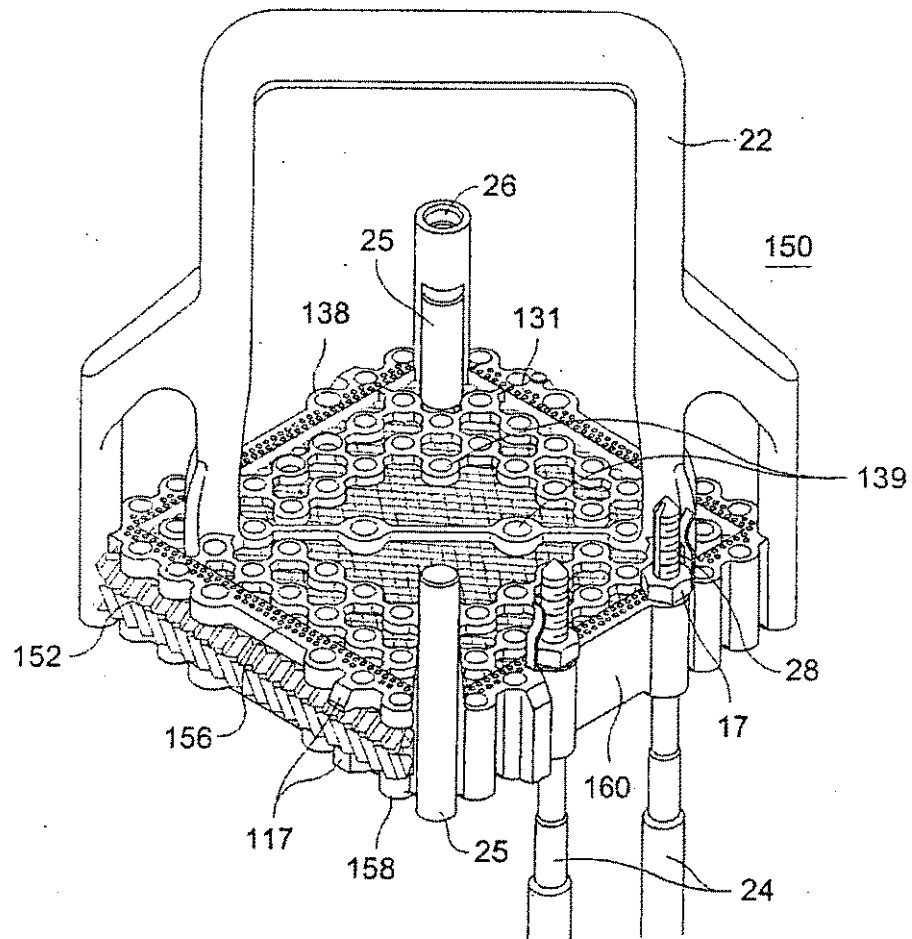


Fig. 10

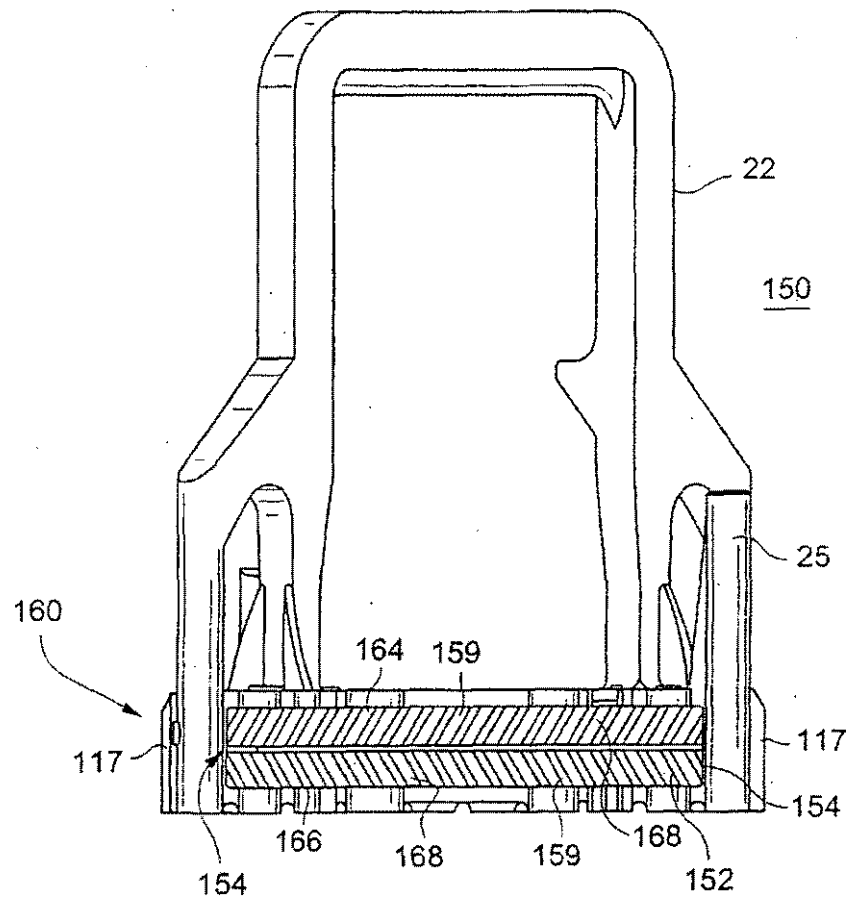


Fig. 11

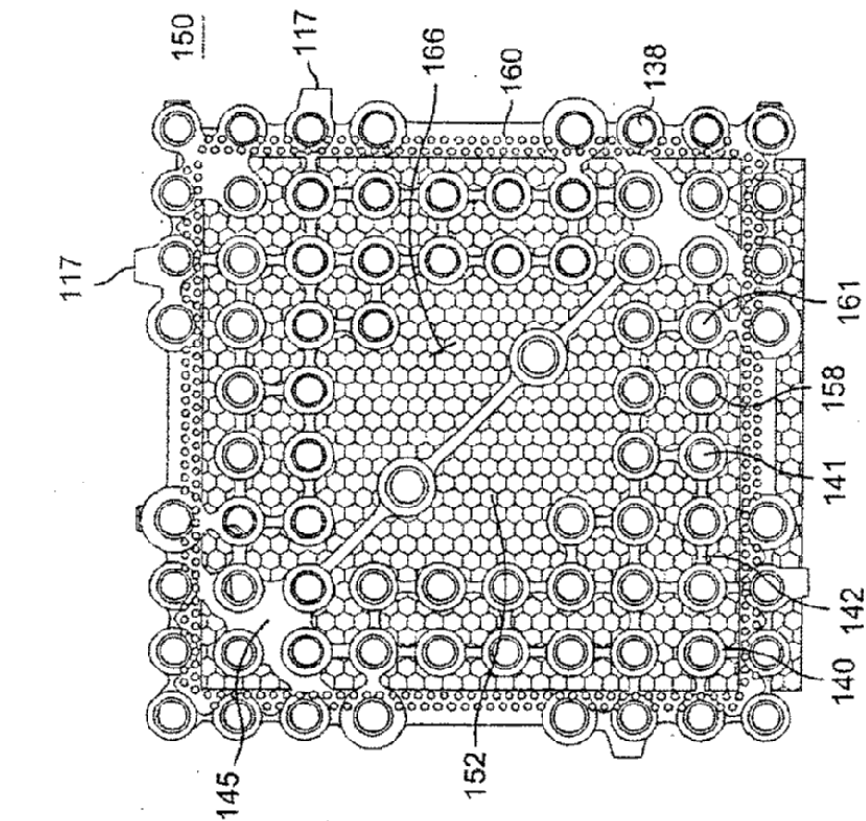


Fig. 12

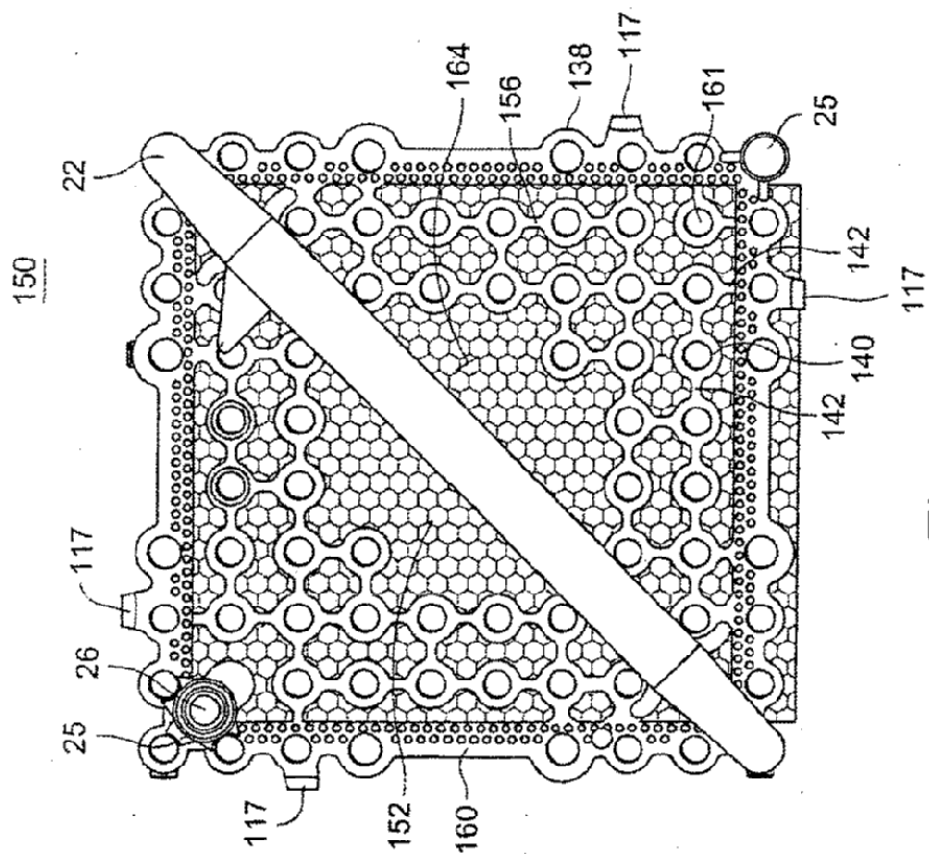


Fig. 13