

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 716**

51 Int. Cl.:

G21C 3/32 (2006.01)

G21C 3/33 (2006.01)

G21C 3/334 (2006.01)

G21C 3/335 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2009 E 09176674 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013 EP 2192591**

54 Título: **Procedimiento para retirar una varilla de combustible de un haz de combustible de un reactor nuclear**

30 Prioridad:

26.11.2008 US 323739

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

05.09.2013

73 Titular/es:

**GLOBAL NUCLEAR FUEL-AMERICAS, LLC
(100.0%)
3901 CASTLE HAYNE ROAD WILMINGTON
NORTH CAROLINA 28401, US**

72 Inventor/es:

**SMITH, DAVID;
DEFILIPPIS, MICHAEL S.;
LUCIANO, GERALD A.;
KIERNAN, MICHAEL;
CLARK, CARLTON y
LANGSTON, ANDREW K.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 421 716 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

Procedimiento para retirar una varilla de combustible de un haz de combustible de un reactor nuclear

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para retirar una varilla de combustible de un haz de combustible de un reactor nuclear.

10 En un conjunto combustible nuclear, el refrigerante / moderador líquido fluye por el interior del conjunto a través del fondo y sale como una mezcla de agua y vapor por la parte superior durante la operación normal. El núcleo de un reactor de combustible nuclear incluye una pluralidad de conjuntos combustible dispuestos en relación vertical lado con lado, cada uno de los cuales contiene un haz de varillas de combustible. Los conjuntos combustible incluyen un haz de combustible y una carcasa formada por un canal de metal hueco. El haz de combustible incluye una formación de varillas de combustible paralelas, unas varillas de agua y una o más placas de sujeción, unos separadores y unos muelles de uñeta, que soportan las varillas existentes en el haz. Generalmente, un haz de combustible incluye una placa de sujeción superior cerca de la parte de más arriba del haz, la cual es amovible y una placa de sujeción inferior en el fondo del haz, la cual tradicionalmente es una unidad no amovible.

15 Los residuos pueden caer a través de una placa de sujeción superior convencional y quedar alojados dentro del haz de combustible donde los residuos pueden provocar la corrosión por frotamiento de las varillas de combustible durante las condiciones operativas normales del reactor. La corrosión por frotamiento es potencialmente dañina para las varillas de combustible, provocando lo que se conoce típicamente como una "fuga".

20 Tradicionalmente, los esfuerzos dirigidos a dar respuesta al problema de la caída de los residuos dentro de un conjunto combustible típicamente se concentran en la evitación de que los residuos entren dentro del propio refrigerante y de los pasos del flujo de refrigerante, antes de que el flujo de refrigerante entre en los conductos combustible situados dentro del núcleo. Los esfuerzos tradicionales típicamente conllevan la aplicación de unos controles administrativos en relación con el tratamiento de los pasos del flujo del refrigerante y la manipulación de los conjuntos combustible, de tal manera que los residuos no entren en los pasos de los conjuntos combustible.
25 Estos controles están diseñados para aligerar las fuentes de residuos, de tal manera que los residuos no caigan hasta el interior de los conjuntos combustible. No obstante, existe el riesgo de que los residuos caigan dentro de un conjunto combustible, en especial mientras el flujo del refrigerante se detiene y el núcleo del refrigerador está abierto o cuando se lleva a cabo un trabajo de mantenimiento en el núcleo.

30 La Solicitud de Patente alemana No. 4325216 describe una cabeza de elemento combustible en la que los elementos combustible de un reactor nuclear están protegidos contra la penetración de cuerpos extraños que puedan caer dentro de los elementos combustible desde arriba por medio de unas placas interceptadoras con unas aberturas de paso, las cuales retienen los cuerpos extraños que pueden quedar capturados entre las varillas de combustible.

35 De antiguo existe la necesidad de unos procedimientos y de unos dispositivos especiales que aseguren que los residuos no caigan dentro de los conjuntos combustible desde arriba, especialmente durante las operaciones de recarga de combustible, en las inspecciones de combustible y cuando el refrigerante está en una pauta inversa del flujo de refrigerante. Así mismo, de antiguo existe la necesidad de unos procedimientos eficientes y no intrusivos para insertar, retirar y limpiar los dispositivos asociados con el UTP que capturan los residuos que, de no ser así, fluirían de arriba abajo hasta el interior de un conjunto de haz de combustible.

40 **Breve descripción de la invención**

Se divulga un procedimiento para retirar una varilla de combustible de un haz de combustible para un reactor nuclear, en el que un haz de combustible incluye un haz de varillas de combustible montado por debajo de la placa de sujeción, comprendiendo el procedimiento: la retirada de la placa para el anclaje superior del haz de combustible mientras la pantalla contra residuos permanece fijada a una porción superior de al menos una de las varillas de combustible o de una varilla de agua, y después de retirar la placa de sujeción superior, la retirada de la varilla de combustible levantando la varilla hacia arriba a través de la pantalla para los residuos, mientras que la pantalla para los residuos permanece fijada a una porción superior de al menos una de las varillas de combustible o de una varilla de agua.

Breve descripción de los dibujos

50 A continuación se ofrece una descripción detallada, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La FIGURA 1 es una vista lateral, parcialmente abierta, de un conjunto de haz de combustible nuclear convencional, con una porción de la placa de sujeción superior, una placa de sujeción inferior, un canal de metal hueco, unas varillas de combustible y unas varillas de agua recortadas, con fines ilustrativos;

5 la FIGURA 2 es una vista en perspectiva de la parte superior y de los laterales de una placa de sujeción superior que presenta una pantalla interna contra residuos que puede ser una unidad amovible, fijada como una estructura permanente integrada dentro de la placa de sujeción superior para impedir que los residuos caigan dentro del conjunto de haz de combustible, o la pantalla contra residuos puede ser cargada desde el lado del fondo de la placa de sujeción superior y fijada por medio de unos elementos de sujeción especiales o por las propias varillas de anclaje;

10 la FIGURA 3 es una vista en sección que muestra la placa de sujeción superior y la pantalla contra residuos mostrada en sección transversal tomada a lo largo de la línea 3 - 3 de la Figura 2. La Figura 3 muestra un receptáculo mecanizado para que la pantalla contra residuos descansen dentro del lado inferior del UTP y dentro de las diversas aberturas situadas dentro de la pantalla contra residuos , lo que hace posible que los tapones terminales superiores de las varillas de combustible y de las varillas de agua pasen tanto a través de la pantalla contra residuos como de la placa de sujeción superior que sujetan ambos componentes entre sí en un conjunto único de estructura metálica;

15 la FIGURA 3A es una vista en sección de tamaño aumentado que muestra la conexión entre una varilla de agua roscada y una pantalla contra residuos la cual está asentada en una cavidad inferior de una placa de sujeción superior.

la FIGURA 3B es una vista en sección de tamaño aumentado que muestra la conexión entre una varilla de combustible no roscada y una pantalla contra residuos la cual está asentada en una cavidad inferior de una placa de sujeción superior;

20 la FIGURA 4 es una vista en despiece ordenado de la placa de sujeción superior, de la pantalla contra residuos , y de las varillas de combustible de agua, de los muelles, de la arandela de la abrazadera de bloqueo y de los medios de sujeción de tuercas hexagonales, separados en vertical;

25 la FIGURA 5 es una vista en perspectiva de la parte superior y de los laterales de una placa de sujeción superior que presenta una pantalla contra residuos interna amovible, en la que la pantalla contra residuos la cual puede ser una unidad amovible o estar fijada como una estructura integrada permanente para la placa de sujeción superior, y la pantalla se muestra extendiéndose parcialmente hacia fuera respecto de la placa de sujeción superior;

30 la FIGURA 6 es una vista en perspectiva de la parte superior y de los laterales de una placa de sujeción superior que presenta una pantalla contra residuos interna amovible, en la que la pantalla está completamente insertada dentro de la pantalla de sujeción superior. Los pasos para los pasadores de las varillas de combustible existentes en la pantalla contra residuos los cuales se alinean con la rejilla superior y con una rejilla inferior existente en la placa de sujeción superior una vez que la placa contra residuos queda enteramente asentada dentro de la placa de sujeción superior;

35 la FIGURA 7 es una vista lateral en perspectiva que muestra la placa de sujeción superior y la pantalla contra residuos , después de ser completamente insertada desde el lateral;

la FIGURA 8 es una vista de arriba abajo de la placa de sujeción superior sin la inserción de una pantalla contra residuos ;

40 la FIGURA 9 es una vista de arriba abajo de la placa contra residuos de la placa de sujeción superior que muestra los pasos para las varillas de combustible y las varillas para el agua y para el tapón terminal superior. La pantalla contra residuos presenta unos lados inclinados para permitir el paso del flujo de refrigerante, mientras que las porciones macizas de la pantalla contra residuos atrapan los residuos que caen dentro de la pantalla contra residuos . Los residuos que pasan a través de la rejilla de la placa de sujeción superior se asentarán entre las porciones macizas de la pantalla contra residuos y los tapones terminales superiores que pasan a través de la pantalla contra residuos . Los residuos son recogidos y retenidos dentro de la pantalla contra residuos debido a un gradiente de presión (vacío) que se crea por el diseño de la pantalla contra residuos ;

50 la FIGURA 10 es una vista en perspectiva de la parte superior y de los laterales de una placa de sujeción superior que presenta una pantalla contra residuos amovible la cual puede ser una unidad amovible o estar fijada como una estructura integrada permanente de anclaje superior, en la que la pantalla contra residuos y los pasos para los pasadores de las varillas de agua y de combustible se muestran fuera de la placa de sujeción superior. La flecha muestra la dirección de inserción de la pantalla contra residuos dentro de la placa de sujeción superior;

55 la FIGURA 11 es una vista en perspectiva de la tercera forma de realización de una placa de sujeción superior que presenta una pantalla contra residuos interna amovible, en la que la pantalla se muestra adecuadamente alineada y asentada dentro de la cavidad de la placa de sujeción superior;

la FIGURA 12 es una vista lateral de la placa de sujeción superior y de la pantalla contra residuos completamente asentada y alineada dentro de la estructura de rejilla para la placa de sujeción superior;

5 la FIGURA 13 es una vista de arriba abajo de la pantalla contra residuos de la placa de sujeción superior con la pantalla contra residuos completamente asentada y completamente alineada para la inserción de las varillas de agua y los tapones terminales superiores de las varillas de combustible que ayudan a mantener los residuos de la pantalla dentro de la placa de sujeción superior durante las operaciones del núcleo;

10 la FIGURA 14 es una vista de abajo arriba de la pantalla contra residuos de la placa de sujeción superior mostrando la placa contra residuos la alineación adecuada de la pantalla contra residuos antes de la inserción de los tapones terminales superiores de las varillas de agua y de combustible dentro de los soportes de los pasadores de la estructura de la placa de sujeción superior; y

las FIGURAS 15a, 15b y 15c son diagramas esquemáticos que muestran una piscina de mantenimiento / de inspección del combustible (típicamente cerca del núcleo del reactor) para recibir los conjuntos de haz de combustible que han sido retirados del núcleo del reactor para el trabajo de mantenimiento y / o de servicio.

Descripción detallada de la invención

15 En la presente memoria se divulgan unas pantallas contra residuos que mitigan la entrada de material extraño dentro de la parte superior del conjunto de haz de combustible nuclear. Las pantallas contra residuos desvían, capturan, tamizan y retienen o ayudan a la retirada de las partículas extrañas introducidas en la parte superior del conjunto
20 combustible. Evitando la entrada de partículas extrañas dentro del conjunto de haz de combustible nuclear, se reduce sustancialmente, si no se elimina, la posibilidad de un fallo por corrosión con rozamiento de las varillas de combustible. La pantalla contra residuos puede ser una unidad amovible respecto de la placa de sujeción superior o una estructura integrada de manera permanente dentro y por debajo de la placa de sujeción superior, pero por encima de las varillas de combustible y de agua. La evitación de que los residuos caigan dentro del conjunto de haz de combustible nuclear se espera que asegure la vida operativa esperada del conjunto de haz de combustible nuclear mediante la reducción del riesgo de fallo de las varillas de combustible y de la descarga del núcleo del reactor.
25

La FIGURA 1 es una vista lateral que muestra en sección transversal un conjunto 10 de haz de combustible nuclear convencional conformado en términos generales como una columna vertical con una sección terminal cuadrada. El núcleo 21 del reactor incluye muchos conjuntos combustible dispuestos lado con lado en una formación predefinida. El conjunto de haz combustible nuclear típicamente incluye, por ejemplo, una formación de varillas 11 de combustible de longitud total y unas varillas 12 de longitud parcial dispuestas en paralelo. Las varillas de combustible son soportadas por una placa 13 de sujeción superior, por una placa 14 de sujeción inferior, por una rejilla 29 inferior de la placa de anclaje, la cual soporta las varillas dentro del haz de combustible nuclear. Uno o más separadores 15 dispuestos en emplazamientos a lo largo de la extensión de las varillas de combustible. Una o más varillas 23, 230 de agua típicamente se extienden a través del centro de la formación de varillas de combustible y están fijadas a la placa 13 para el anclaje superior mediante un tapón 30 terminal superior. El conjunto 10 típico de haz de combustible nuclear comprende las varillas 11, 12 de combustible, las varillas 23, 230 de agua, unas placas 13, 14 de sujeción superior e inferior, y los tensores 24, los separadores 15, los muelles 18 de uñeta, los muelles 16 de expansión y un canal 20 de metal hueco.
30

Los muelles 16 de expansión de las varillas de combustible se extienden desde los tapones 19, 30 y 28 terminales superiores dispuestos sobre cada una de las varillas 23, 230 de agua y a través de la total extensión de las varillas 11 de combustible de los tensores 24, hasta el lado inferior de la placa 13 para el anclaje superior. Las tuercas 17 hexagonales son utilizadas para sujetar los tapones 28 terminales superiores roscados de los tensores 24, a la parte superior de la placa 13 de sujeción superior, una arandela 170 de seguridad con lengüeta (Fig. 2) se utiliza para mantener la tuerca 17 hexagonal sujeta a los tensores 24. Los tensores 24 se extienden a través de la placa 13 de sujeción superior de la placa de sujeción. El extremo opuesto de cada tensor está sujeto a la rejilla 29 de la placa de sujeción inferior, de un conjunto 10 de haz de combustible nuclear convencional. La placa 14 de sujeción inferior incluye unos muelles 18 de uñeta dispuestos sobre las paredes laterales externas de la placa 14 de sujeción inferior que encajan con un canal 20 de metal hueco que proporciona un alojamiento hueco para el conjunto 10 de haz de combustible nuclear.
40

Un canal 20 de metal hueco es típicamente un tubo de metal hueco alargado, rectangular en sección transversal y que tiene una longitud que se extiende desde la placa 13 de sujeción superior hasta la placa 14 de sujeción inferior. El canal 20 de metal hueco cubre las varillas de combustible y las varillas de agua del conjunto 10 de haz de combustible nuclear. Unos puntales 25 acanalados y un puntal 26 acanalado, situados en las esquinas opuestas de la placa 13 de sujeción superior, proporcionan unas guías para alinear el canal sobre el haz 32 de combustible. Una abrazadera de sujeción del canal (no mostrada) asegura el canal 20 de metal hueco a los puntales 26 acanalados roscados sobre un lado de una placa 13 de sujeción superior. El puntal 26 acanalado roscado se utiliza para asegurar la coordinación y alineación correctas del canal 20 de metal hueco al haz 32 de combustible durante la operación de acanaladura. De otro modo, el canal 20 de metal hueco no puede quedar sujeto firmemente a la placa 13 de sujeción superior por el medio de sujeción (no mostrado) del canal, tal y como se requiere. Generalmente, un
50
55

asidero 22 de elevación con forma de U está fijado como parte de la placa 13 de sujeción superior. El asidero 22 puede ser utilizado para subir y bajar el conjunto 10 de haz de combustible nuclear hacia el interior de un núcleo 21 del reactor o para de cualquier otra forma desplazar el conjunto alrededor de la instalación según se requiera.

5 Los residuos pueden entrar en la parte superior de un conjunto 10 de haz de combustible nuclear convencional, especialmente en situaciones no operativas u operativas, como por ejemplo la recarga de combustible, la recepción de nuevo combustible, el transporte hacia y desde el núcleo, cuando el flujo de refrigerante deja de fluir hacia arriba a través del núcleo y cuando el flujo del moderador se puede estancar o invertirse. Los residuos que caigan dentro de la parte superior del conjunto de haz de combustible pueden quedar alojados en la rejilla de la placa de sujeción, la pieza de soporte del separador, entre las varillas de combustible o entre la pared del canal de metal hueco y una
10 varilla de combustible. Los resquicios existentes en el haz de combustible pueden atrapar los residuos dentro del haz del combustible. Los residuos pueden caer a través de una placa 13 de sujeción superior y quedar alojados dentro de un emplazamiento situado dentro del conjunto 10 de haz de combustible nuclear donde podrían provocar la corrosión con frotamiento de las varillas de combustible durante situaciones operativas normales del reactor.

15 Las FIGURAS 2, 3 y 4 muestran un conjunto 100 de placa de sujeción superior que presenta una pantalla 102 interna contra residuos (Fig. 2) que puede ser una unidad amovible o una estructura integrada permanente dentro de la placa de sujeción superior. La pantalla 102 puede estar montada sobre o formar parte integrante dentro de un bastidor 104 de soporte horizontal del conjunto. La pantalla 102 contra residuos ocupa un área encerrada por el bastidor 104 de soporte horizontal de la placa de sujeción superior. La pantalla contra residuos puede ser insertada en el fondo de la placa de sujeción superior o en una hendidura horizontal situada dentro de la placa de sujeción
20 superior. La pantalla contra residuos puede o puede no ser solidaria con la estructura de bastidor de la placa de sujeción superior, y puede o no puede ser amovible respecto de la estructura del bastidor. La pantalla 102 contra residuos es porosa y tamiza o filtra los residuos procedentes del flujo de fluido a través del conjunto 10 de haz de combustible nuclear. El refrigerante fluye a través de la pantalla contra residuos , de modo preferente, sin una pérdida de presión sustancial a través de la pantalla 102 contra residuos.

25 Una formación de unos soportes 106 de pasador cilíndricos son suministrados por y están asentados dentro de las aberturas existentes en la pantalla 102 contra residuos para hacer posible el paso de los tapones 28 terminales superiores, de las varillas 24 de combustible y de los tapones 30 terminales de las varillas 11 de combustible, junto con los tapones 19 terminales superiores de la varilla de agua. Estos soportes 106 de pasador cilíndricos proporcionan un soporte estructural para las varillas de combustible y para las varillas de agua, porque la pantalla
30 contra residuos soporta los tensores 24 roscados y el tapón terminal superior roscado dispuesto sobre cada una de las varillas 23 y 230 de agua, y las varillas 11 de combustible no roscadas, y los muelles 16 de expansión asociados.

En un ejemplo, los soportes 106 de pasador cilíndricos presentan un diámetro ligeramente mayor que un diámetro de una varilla de combustible con un muelle de expansión asociado. El pasador cilíndrico, junto con la varilla de combustible y el muelle de expansión, puede ser retirado de la pantalla contra residuos deslizando el pasador
35 cilíndrico, la varilla de combustible y el muelle de expansión a través de la pantalla contra residuos . El deslizamiento del pasador cilíndrico, de la varilla de combustible y del muelle de expansión hacia arriba a través de una abertura dispuesta en la pantalla contra residuos , permite que la varilla de combustible sea retirada después de que la placa de sujeción superior sea retirada y mientras que la pantalla contra residuos permanezca sobre las demás varillas de combustible y de las varillas de agua.

40 Los tapones 30 terminales superiores, para las varillas 11 de combustible y los tapones 19 terminales superiores, para las varillas 23, 230 de agua roscadas y los extremos 28 superiores roscados de los tensores 24, se extiendan a través de los soportes 106 de los pasadores dispuestos en la pantalla 102 contra residuos . Una tuerca 17 hexagonal es utilizada para sujetar los extremos roscados de los tapones terminales superiores, como por ejemplo las varillas de agua. Las arandelas de seguridad de lengüeta pueden ser utilizadas sobre la tuerca hexagonal. Las
45 tuercas 17 hexagonales están generalmente asentadas sobre una superficie superior de la placa 13 de sujeción superior. Los muelles 16 de expansión se deslizan sobre los tapones terminales superiores de las varillas de combustible y de agua y aplican una fuerza presionante hacia arriba sobre una superficie inferior de la pantalla 102 contra residuos. La extensión del tapón terminal superior, sobre las varillas 24 de combustible, pasa a través del soporte 106 de pasador dispuesto en la pantalla 102 contra residuos.

50 La pantalla 102 contra residuos está sujeta a la parte superior de los tapones terminales superiores roscados dispuestos sobre cada una de las varillas 23 y 230 de agua mediante la tuerca 17 hexagonal. Una cavidad rebajada dispuesta por debajo del conjunto 100 de la placa de sujeción superior hace posible que la tuerca 17 hexagonal quede asentada, en una posición de bloqueo, sobre la parte superior de la pantalla contra residuos y dentro de la cavidad de la placa de sujeción superior. La cavidad puede estar dispuesta dentro de la nervadura estructural de la
55 placa de sujeción superior que se extiende en diagonal desde la parte superior de la pantalla contra residuos .

Las varillas 11 de combustible y las varillas 23 y 230 de agua pueden no estar directamente fijadas a la parte superior de la placa 13 de sujeción superior. Están indirectamente sujetas a la placa de sujeción superior a través de la pantalla contra residuos. La placa de sujeción superior puede ser retirada mientras que la pantalla contra residuos permanece fijada a los extremos superiores de las varillas de agua y, de manera opcional, a los extremos superiores
60 de las varillas de combustible.

El conjunto 100 de la placa de sujeción superior puede ser retirado del conjunto de haz de combustible nuclear, mientras que la pantalla 102 contra residuos interna permanece fijada directamente a las varillas 23, 230 de agua, y mientras que la pantalla contra residuos soporta las varillas 11 y 24 de combustible. Si la pantalla 102 contra residuos se asienta dentro de la cavidad 109 inferior de la placa de sujeción superior, entonces la placa de sujeción superior puede ser levantada para separar la pantalla 102 contra residuos de la placa de sujeción superior, tal y como se muestra en la Figura 4. Para retirar la placa de sujeción superior, las tuercas 17 hexagonales y las arandelas 170 de seguridad de lengüeta son retiradas de los tensores 24 que se extienden a través del bastidor de la placa de sujeción superior. A continuación, la placa de sujeción superior puede ser levantada del conjunto del haz de combustible. La pantalla 102 contra residuos permanece fijada a las varillas 23, 230 de agua, mientras que las varillas 11 y 24 de combustible son soportadas y mantenidas firmemente en sus posiciones originales mediante su extensión a través de sus respectivos soportes de pasador cilíndricos dispuestos en la pantalla contra residuos. Las varillas de combustible son mantenidas en posición sin ayuda de una placa de sujeción superior, la cual ha sido retirada. La placa de sujeción superior puede ser sustituida o reparada, porque puede ser retirada separadamente en el haz de combustible nuclear respecto de la pantalla contra residuos y de las varillas de combustible y de agua.

Los pasos 108 del flujo a través de la pantalla 102 contra residuos presentan un eje o unos ejes geométricos que están, de manera preferente, en una dirección distinta del eje geométrico vertical del conjunto 10 de haz de combustible nuclear. Estos pasos del flujo no rectos detienen, atrapan y capturan los materiales de residuo que caen desde arriba. A modo de ejemplo, los pasos dispuestos a través de la pantalla 102 contra residuos se inclinan en una primera dirección en la mitad superior de la pantalla contra residuos y se inclinan en una segunda dirección en la mitad inferior de la pantalla contra residuos, con una esquina 116 que se conforma entre las dos mitades. Los pasos inclinados de la pantalla 102 contra residuos bloquea la luz que pasa verticalmente a través de la pantalla contra residuos. Debido a la inclinación de los pasos 108 del flujo existentes en la pantalla 102 contra residuos, no es posible visualizar directamente la pantalla 102 contra residuos. La visión está bloqueada porque los pasos 108 del flujo no son rectos presentando las esquinas 116. Precisamente porque la visión queda bloqueada, los residuos quedan bloqueados y atrapados en las esquinas 116 y entre las dos mitades de la pantalla contra residuos, por unas líneas no rectas dispuestas dentro de los pasos 108 del flujo.

En el ejemplo mostrado en las FIGURAS 2 a 4, la pantalla 102 contra residuos es una disposición de unas tiras de metal anguladas dispuestas lado con lado para formar un patrón 112 de galones invertidos en sección transversal que es genéricamente perpendicular al conjunto 10 de haz de combustible. Los pasos 108 están conformados entre las tiras lado con lado. Como alternativa, la pantalla 102 contra residuos puede estar constituida por un material poroso, como por ejemplo una malla de alambre o de tela, de esponja, de rejilla, de una formación de barras o listones transversales o de otro material matricial. La pantalla 102 contra residuos está constituida genéricamente por unas placas planas porosas que presentan unos bordes 110 perimetrales que se apoyan en las superficies superiores del bastidor 104 del conjunto 100 de placa de sujeción superior, desde abajo.

La pantalla 102 contra residuos permanece, de modo preferente, dentro del conjunto 10 de haz de combustible nuclear durante la operación del núcleo 21 del reactor nuclear. La pantalla 102 contra residuos puede presentar una porosidad, una estructura de malla o matriz abierta que haga posible que el refrigerante, especialmente el refrigerante de emergencia, fluya hacia abajo a través de la pantalla contra residuos sin crear una resistencia sustancial del flujo. La estructura de malla o matriz de galones invertidos, porosa, de la pantalla 102 contra residuos bloquea el paso contra residuos sin impedir sustancialmente el flujo general. La pantalla contra residuos sirve como filtro o como una pantalla tamizadora que hace posible el paso de los fluidos, como por ejemplo el refrigerante, y bloquea el paso de partículas extrañas. De modo preferente, la pantalla 102 contra residuos debe tener un tamaño de poro que reduzca al mínimo de la mayoría de cualquiera de los residuos extraños, sin provocar una caída de la presión contra residuos significativa a través de la pantalla 102 contra residuos.

La pantalla 102 contra residuos filtra y captura los residuos existentes en el flujo del refrigerante, en especial, los residuos que fluyen hacia abajo desde la parte superior del conjunto 10 de haz de combustible y hacia el conjunto 100 de la placa de sujeción superior. Los pasos 108 de la pantalla 102 contra residuos son demasiado estrechos para que permitan que las partículas contra residuos de mayor tamaño entren en los pasos o que se atraviesen en los referidos pasos. Las partículas contra residuos de mayor tamaño son capturadas sobre una superficie 114 superior de la pantalla 102 contra residuos. Las partículas de residuo más pequeñas pueden entrar en los pasos 108 del flujo de la pantalla 102 contra residuos y quedar alojadas en las esquinas y en los resquicios 116 de la pantalla contra residuos, de forma que no fluyan y caigan debajo del conjunto 100 de la placa de sujeción superior y dentro del conjunto 10 de haz de combustible nuclear.

El bastidor 104 de soporte horizontal es, de modo preferente, un bastidor estructural rígido. El bastidor 104 puede ser poroso, por ejemplo, de forma que presente unas pequeñas aberturas 31 verticales para dejar que el fluido pase a través del bastidor. Estas aberturas 31 tienen un diámetro reducido para contribuir al bloqueo del paso contra residuos para que no penetren en el haz de combustible. Las múltiples aberturas 31 dispuestas en la estructura del bastidor 104 de soporte horizontal incrementan el área eficaz de flujo de los pasos a través del conjunto 100 de la placa de sujeción superior para compensar o desviar cualquier tipo de restricciones del flujo debidas a la pantalla 102 contra residuos. Unos puntos 117 de referencia, por ejemplo unas nervaduras verticales dispuestas sobre las paredes exteriores del bastidor, están fijadas o forman parte integrante del bastidor 104 de soporte horizontal. Los puntos de referencia contribuyen al centrado del canal 20 de metal hueco alrededor de la placa 13 de sujeción

superior. Los puntos de referencia pueden, así mismo, ser utilizados durante la fabricación del conjunto 10 de haz de combustible nuclear, para cuadrar el conjunto 100 de placa de sujeción superior con las varillas 11 de combustible de longitud total, las varillas 12 de combustible de longitud parcial, los tensores 24 y las varillas 23 y 230 de agua.

5 La FIGURA 3A es una vista en sección de tamaño ampliado que muestra la conexión entre una varilla 23 o 230 de agua o de combustible 11 y la pantalla 102 contra residuos la cual está asentada dentro de una cavidad de la placa 102 de sujeción superior. La varilla de agua presenta un extremo superior roscado que recibe una tuerca 17 hexagonal. Un soporte 106 de pasador cilíndrico está asentado dentro de una abertura 101 vertical de la pantalla contra residuos . El pasador de soporte cilíndrico es hueco para recibir el soporte superior de la varilla de agua. El pasador 106 de soporte cilíndrico puede incluir una brida 107 superior, que presenta, por ejemplo, la forma de una arandela, que proporciona un contrafuerte para una superficie superior de la pantalla contra residuos y, en el otro lado de la brida, un contrafuerte para la tuerca 17 hexagonal. La placa de sujeción superior presenta un rebajo 105 para recibir la tuerca 17 hexagonal y la punta superior de la varilla de agua. El rebajo 105 puede estar conformado de tal manera que la tuerca hexagonal no pueda girar mientras está asentada dentro del rebajo. Así mismo, el borde inferior del soporte 106 de pasador cilíndrico puede estar fijado a un muelle 16 del soporte 116 de expansión.

15 La FIGURA 3B es una vista en sección de tamaño aumentado que muestra la conexión entre un tapón 30 terminal superior no roscado de una varilla 11 de combustible y una pantalla 102 contra residuos que está asentada en una cavidad inferior de una placa 100 de sujeción superior. El muelle 16a de expansión se extiende a través del soporte 106a de pasador cilíndrico y se apoya contra o está conectado a un saliente 111 anular superior de un rebajo de la varilla 11 de combustible dispuesto en la placa 100 de sujeción superior. Los muelles de expansión dispuestos sobre las varillas de combustible no roscadas pueden aplicar una fuerza básica hacia arriba sobre la superficie inferior de la placa de sujeción superior.

20 El soporte 106a de pasador cilíndrico es hueco y forma una abertura que presenta un diámetro amplio para recibir el muelle de expansión. De acuerdo con ello, el soporte 106a de pasador cilíndrico y la correspondiente abertura 101 dispuesta en la pantalla contra residuos pueden presentar unos diámetros de mayor tamaño que el soporte 106 de pasador cilíndrico (Fig. 3A) para la varilla de agua y para la correspondiente abertura 101 del soporte 106 de pasador. Cuando la placa 100 de sujeción superior es retirada, el muelle 116 de expansión ya no se apoya o queda desconectado del saliente de la placa de sujeción superior. La varilla de combustible y el muelle de expansión pueden ser levantados a través de la pantalla contra residuos para ser retirados del conjunto combustible.

25 Las FIGURAS 5 y 6 son vistas en perspectiva lateral y desde arriba de un conjunto 130 de placa de sujeción superior alternativo que presenta un bastidor 132 de soporte horizontal con una hendidura 134 horizontal para recibir una pantalla 136 contra residuos que puede ser, o bien una unidad amovible o una estructura integrada permanente dispuesta dentro de la placa de sujeción superior. La pantalla contra residuos mostrada en la Figura 5 es una pantalla contra residuos amovible y se muestra parcialmente retirada del bastidor 132 de soporte horizontal en esa figura. Durante su funcionamiento, la pantalla 136 contra residuos queda completamente insertada dentro de la hendidura 134 y encerrada por el bastidor 132 de soporte horizontal tal y como se muestra en la Figura 6.

30 El conjunto 130 de placa de sujeción superior incluye un asidero 22 de la placa de sujeción superior que está fijado o que forma parte integrante con el bastidor de soporte horizontal. El bastidor 132 de soporte horizontal puede incluir una estructura de pared de soporte exterior rectangular que presente unas nervaduras 138 huecas, las cuales pueden recibir unos acoplamientos terminales de unos tensores, por ejemplo, unos pasadores roscados de los tensores 24 y proporcione un refuerzo de los muelles 16 de expansión de los tensores. El bastidor de soporte horizontal puede ser poroso, por ejemplo, presentar unas pequeñas aberturas 131 verticales para hacer posible que el fluido pase a través del bastidor de soporte vertical y bloquee el paso de residuos extraños. Las aberturas practicadas en el bastidor de soporte vertical incrementan el área de flujo eficaz de los pasos a través de la placa 130 de sujeción superior y, de esta manera, compensan o desvían cualesquiera restricciones del flujo debidas a las pantallas 136 de los residuos. Unos puntos 117 de referencia fijados al bastidor 132 de soporte horizontal que centran el canal 20 de metal hueco con la placa de sujeción superior y son utilizados durante la fabricación para cuadrar la placa 130 de sujeción superior con las varillas 11 de combustible de longitud total, las varillas 12 de combustible de longitud parcial, los tensores 24 y las varillas 23 y 230 de agua.

35 La FIGURA 7 es una vista lateral del conjunto 130 de placa de sujeción superior que presenta una hendidura 134 de soporte horizontal y la placa 136 de la pantalla contra residuos existente en la hendidura. La pantalla 136 contra residuos puede ser una placa plana perforada que presente un perfil en sección transversal ondulado que se traduzca en unas aberturas existentes en la pantalla contra residuos que se inclinen 143 con respecto al eje geométrico vertical del conjunto 10 de haz de combustible nuclear. Las perforaciones pueden ser mecanizadas, por ejemplo, mediante mecanizado de descarga eléctrica, punzonado, perforado o conformadas mediante colado. Las perforaciones 143 son pequeñas para impedir el paso de residuos extraños. Las perforaciones 143 están inclinadas debido al perfil en sección transversal ondulado de la pantalla 136 de los residuos. Las perforaciones 143 inclinadas contribuyen a la captura, el bloqueo y a desviar los residuos capturados y, en concreto, los residuos que fluyen en sentido axial con respecto al conjunto 10 de haz de combustible.

40 El perfil ondulado de la pantalla 136 contra residuos contribuye, así mismo, a la fijación de la pantalla contra residuos dentro de la hendidura 134 haciendo que las aristas superiores y los surcos 133 inferiores de la pantalla 136 contra

residuos sean presionados contra las superficies superior e inferior de la hendidura 134, cuando la pantalla contra residuos quede situada dentro de la cavidad de la placa de sujeción superior. Así mismo, las aristas superiores y los surcos 133 inferiores pueden ser macizos y no presentar perforaciones en sus vértices superior e inferior. Las aristas y los surcos 133 pueden estar desprovistos de aberturas para el flujo del refrigerante para evitar de esta manera perforaciones alineadas verticalmente que puedan tender a que pasen partículas de residuos extrañas que resultarían bloqueadas por las aberturas 143 inclinadas dispuestas sobre los lados 137 en ángulo de las aristas superiores y los surcos 133 inferiores. Así mismo, el surco macizo forma un canal 139 con forma de V para capturar y retener residuos extraños. Los residuos pueden permanecer dentro de un canal con forma de V hasta que la pantalla 136 contra residuos sea retirada de la placa 130 de sujeción superior. Las partículas extrañas pueden quedar alojadas o atrapadas dentro de la pantalla 136 de los residuos, debido a que los tapones terminales superiores de las varillas de combustible y de las varillas 19, 24 y 30 de agua, se adhieran a través de las porciones macizas de los surcos con forma de V y de las aristas 133 sobre la pantalla 136 de los residuos. Un gradiente de presión inferior se crea mediante el flujo del refrigerante a través de la abertura desde abajo y a través de las aberturas 143 inclinadas dispuestas sobre los lados 137 en ángulo de la pantalla 136 de los residuos. Los tapones terminales superiores pasan a través de las matrices 158 inferiores de la placa de sujeción superior, a continuación pasan por la pantalla 136 de los residuos, donde los surcos con forma de V macizos y las aristas están situadas dentro del canal 139. A continuación los tapones terminales superiores quedan habilitados para pasar a través de las matrices 156 superiores de la placa de sujeción superior, donde pueden terminar. Cuando la pantalla contra residuos es retirada, los residuos capturados dentro del canal con forma de V pueden ser retirados de la pantalla contra residuos mediante lavado, aplicación de vacío y / o vibración, la pantalla 136 contra residuos es, a continuación, reinsertada de nuevo dentro de la placa de sujeción superior. Como alternativa, la pantalla 136 contra residuos con los residuos capturados puede ser desechada para reinsertar dentro de la placa de sujeción superior una nueva pantalla reinsertada para los residuos.

Las FIGURAS 8 y 9 son una vista de arriba abajo del conjunto 130 de la placa de sujeción superior. Las matrices 140 metálicas de los soportes 141 de pasador y de las nervaduras 142 que interconectan los soportes de pasador y las nervaduras 144 que conectan el bastidor 132 de soporte horizontal con las matrices se muestran con claridad en la Figura 8. Las matrices 140 pueden incluir una matriz 156 plana superior de los soportes de pasador y las nervaduras de interconexión, y una matriz 158 plana inferior de los soportes de pasador y de las nervaduras de interconexión. Las matrices superior e inferior planas pueden presentar patrones idénticos de soporte de pasador y nervaduras. Las matrices 156, 158 planas superior e inferior definen unas superficies superior e inferior de la hendidura 134 que recibe la pantalla 136 de los residuos. Como alternativa, las matrices 140 pueden, así mismo, consistir en una matriz plana única que esté dispuesta inmediatamente por debajo de la pantalla 136 de los residuos.

Las matrices 140 metálicas están montadas sobre el bastidor 132 de soporte horizontal y se extienden sobre un área abierta por dentro del bastidor de soporte horizontal. Las matrices 140 de soporte metálicas pueden estar conformadas mediante la mecanización de una fundición metálica no férrica, colado o la mecanización completa del conjunto de placa de sujeción superior. La matriz 140 (o las matrices) puede(n) estar fijada(s) al bastidor de soporte horizontal y entre sí mediante radios, varillas o una estructura de matrices (estructura colectiva de matrices). Los soportes 141 de pasador existentes en las matrices 140 metálicas incluyen unos soportes 141 cilíndricos para recibir los acoplamientos terminales de las varillas de combustible, por ejemplo, unos pasadores roscados de los tensores 24 y los muelles 16 de expansión de las varillas 11 de combustible y los tapones terminales superiores de las varillas 23 y 230 de agua. Las matrices 140 pueden incluir unos refuerzos 145 metálicos macizos en especial cerca de las esquinas por debajo de los soportes para el asidero 22.

La FIGURA 9 es una vista de arriba abajo de la placa 136 de pantalla para los residuos. Los soportes 135 de pasador para los extremos 28 roscados de los tensores y los tapones terminales superiores para las varillas 11 de combustible, y las varillas 23 y 230 de agua, están dispuestas para alinearse con los cilindros 141 de soporte de pasador dispuestos en las matrices 156 superiores y en las matrices 158 inferiores del conjunto 130 de placa de sujeción superior. Los soportes de pasador son sustancialmente de mayor tamaño que los pasos del flujo a través de la pantalla 136 de los residuos. Los soportes de pasador son ocupados por los tapones 19, 30 y 28 terminales superiores que están fijados a los extremos de las varillas 23, 230 de agua y de las varillas 11 y 24 de combustible, que, por sí mismas, hacen poco para limitar el paso del fluido alrededor de los soportes 141 de pasador. Sin embargo, una vez que la pantalla 136 contra residuos ha sido instalada dentro de la cavidad de la placa 130 de sujeción superior, las fugas de fluido a través de cada una de las matrices quedan restringidas alrededor de cada uno de los soportes de pasador, para las fugas de fluido.

Los lados 137 en ángulo de las aristas superiores y de los surcos 133 inferiores contienen los soportes 135 de pasador existentes en la pantalla 136 contra residuos para recibir los extremos 28 roscados de los tensores 24, las varillas 11 de combustible, las varillas 23, 230 de agua y los tapones terminales superiores para cada tipo de diseño de pasador. Estos soportes 135 de pasador serán llenados por los tapones terminales superiores de la varilla, los cuales bloquean los residuos extraños y los fluidos que en otro caso podrían fluir a través de los soportes de pasador.

La FIGURA 10 muestra un conjunto 150 de placa de sujeción superior como un diseño con forma de panel, que presenta una pantalla 152 contra residuos amovible que se desliza dentro de una hendidura 154 horizontal entre una sección 156 plana superior y una sección 158 plana inferior del conjunto 150 de placa de sujeción superior. La

pantalla 152 contra residuos puede ser una unidad amovible o una estructura integrada permanente dentro de la placa de sujeción superior. En la Figura 10, la pantalla 152 contra residuos se muestra siendo insertada dentro de la hendidura 154 de la placa de sujeción superior. La Figura 11 muestra la pantalla 152 contra residuos totalmente insertada y sujeta dentro del conjunto 150 de placa de sujeción superior. La FIGURA 12 es la vista lateral del filtro 152 contra residuos completamente insertado dentro de la cavidad 154 de la placa de sujeción superior. Las FIGURAS 13 y 14 muestran vistas desde arriba y desde abajo, respectivamente, del conjunto 150 de placa de sujeción superior.

El bastidor 160 de tres lados del conjunto 150 de placa de sujeción superior mantiene sujetas las secciones 156, 158 planas superior e inferior. El bastidor presenta unas paredes laterales sobre tres de sus cuatro lados. El cuarto lado está abierto y forma la hendidura o cavidad 154 para la pantalla 152 de los residuos. El bastidor puede ser poroso, por ejemplo, presentar unas pequeñas aberturas 131 verticales para permitir el paso de fluido a través del bastidor y bloquear el paso contra residuos extraños. Las aberturas existentes en el bastidor incrementan el flujo eficaz de los pasos a través del conjunto 150 de placa de sujeción superior y, de esta manera, compensan o desvían cualquier restricción de flujo debido a la pantalla 152 contra residuos una vez que la pantalla contra residuos queda situada dentro de la hendidura o cavidad 154 de la placa de sujeción superior. Unos puntos 117 de referencia, por ejemplo, unas nervaduras externas verticales, fijadas al bastidor 160 de soporte horizontal de tres lados centra el canal 20 de metal hueco con la placa de sujeción superior y se utilizan durante la fabricación para cuadrar el conjunto de placa 150 de sujeción superior a las varillas de combustible y a las varillas de agua. El bastidor 160 de soporte horizontal de la placa de sujeción superior soporta un asidero 22 de elevación y los puntales 25 y 26 del canal. Unas abrazaderas (no mostradas) de sujeción del canal son utilizadas para sujetar el canal 20 de metal hueco al puntal 26 roscado del canal.

El bastidor 160 de soporte horizontal incluye unas secciones 156, 158 planas superior e inferior que son unas estructuras de soporte de carga de la placa 150 de sujeción superior, y proporcionan un soporte estructural a la pantalla 152 contra residuos, al canal 20 de metal hueco, al tensor 24 y a otros componentes del conjunto 10 de haz de combustible nuclear. De manera opcional, una pantalla 152 contra residuos resistente desde el punto de vista estructural puede servir como una estructura de soporte de carga y sustituir una o más de las secciones 156, 158 planas superior e inferior y parte de o todo el bastidor 160 de soporte horizontal. La pantalla 152 contra residuos incluye unas aberturas 161 de soporte de pasador para recibir las varillas 30 y 24 de combustible y los tapones 19 terminales superiores de la varilla de agua, por ejemplo, y que están alineadas con los soportes 141 de pasador de las secciones 156, 158 planas superior e inferior del conjunto 150 de placa de sujeción superior.

La pantalla 152 contra residuos puede ser genéricamente plana y presentar unos bordes 162 (fig. 10) que se apoyen contra las paredes interiores del bastidor 160 de soporte horizontal, y unas superficies 164 superiores de la pantalla contra residuos y una superficie 166 superior que estén situadas en posición adyacente a las superficies interiores de las secciones 156 y 158 planas superior e inferior de la placa de sujeción superior. La pantalla contra residuos puede deslizarse horizontalmente por dentro de la hendidura 154. Debido a que el grosor de la pantalla 152 contra residuos presenta un tamaño que aproximadamente el mismo que la anchura de la hendidura 154, se puede necesitar una ligera fuerza para situar la pantalla contra residuos completamente dentro de la cavidad 154 del conjunto 150 de placa de sujeción superior. La pantalla contra residuos es deslizada dentro de la hendidura 154 y los soportes 161 de pasador de la pantalla 152 contra residuos son alineados con los soportes 161 de pasador existentes en las secciones 156, 158 planas superior e inferior del bastidor 160 de soporte horizontal. Después de que la pantalla 152 contra residuos está completamente insertada dentro de la hendidura 154, los tensores 24, las varillas 23 y 230 de agua y los tapones terminales superiores de las varillas 11 de combustible de longitud total son insertados dentro de los soportes de pasador alineados del bastidor y de la pantalla 152 contra residuos.

Como alternativa, la pantalla 152 contra residuos puede estar asentada en una cavidad inferior de la placa 150 de sujeción superior, si el bastidor 160 de soporte horizontal de la placa de sujeción superior carece de una sección 158 plana inferior. Con la placa de sujeción superior alternativa, los tensores y los tapones terminales pueden ser insertados dentro de los soportes 161 de pasador de la pantalla 152 contra residuos antes de que la placa de sujeción superior sea colocada sobre el haz 32 de combustible. Así mismo, la placa de sujeción superior puede ser retirada del haz 32 de combustible mientras que la varilla 11 de combustible y las varillas 23 y 230 de agua, y los tensores 24 queden fijados, o sujetos a la pantalla 152 contra residuos.

La pantalla 152 contra residuos puede ser una estructura metálica con forma de panel, una malla de alambre o de tela, una estructura de esponja, una rejilla, una formación de barras o listones transversales u otra matriz que sea porosa. El material que constituye la pantalla debe tolerar el entretenimiento aplicado dentro de un núcleo del reactor nuclear. De modo preferente, los pasos a través de la pantalla contra residuos no son enteramente rectos e incluyen al menos un acodamiento o curva. Los acodamientos y las curvas de los pasos de la pantalla contra residuos tienden a atrapar residuos, especialmente trozos de virutas, alambres y varillas. Los pasos a través de la pantalla 152 contra residuos pueden ser numerosos para reducir al mínimo cualquier caída de la presión del fluido a través de la pantalla contra residuos, manteniendo al tiempo la función de tamizado o filtrado contra residuos de la pantalla contra residuos. El fluido fluye a través de los pasos desarticulados, pero los residuos son filtrados fuera del fluido por la pantalla contra residuos. Una característica de la pantalla contra residuos puede ser que la luz no brille a través de la pantalla contra residuos debido a los acodamientos y las curvas existentes en los pasos.

Los acodamientos y las curvas (véase la fig. 12) existentes en los pasos 159 del flujo de la pantalla 152 contra residuos se pueden formar mediante la laminación de dos o más capas 168 de material de pantalla contra residuos, por ejemplo una capa metálica con forma de panal, de tal manera que los pasos de cada capa no estén alineados. A modo de ejemplo, los pasos de cada capa pueden estar en un ángulo, por ejemplo de 5 grados a 45 grados, con respecto al eje geométrico del conjunto 10 de haz de combustible. La dirección o pendiente de los ángulos de paso en cada capa 164, 166 puede ser diferente de manera que las capas formen unos pasos 159 desarticulados a través de la pantalla 152 laminada contra residuos. Como alternativa, los pasos contra residuos a través de cada capa de la pantalla contra residuos pueden estar descentrados con respecto a los pasos de la capas adyacentes y unos huelgos entre las capas para hacer posible que el fluido pase a través de la pantalla contra residuos con una resistencia del fluido relativamente escasa.

La pantalla 102, 136 y 152 contra residuos puede permanecer en el conjunto 10 de haz de combustible durante el funcionamiento del núcleo del reactor nuclear. La pantalla contra residuos, presenta, de modo preferente, una porosidad que permite que el refrigerante, especialmente el refrigerante de emergencia, fluya hacia abajo a través de la pantalla contra residuos sin una resistencia del flujo sustancial. La porosidad y los pasos del fluido desarticulados de la pantalla contra residuos bloquean el paso de los residuos. La pantalla contra residuos sirve como un dispositivo tamizador o de filtro que permite el paso de los fluidos, por ejemplo el fluido de refrigeración, y bloquea el paso de partículas. De modo preferente, la pantalla contra residuos debe bloquear el paso de las partículas de material de residuo que tienen un tamaño de poro que reduzca al mínimo el tamaño contra residuos manteniendo al tiempo un flujo óptimo del refrigerante.

Las pantallas 102, 136 y 152 contra residuos mostrados en la presente memoria son pantallas a modo de ejemplo. La pantalla 102 contra residuos puede estar configurada como una placa, que presente una estructura porosa de galón invertido en sección transversal y solidaria con la placa de sujeción superior. La pantalla 102 contra residuos es una estructura de soporte de carga que incluye unas aberturas para recibir y soportar los tensores, las varillas de combustible y los tapones terminales superiores del conjunto 10 de haz de combustible. Debido a la pantalla 102 contra residuos de soporte de carga, no se necesitan las estructuras de soporte planas superior e inferior. La pantalla 136 contra residuos puede estar formada por una o más capas de capas metálicas porosas. Las capas pueden presentar una forma en sección transversal ondulada que confiera una inclinación a los pasos existentes en la pantalla y, de esta manera, pueda mejorar la función de filtrado de la pantalla. La pantalla 136 de los residuos, tal y como se muestra, no es de soporte de carga y está insertada en una hendidura de un bastidor de soporte de carga de la placa de sujeción superior. La pantalla 152 contra residuos puede ser una placa laminada que presente unas capas 168 y unos pasos 159 del flujo que estén desarticulados y que presenten unos acodamientos y unas curvas para atrapar los residuos. La pantalla 152 contra residuos puede ser de no soporte y presentar unas aberturas a través de las cuales pasen los tensores, las varillas de combustible y los tapones terminales superiores que están fijados a las aberturas existentes en las secciones planas inferior y superior de la placa de sujeción superior. Como alternativa, la pantalla 152 contra residuos puede ser de soporte de carga, que presente unas aberturas de soporte de pasador y que se asiente en una cavidad inferior de un bastidor 160 de una placa de sujeción superior que presente una matriz plana superior (pero no inferior) de los soportes de pasador y unas nervaduras, tal y como se muestra en las Figuras 2, 3 y 4.

Las pantallas 102, 136 y 152 contra residuos bloquean los residuos que fluyen hacia abajo, presentan un área resistiva relativamente escasa para el flujo del refrigerante de emergencia y permiten la recirculación del fluido que fluye a través y alrededor de la pantalla hacia la parte superior del haz durante la aplicación del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo. Las pantallas contra residuos que presentan otras configuraciones, composiciones y disposiciones en la parte superior de un conjunto 10 de haz de combustible puede ser moduladas para desempeñar la función de impedir que los residuos caigan dentro de un haz, de una manera sustancialmente igual al bloqueo del paso contra residuos que caen hacia abajo dentro del haz mientras pasa el refrigerante, para conseguir el resultado de que sustancialmente ningún tipo de residuo se introduzca en el haz, debido a que los residuos caen hacia abajo más allá de la placa de sujeción superior.

Cada una de las tres pantallas 102, 136 y 152 contra residuos son apropiadas para el bloqueo, el tamizado y el filtrado contra residuos procedentes del flujo de refrigerante que pasa a través de la placa de sujeción superior. La pantalla 102 contra residuos puede ser mantenida en posición, por ejemplo, mediante uno o más de los siguientes procedimientos: (i) los tapones 28 terminales superiores roscados de los tensores 24, (ii) los tapones 19 terminales superiores de las varillas 23, 230 de agua, (iii) los tapones 30 terminales superiores de las varillas 11 de combustible de longitud total situadas dentro del conjunto 10 de haz de combustible, y (iv) una fuerza de conexión ejercida entre la abertura de la cavidad existente de la placa de sujeción superior para la pantalla contra residuos y la propia pantalla contra residuos. Así mismo, la pantalla 102 contra residuos puede ser una unidad amovible o una estructura integrada permanente montada dentro de la placa de sujeción superior. Así mismo, la pantalla 102 contra residuos puede ser una unidad amovible o una estructura integrada permanente dispuesta en la placa de sujeción superior y por encima de las varillas de combustible, en la que la pantalla contra residuos presente una superficie al menos coextensiva con un área abierta del haz de combustible situada dentro del canal 20 de metal hueco.

Las pantallas 102, 136 y 152 contra residuos pueden ser utilizadas en un procedimiento para impedir que los residuos caigan dentro de un conjunto 10 de haz de combustible del reactor nuclear, incluyendo un haz de varillas de combustible montadas por debajo de una placa de sujeción superior y alojadas dentro de un canal 20 de metal

5 hueco, comprendiendo el procedimiento: la inserción de una pantalla contra residuos, la cual puede ser o bien una unidad amovible o bien estar fijada como una estructura integrada permanente dentro de la placa de sujeción superior. De modo similar, se ha desarrollado un procedimiento para mantener la pantalla contra residuos dentro de la placa de sujeción superior y por encima de las varillas de combustible, mientras que el conjunto 10 de haz de combustible está dentro de un núcleo de reactor nuclear operativo; el flujo de refrigerante a través del haz y de la pantalla contra residuos durante el funcionamiento del núcleo del reactor nuclear, la captura, el tamizado, y la desviación y la retirada contra residuos que caen dentro del conjunto de haz de combustible con la pantalla contra residuos. Las pantallas 102, 136 y 152 contra residuos se desvían, capturan o retiran los materiales extraños potencialmente introducidos en la parte superior del conjunto combustible.

10 Las pantallas 102, 136 y 152 contra residuos pueden por sí mismas proporcionar un soporte estructural para el haz y de esta forma hacer innecesaria una formación separada de soportes de pasador dentro de la placa de sujeción superior. De acuerdo con ello, la placa de sujeción superior puede comprender una pantalla contra residuos rígida a la cual estén fijadas las varillas de combustible, las varillas de agua y unos posibles tensores, de forma que la placa de sujeción superior no incluya una formación de soportes de pasador convencional.

15 El refrigerante que fluye a través de las pantallas 102, 136 y 152 contra residuos, de modo preferente, carece de una pérdida de presión sustancial a través de las pantallas contra residuos. Para reducir la resistencia al flujo de la pantalla contra residuos, los pasos del flujo pueden ser relativamente anchos pero inclinados. La inclinación de los pasos existentes en la pantalla contra residuos potencia la capacidad de la pantalla para atrapar, tamizar o filtrar residuos. Debido a la inclinación, las pequeñas partículas de residuos no pueden fluir directamente a través de la pantalla y tenderán a quedar alojadas o atrapadas dentro de la pantalla. La visión a través de la pantalla contra residuos queda bloqueada debido a que los pasos sin línea de visión de la pantalla contra residuos impiden una visión en línea de visión de arriba abajo a través del conjunto de placa de sujeción superior.

20 Las pantallas 102, 136 y 152 contra residuos sirven como una tamiz o un filtro que permite el paso de los fluidos, como por ejemplo del refrigerante, y bloquea el paso de partículas. La pantalla contra residuos, de modo preferente, presenta una porosidad que hace posible que el refrigerante, en especial el refrigerante de emergencia, fluya hacia abajo a través de la pantalla contra residuos sin una resistencia sustancial al flujo. De modo preferente, la pantalla contra residuos debe presentar un tamaño de poro que reduzca al mínimo el tamaño contra residuos sin producir una significativa caída de la presión de los fluidos a través de las pantallas contra residuos. Las pantallas 102, 136 y 152 contra residuos pueden estar conformadas con un material poroso, como por ejemplo una malla de alambre o de tela, un material de esponja, una rejilla, una formación de barras o listones transversales u otro material de matriz. Los pasos de la pantalla contra residuos son, de modo preferente, demasiado estrechos para permitir que partículas contra residuos de mayor tamaño entren en los pasos. Así mismo, el bastidor de la placa de sujeción superior puede ser poroso, por ejemplo presentar unas pequeñas aberturas verticales para hacer posible que el fluido pase a través del bastidor y bloquee el paso del fluido. Las aberturas verticales existentes en el bastidor incrementan el área de flujo eficaz de los pasos a través de la placa de sujeción superior y, de esta manera, compensan o desvían cualquier restricción del flujo debido a la pantalla contra residuos.

25 La pantalla 136 contra residuos puede tener una forma en sección transversal ondulada que se traduzca en unas aberturas existentes en la pantalla que se inclinen con respecto al eje geométrico vertical del conjunto 10 de haz de combustible. La inclinación de la abertura es ventajosa para el bloqueo y la captura de residuos. La forma ondulada de la pantalla 136 contra residuos contribuye a la sujeción de la pantalla contra residuos dentro de la hendidura haciendo que las aristas superiores y los surcos inferiores de la pantalla contra residuos sean presionados contra las superficies inferior y superior de la hendidura. Las aristas superiores y los surcos 133 inferiores de la pantalla contra residuos contienen las aberturas para la recepción de los extremos roscados de los tensores, de las varillas de combustible, de las varillas de agua y de los tapones terminales superiores para cada tipo. La pantalla 136 contra residuos presenta, de modo preferente, la porosidad de los laterales de la mayoría de las porciones superior e inferior de los surcos y aristas que permite que el refrigerante, especialmente el refrigerante de emergencia, fluya hacia abajo a través del conjunto de haz de combustible, reteniendo al tiempo los residuos capturados que han caído desde arriba del conjunto 10 de haz de combustible.

30 Una pantalla 152 contra residuos estructuralmente resistente puede servir como estructura de soporte de carga y sustituir una o más de las secciones superior e inferior del bastidor. La pantalla 152 contra residuos puede ser una estructura metálica con forma de panel, una malla de alambre o tela, una estructura de esponja, de rejilla, una formación de barras o listones, u otra matriz que sea porosa. Los pasos a través de la pantalla contra residuos puede ser numerosos para reducir al mínimo cualquier caída de la presión de los fluidos a través de la pantalla contra residuos, manteniendo al tiempo las funciones de tamizado y filtrado contra residuos de la pantalla contra residuos.

35 Las FIGURAS 15a, 15b y 15c son diagramas esquemáticos que muestran una piscina 180 de mantenimiento o de inspección del combustible para recibir los conjuntos 10 de haz de combustible que han sido retirados del núcleo 21 del reactor con fines de mantenimiento y servicio. El refrigerante / moderador 182 genéricamente cubre los conjuntos de haz de combustible del núcleo del reactor y la piscina de mantenimiento o inspección del combustible.

Tal y como se muestra en la Figura 15a, una grúa 184 agarra el asidero de un asidero de haz de combustible y levanta el conjunto 10 de haz de combustible retirándolo del núcleo del reactor. La grúa 184 desplaza el conjunto de haz de combustible, como por ejemplo a lo largo de un brazo 186 aéreo, sobre la piscina de mantenimiento o inspección del combustible. La grúa baja el conjunto de haz de combustible dentro de la piscina de mantenimiento o inspección del combustible.

Tal y como se muestra en la Figura 15b, el canal 20 de metal hueco ha sido retirado y el haz 32 de combustible está listo para su inspección y servicio en la piscina 180 de mantenimiento o inspección del combustible. La pantalla 152 contra residuos puede ser retirada de la placa de sujeción superior mediante el deslizamiento de la pantalla contra residuos en sentido horizontal para retirarla de una hendidura o cavidad 154 existente en la placa de sujeción superior. Una vez retirada, la pantalla contra residuos puede ser limpiada e inspeccionada y reinsertada dentro de la hendidura de la placa de sujeción superior. Como alternativa, la pantalla contra residuos puede ser sustituida por una nueva pantalla contra residuos que sea insertada dentro de la hendidura de la placa de sujeción superior.

Tal y como se muestra en la Figura 15c, la placa de sujeción superior puede ser retirada del conjunto de haz de combustible mientras la pantalla 102 contra residuos permanece fijada a la porción superior del haz 32 de combustible y el canal es retirado. La placa de sujeción superior puede ser sustituida o revisada y, a continuación, reinstalada, por encima de la pantalla contra residuos y sobre el haz 32 de combustible.

Después de que la placa de sujeción superior ha sido retirada, la pantalla contra residuos puede entonces ser separada del haz 32 de combustible mediante la retirada de las tuercas hexagonales que sujetan los tapones roscados superiores de las varillas 23 y 230 de agua con la pantalla contra residuos. Una vez retirada del haz de combustible, la pantalla contra residuos puede ser limpiada para retirar los residuos atrapados en la pantalla. Como alternativa, la pantalla contra residuos puede ser sustituida por una nueva pantalla contra residuos.

Así mismo, después de que la placa de sujeción superior ha sido retirada y mientras que la pantalla 102 contra residuos permanece fijada a las varillas 23 y 230 de agua, del haz 32 de combustible, una o más varillas 11, 12 de combustible pueden ser retiradas a través de las aberturas existentes en la pantalla contra residuos. De modo específico, el extremo superior de la varilla de combustible es insertado dentro de un soporte 106 de pasador cilíndrico (Fig. 3) que está asentado dentro de una abertura de la pantalla contra residuos. La abertura existente en la pantalla contra residuos es lo suficientemente ancha para que pase una varilla de combustible y el muelle de expansión. Los soportes 106 de pasador cilíndricos pueden quedar asentados firmemente en la pantalla contra residuos mediante una matriz superior de rejilla de los soportes de pasador existente en la placa de sujeción superior o mediante unas arandelas de bloqueo, las tuercas 17 hexagonales u otros mecanismos de sujeción que sujeten de manera liberable los soportes de pasador cilíndricos con una superficie superior de la pantalla contra residuos. Los soportes de pasador cilíndrico hacen posible que un extremo superior de la varilla de combustible se extienda a través del soporte y pueda proporcionar un tope terminal superior para los muelles de expansión dispuestos sobre la varilla de combustible.

Para retirar la varilla 11, 12 de combustible, el extremo superior de la varilla de combustible es agarrado y traccionado hacia arriba de tal manera que la varilla de combustible, el soporte de pasador cilíndrico y el muelle de expansión se desplacen como un conjunto hacia arriba a través de la abertura de la pantalla 102 contra residuos. Una única varilla de combustible puede ser retirada del haz de combustible mientras que la pantalla contra residuos está cubriendo y soportando el haz de combustible, una vez que la placa de sujeción superior ha sido retirada. De manera similar, un conjunto de una varilla combustible, de muelle de expansión y de soporte de pasador cilíndrico puede ser insertado dentro del haz de combustible bajando el conjunto a través de la abertura existente en la pantalla contra residuos de tal manera que el soporte de pasador cilíndrico se asiente en la abertura de la pantalla contra residuos.

Los residuos recogidos por la pantalla contra residuos pueden ser inspeccionados para detectar potenciales problemas en el núcleo 21 del reactor nuclear. Los residuos capturados por la pantalla contra residuos potencialmente pueden ser piezas rotas del componente del reactor nuclear, componentes sueltos, virutas de metal producidas por la frotación de los componentes y otros fragmentos. La inspección de los residuos por parte de los operarios procedentes de la pantalla contra residuos puede indicar un problema en el núcleo del reactor nuclear. En base a la inspección, el operario puede determinar o al menos sospechar que el componente del núcleo del reactor nuclear puede requerir su reparación, su sustitución o al menos una inspección adicional. De acuerdo con ello, la inspección contra residuos procedentes de la pantalla contra residuos puede ser llevada a cabo al tiempo o después de que la pantalla contra residuos sea retirada de la placa de sujeción superior y del haz 32 de combustible.

La pantalla contra residuos limpiada o la nueva pantalla es aplicada al haz de combustible de una manera muy parecida a como fue retirada. El canal 20 de metal hueco es reajustado al haz 32 de combustible. El conjunto de haz de combustible completo es elevado por la grúa subiéndolo de la piscina 180 de mantenimiento o inspección del combustible y situado en su emplazamiento adecuado dentro de la formación de conjuntos de haz de combustible dentro del conjunto de haz de reactor. El conjunto de haz de combustible puede no ser retornado a su emplazamiento original. Por el contrario, el conjunto 10 de haz de combustible puede ser retornado a un emplazamiento diferente dentro del núcleo del reactor, donde el emplazamiento se determine en base al rendimiento del reactor. La retirada de una varilla de combustible única, tal y como se describió con anterioridad, proporciona la

- capacidad de retirar una o más varillas de combustible de un conjunto combustible sin retirar la pantalla contra residuos u otros componentes del haz de combustible excepto respecto de la placa de sujeción superior. La placa de sujeción superior y las varillas individuales pueden ser reparadas o sustituidas sin desmontar completamente el haz de combustible. De acuerdo con ello, la reparación y la sustitución de las placas de sujeción superiores y de las varillas de combustible individuales se puede llevar a cabo mientras que el haz de combustible está en la piscina de mantenimiento / inspección. La realización de estas inspecciones y sustituciones en la piscina de mantenimiento / inspección y sin desmontar el entero haz de combustible ahorra tiempo y dinero mediante la reducción de la cantidad de trabajo requerida para atender a la placa de sujeción superior o sustituir las varillas de combustible individuales.
- 5
- 10 Aunque la invención ha sido descrita en conexión con lo que actualmente se considera el ejemplo más práctico y preferente, se debe entender que la invención no está limitada al ejemplo divulgado sino que, por el contrario, está destinada a amparar diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

15

REIVINDICACIONES

1.- Un procedimiento para retirar una varilla (11, 12) de combustible de un haz (32) de combustible de un reactor nuclear, en el que el haz (32) de combustible incluye un haz de varillas (11, 12) de combustible montado por debajo de una placa (130, 150) de sujeción superior, comprendiendo el procedimiento:

5 la retirada de la placa (130, 150) de sujeción superior del haz (32) de combustible, mientras la pantalla (102) contra residuos permanece fijada a una porción superior de al menos una de las varillas (11, 12) de combustible o de una varilla (23, 230) de agua; y

10 después de la retirada de la placa (130, 150) de sujeción superior, la retirada de la varilla (11, 12) de combustible mediante la elevación de la varilla hacia arriba a través de la pantalla (102) contra residuos, mientras la pantalla (102) contra residuos permanece fijada a una porción superior de al menos una de las varillas (11, 12) de combustible o de una varilla (23, 230) de agua.

2.- El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la varilla (11, 12) de combustible no es roscada y la varilla (23, 230) de agua fijada a la pantalla (102) contra residuos es roscada.

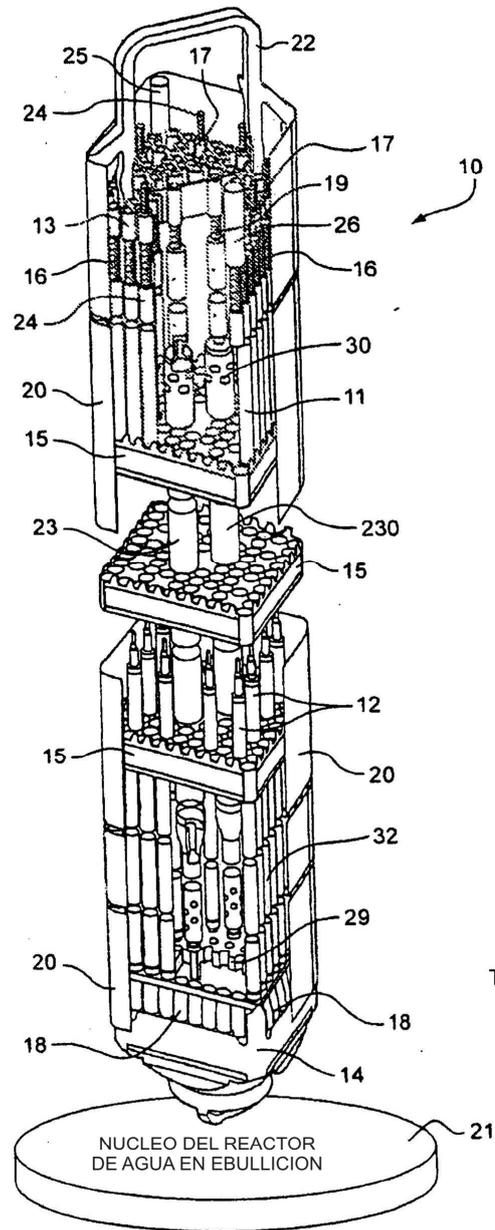
15 3.- El procedimiento de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la varilla (11, 12) de combustible es retirada con un muelle (16) de expansión montado sobre la varilla (11, 12) de combustible retirada.

4.- El procedimiento de la reivindicación 3, en el que el muelle (16) de expansión se extiende hacia arriba a través de la pantalla (102) contra residuos y se apoya en la placa (100) de sujeción superior antes de que la placa de sujeción superior sea retirada.

20 5.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende así mismo el desplazamiento del haz (32) de combustible de un núcleo de reactor nuclear hacia una piscina (180) de mantenimiento o inspección, y la retirada del canal (20) metálico del haz (32) de combustible.

6.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende así mismo la inserción de una varilla (11, 12) de combustible a través de la pantalla (102) contra residuos en lugar de la varilla de combustible retirada y, a continuación, el asentamiento de la placa (100) de sujeción superior sobre la pantalla (102) contra residuos.

25



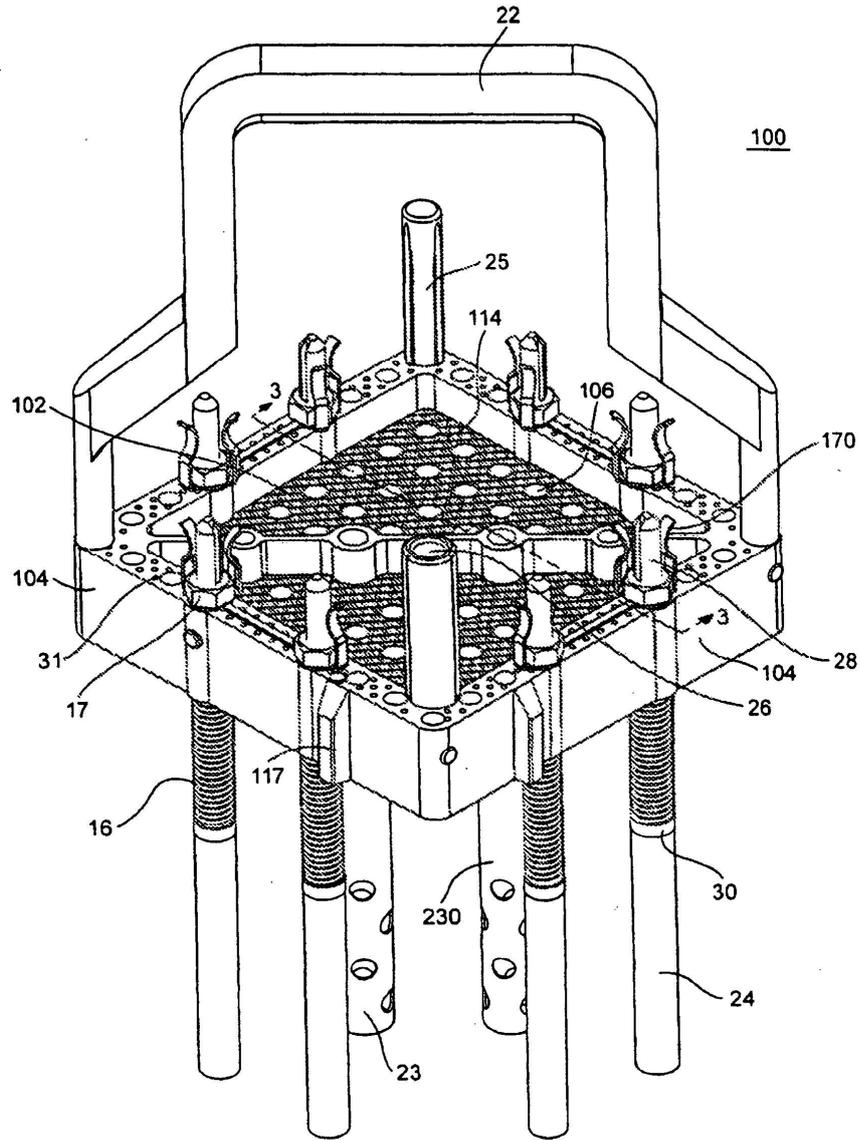


Fig. 2

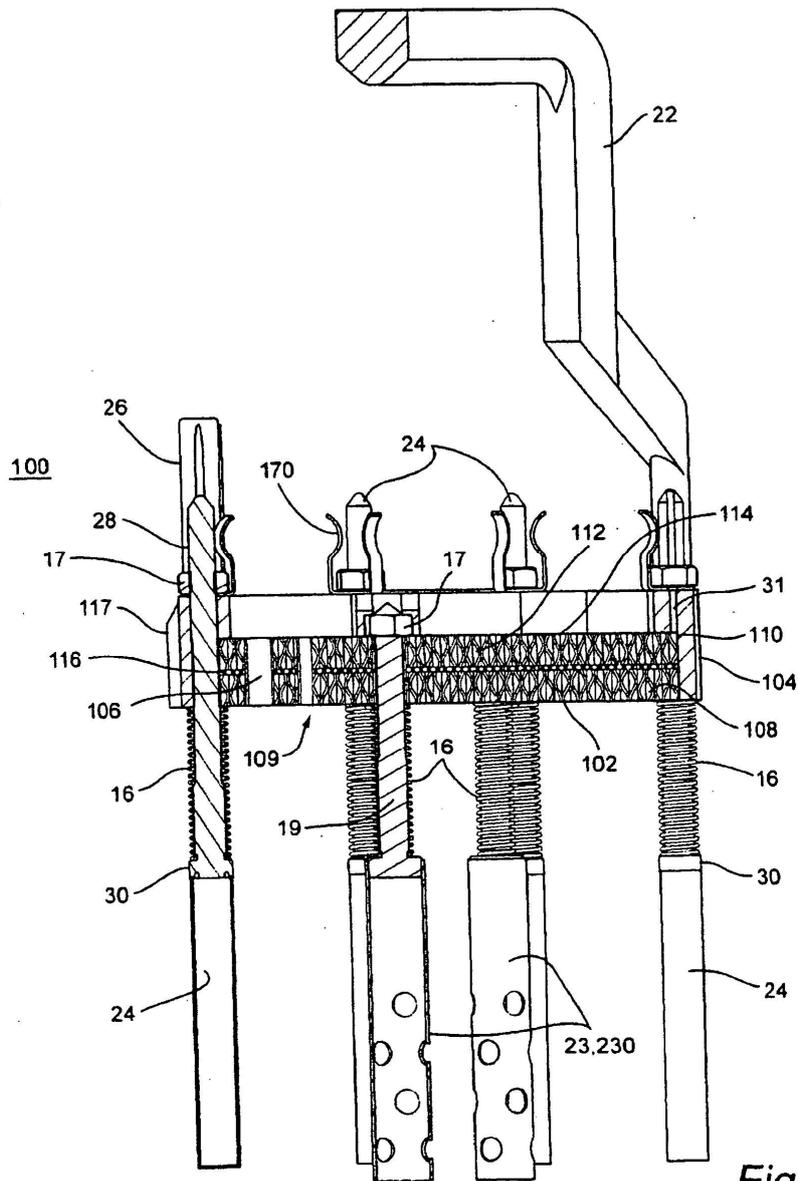


Fig. 3

Fig. 3A

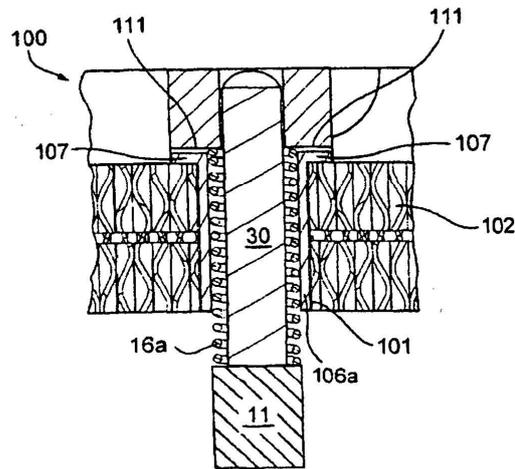
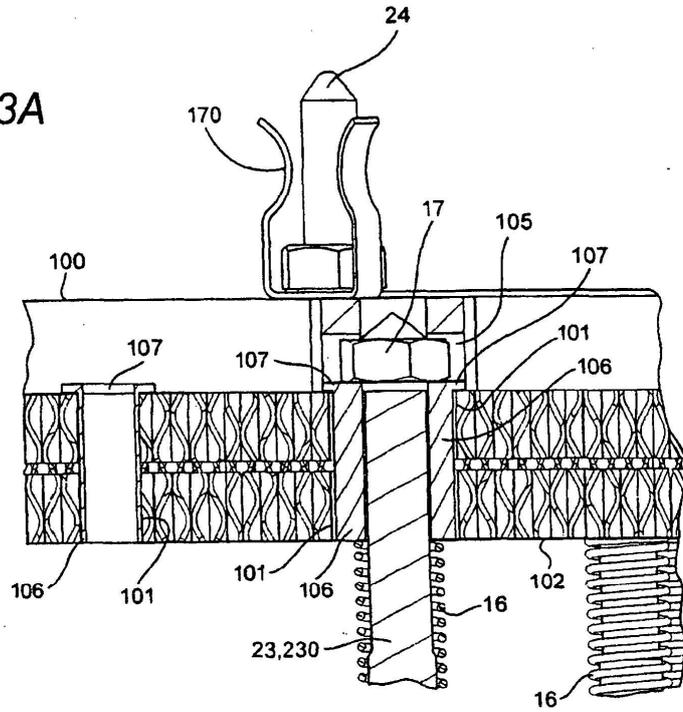


Fig. 3B

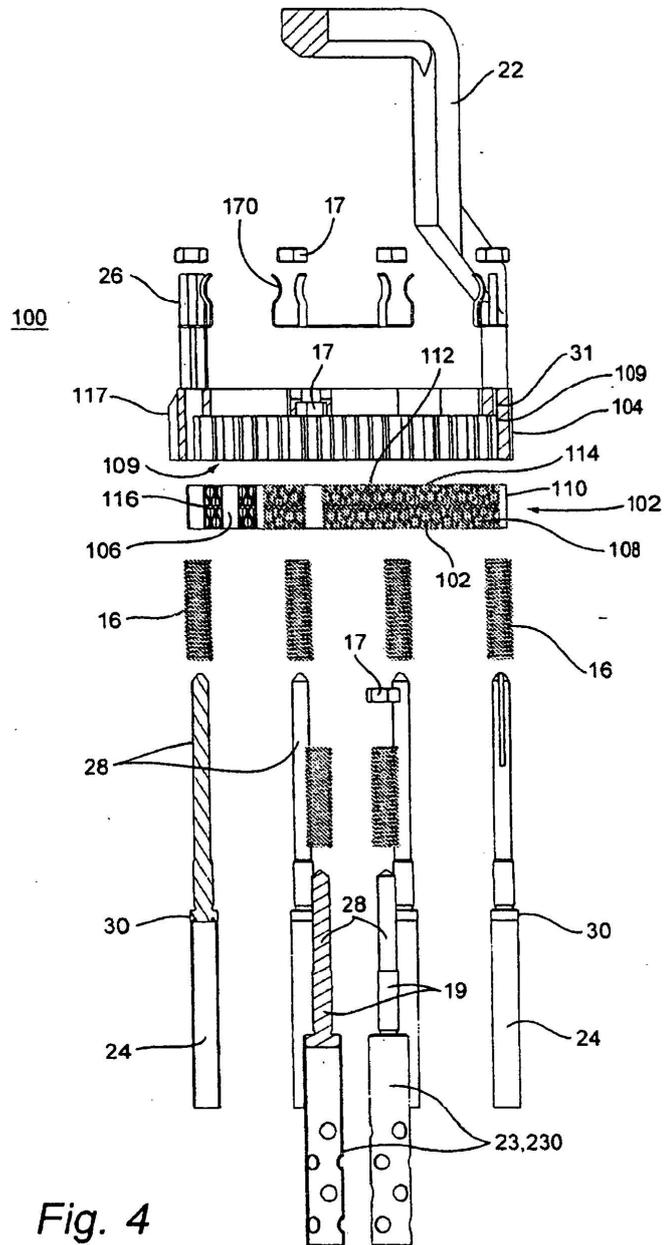


Fig. 4

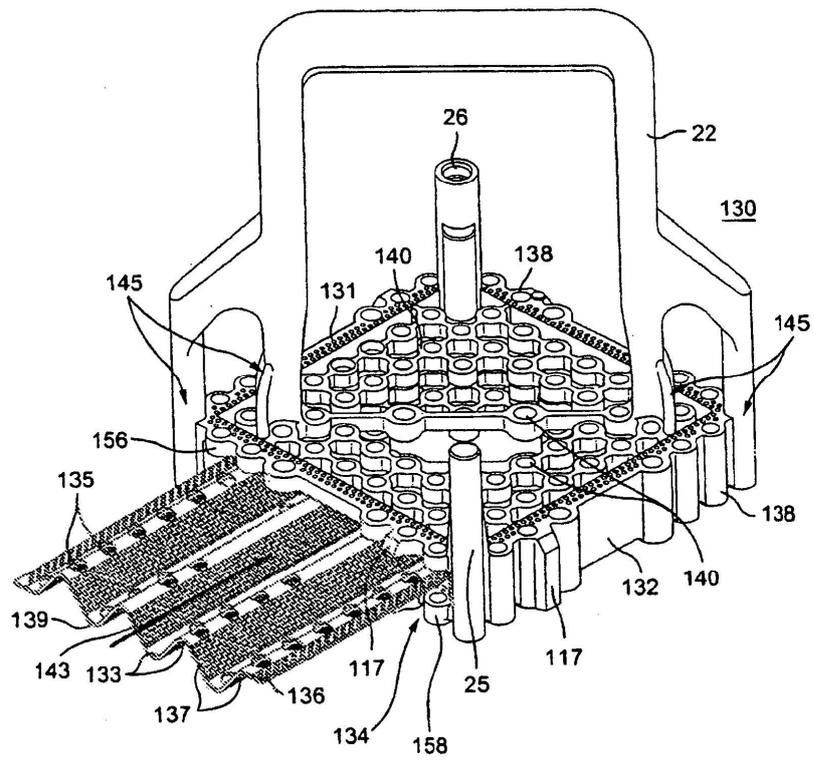


Fig. 5

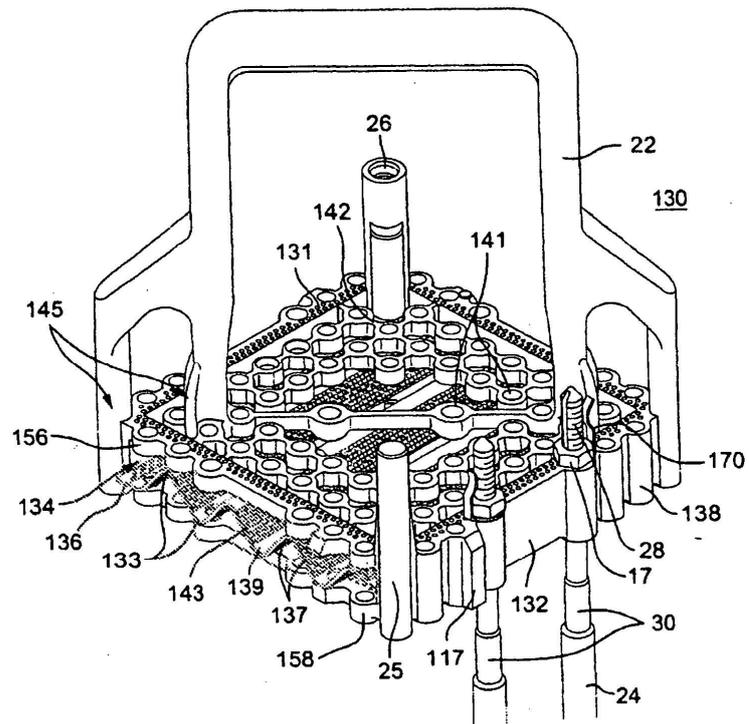


Fig. 6

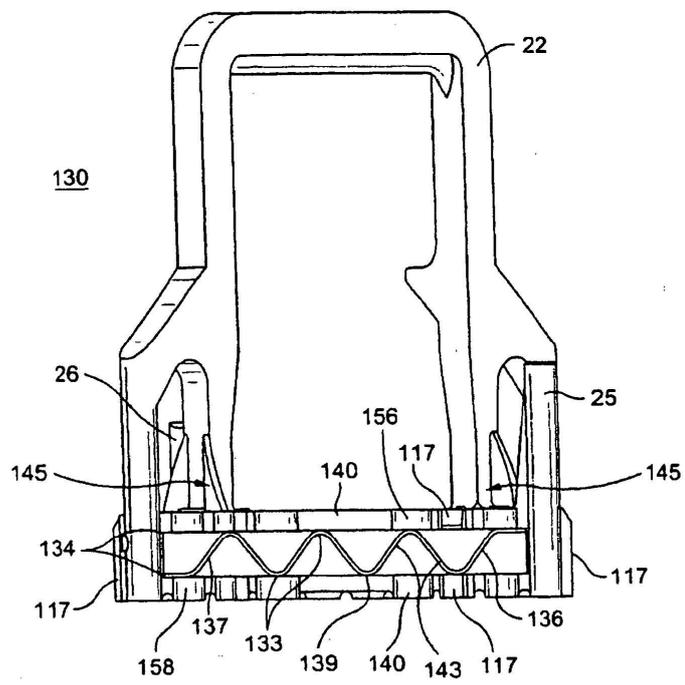


Fig. 7

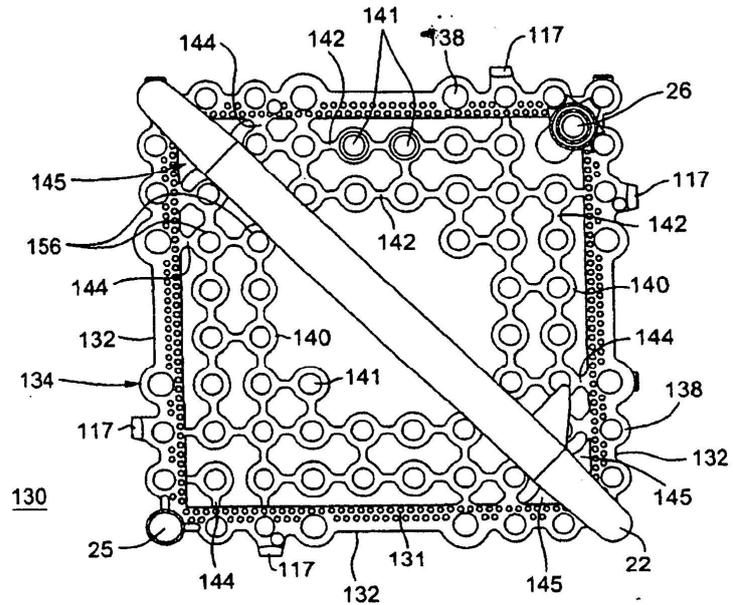


Fig. 8

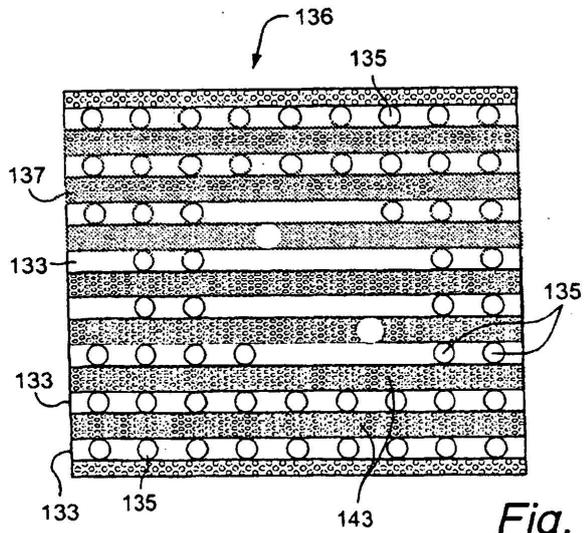
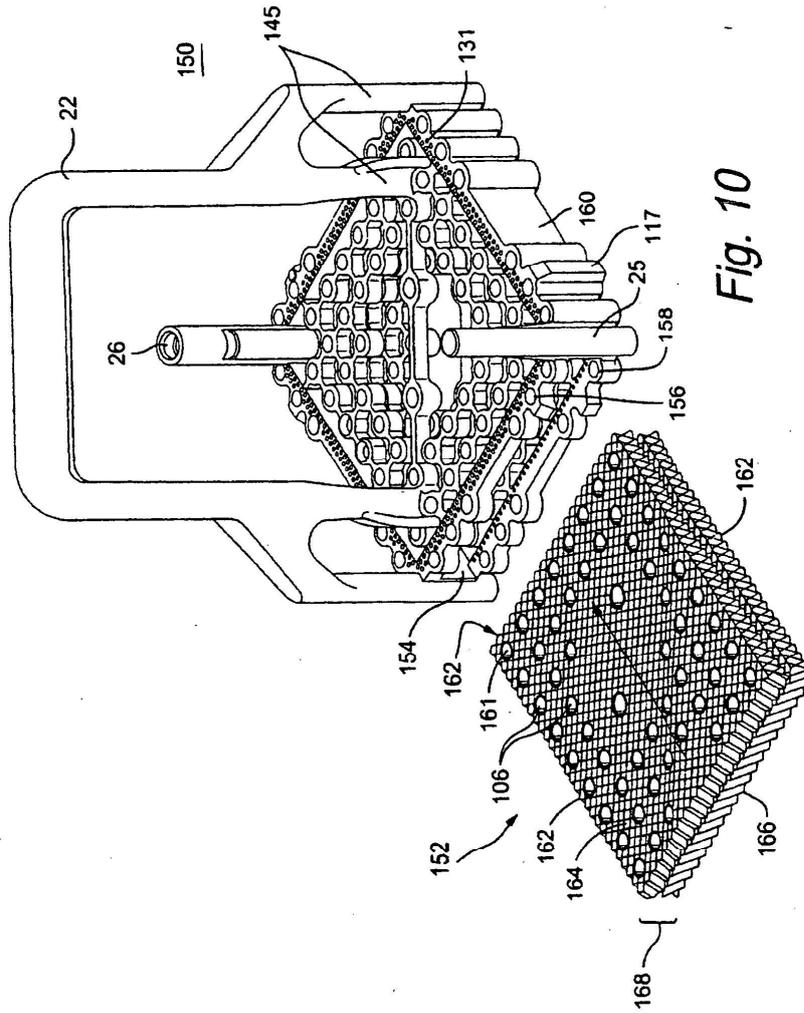


Fig. 9



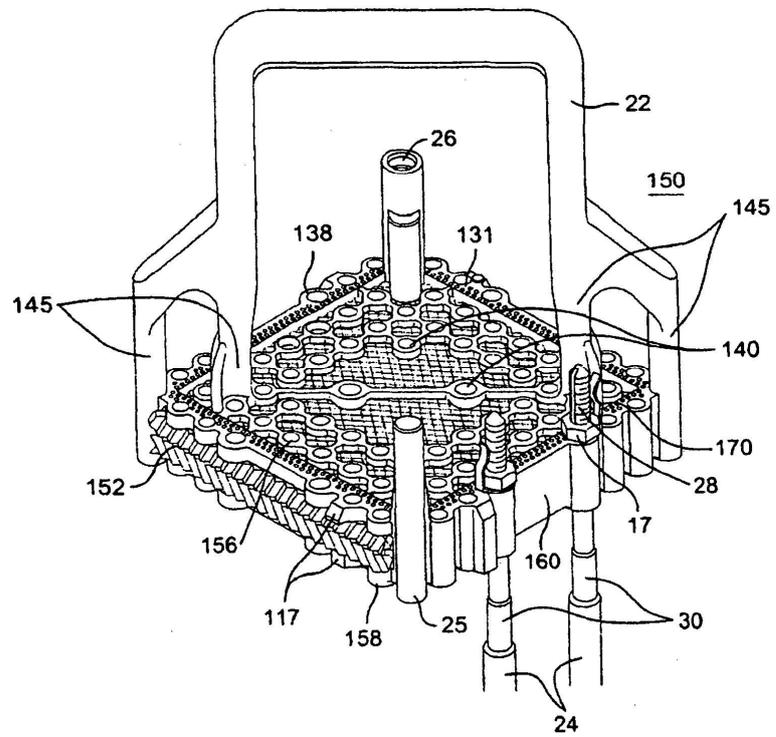


Fig. 11

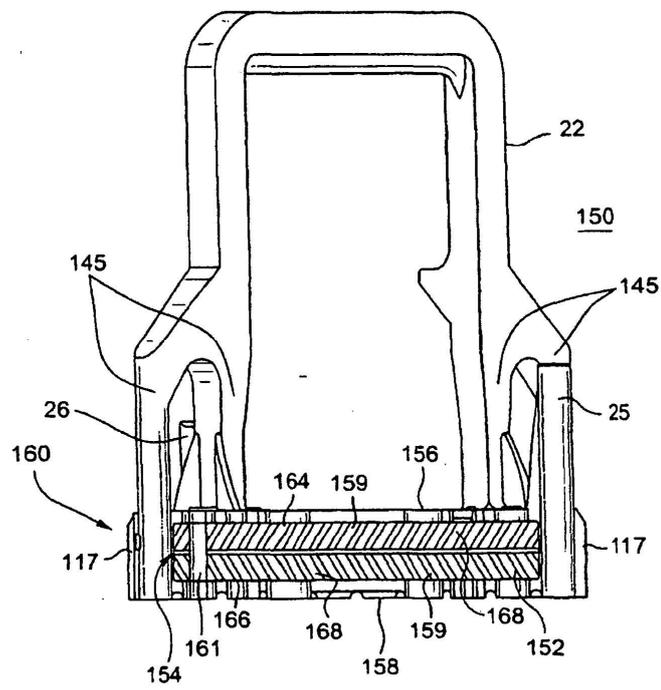


Fig. 12

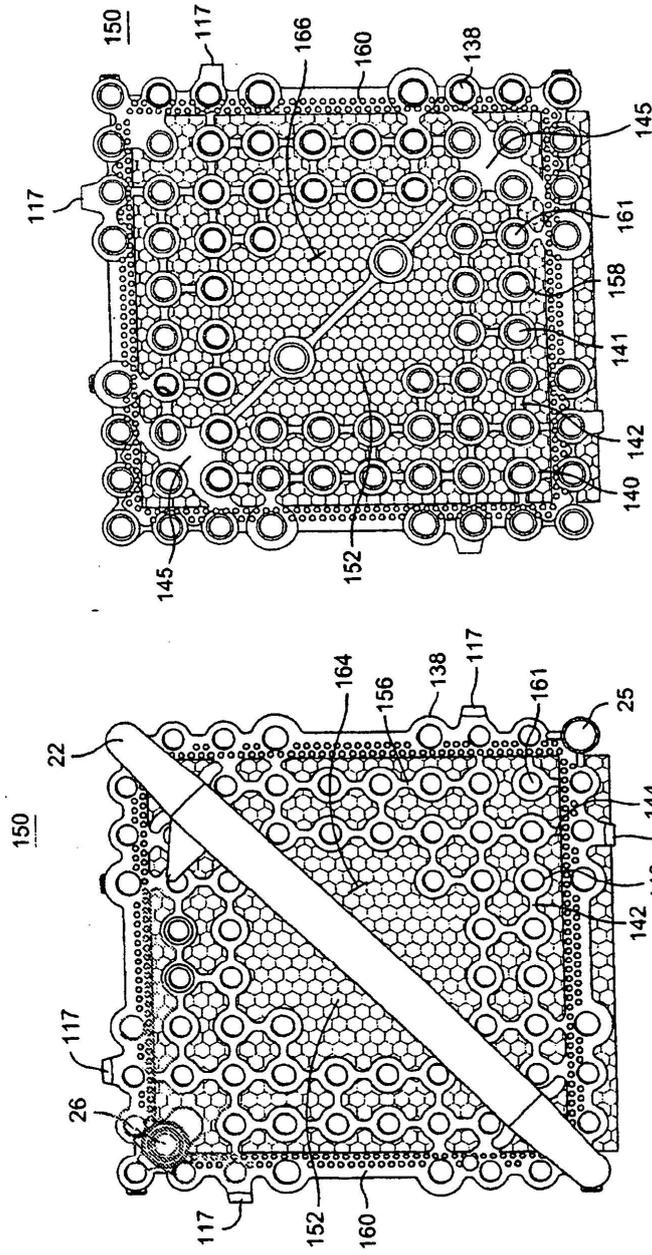
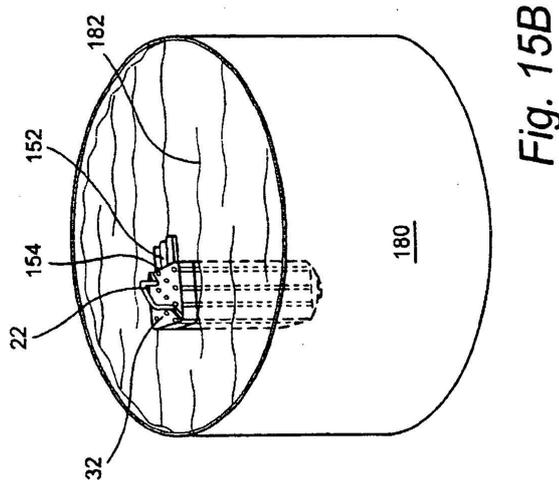
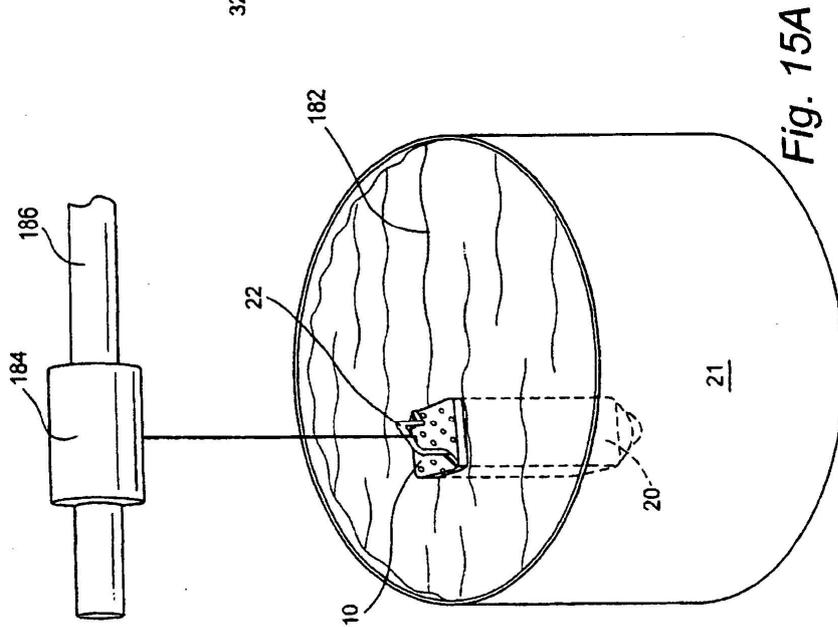


Fig. 14

Fig. 13



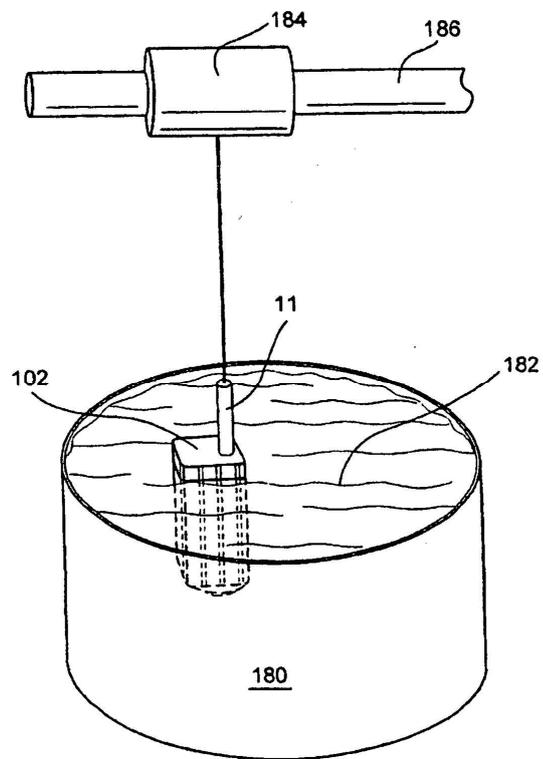


Fig. 15C