



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 953**

51 Int. Cl.:

**G21C 3/33** (2006.01)

**G21C 3/344** (2006.01)

**G21C 3/322** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08163105 .3**

96 Fecha de presentación : **27.08.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2031600**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.03.2009**

54

Título: **Protección contra desechos sobre la placa de sujeción superior de un conjunto combustible nuclear y procedimiento de protección del conjunto contra desechos.**

30

Prioridad: **31.08.2007 US 848548**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**15.07.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**15.07.2011**

73

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

72

Inventor/es: **Elkins, Robert B.;**  
**Fawcett, Russell Morgan;**  
**Smith, David;**  
**Kiernan, Michael;**  
**Stachowski, Russell;**  
**Luciano, Gerald A.;**  
**De Filippis, Michael S.;**  
**Clark, Carlton W. y**  
**Longren, Richard Carl**

74

Agente: **Carpintero López, Mario**

**ES 2 362 953 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

Protección contra desechos sobre la placa superior de sujeción de un conjunto combustible nuclear y procedimiento de protección del conjunto contra desechos

### Antecedentes de la invención

5 La presente invención versa acerca de un conjunto combustible nuclear que incluye un haz de elementos combustibles y una placa de sujeción para soportar el conjunto combustible y, en particular, versa acerca de una protección contra desechos unido a la placa superior de sujeción (UTP) del conjunto de haces de elementos combustibles.

10 En un conjunto combustible, fluye líquido refrigerante/moderador al interior del conjunto a través del fondo y sale como una mezcla de agua/vapor por la parte superior. El núcleo incluye una pluralidad de haces de elementos combustibles dispuestos lado a lado en vertical, cada uno de los cuales contiene una pluralidad de varillas de combustible. Los haces de elementos combustibles incluyen un alojamiento formado por un canal metálico hueco. Los haces de elementos combustibles también incluyen una o más placas de sujeción que soportan las varillas de combustible en el haz. Por lo general, un haz incluye una placa superior de sujeción cerca de la parte superior del conjunto combustible y una placa inferior de sujeción en la parte inferior del conjunto combustible.

15 Pueden caer desechos a través de una placa superior de sujeción convencional y llegar a alojarse dentro del conjunto combustible, en el que los desechos pueden provocar la corrosión de las varillas de combustible por arrastre de metal en condiciones normales de funcionamiento. La corrosión por arrastre de metal es potencialmente dañina para las varillas de combustible, lo que da como resultado lo que típicamente se denomina un "haz de combustible con fuga".

20 Los esfuerzos convencionales para abordar la caída de desechos al interior de un conjunto combustible se centran típicamente en la evitación de desechos dentro del propio refrigerante y en los conductos de flujo de refrigerante. Los esfuerzos convencionales implican típicamente controles administrativos relativos al tratamiento de los conductos de flujo de refrigerante y a la manipulación de los conjuntos combustibles, de modo que los desechos no entren en los conductos ni en los conjuntos combustibles. Estos controles están diseñados para aliviar las fuentes de desechos, de modo que no caigan desechos al interior de los conjuntos combustibles. No obstante, existe el riesgo de que caigan desechos en un conjunto combustible, especialmente mientras se detiene el flujo de refrigerante y el núcleo del reactor está abierto. Hace tiempo que se percibe la necesidad de procedimientos y dispositivos para garantizar que no caigan desechos en los conjuntos combustibles, especialmente mientras está detenido el flujo de refrigerante, durante operaciones de recarga de combustible y con un patrón de flujo inverso del refrigerante.

### Breve descripción de la invención

35 La presente invención proporciona un conjunto combustible de un reactor nuclear que comprende: un haz de elementos combustibles que incluye un conjunto de varillas de combustible y de varillas de agua montado en una placa superior de sujeción y alojado en paredes de un canal, y una protección contra desechos montado al menos parcialmente en el canal y por encima o por debajo de la placa superior de sujeción, extendiéndose la protección a las paredes del canal o sobre las mismas, en el que la protección es porosa, caracterizado porque la protección contra desechos está situada adyacente a la placa superior de sujeción e incluye aberturas para recibir tapones extremos superiores de cierre de las varillas de combustible y varillas de unión en el haz de elementos combustibles.

40 La presente invención proporciona, además, un procedimiento para evitar que caigan desechos en un haz de elementos combustibles de un reactor nuclear que incluye un conjunto de varillas de combustible y de varillas de agua montado en una placa superior de sujeción y alojado en paredes de un canal, comprendiendo el procedimiento las etapas de: insertar una protección contra desechos para cubrir una zona superior abierta del canal en el que la inserción de la protección sitúa la protección por encima o por debajo de la placa superior de sujeción, incluyendo dicha protección aberturas para recibir tapones extremos superiores de cierre de las varillas de combustible y varillas de unión en el haz de elementos combustibles; mantener la protección adyacente a la placa superior de sujeción mientras el haz de elementos combustibles está en un núcleo de un reactor nuclear en funcionamiento; hacer fluir refrigerante a través del haz y la protección contra desechos durante el funcionamiento del núcleo; y capturar o desviar los desechos para que no caigan en el haz de elementos combustibles con la protección contra desechos.

50 La protección contra desechos puede ser un material poroso flexible y la inserción de la protección contra desechos puede incluir la puesta en contacto de un perímetro de la protección contra las paredes del canal.

La inserción de la protección contra desechos puede incluir la disposición de un reborde de la protección para que sobresalga por encima de las paredes del canal, y puede también incluir el corte de una hendidura en la protección y encajar la hendidura en torno a un asa que se extiende hacia arriba desde las paredes del canal.

55 La inserción de la protección contra desechos puede incluir, además, disponer una parte inferior de la protección en las paredes del canal y que el reborde de la protección sobresalga por encima de las paredes.

El procedimiento de la invención puede incluir, además, el plagado de la protección, la retirada de la protección plegada y la descarga de los desechos capturados en la protección de la protección retirada.

### **Breve descripción de los dibujos**

5 La FIGURA 1 es una vista lateral en corte transversal de un conjunto combustible convencional, estando cortadas una porción del canal y las varillas de combustible, las placas de sujeción y las varillas de agua.

La FIGURA 2 es una vista en perspectiva de la parte superior y los laterales de una porción superior de un conjunto combustible con una primera realización de una placa perforada para evitar que los desechos caigan en el conjunto combustible.

10 La FIGURA 3 es una vista en perspectiva de la parte superior y los laterales de una porción superior de un conjunto combustible con una protección en forma cónica contra desechos para evitar que los desechos caigan en el conjunto combustible.

La FIGURA 4 es una vista desde arriba de la parte superior de un conjunto combustible que muestra una placa perforada de protección contra desechos unida a la cara inferior de la placa superior de sujeción.

### **Descripción detallada de la invención**

15 La FIGURA 1 es una vista lateral en corte transversal de un conjunto combustible 10 conformado generalmente como una columna vertical con una sección transversal cuadrada. Típicamente, el conjunto incluye, por ejemplo, un conjunto de varillas largas 11 de combustible y varillas cortas 12 de combustible dispuestas en paralelo. Las varillas de combustible están soportadas por una placa superior 13 de sujeción, a placa inferior 14 de sujeción y uno o más separadores 15 dispuestos en emplazamientos a lo largo de la longitud de las de combustible. Se extienden muelles 16 de dilatación desde el tapón extremo superior de cierre de las varillas largas 11 de combustible hasta la cara inferior de la placa superior 13 de sujeción. Tuercas hexagonales 17 fijan las varillas 24 de unión, que se extienden a través de la placa superior de sujeción, mientras que el extremo opuesto de cada una de las varillas de unión está fijado a la placa inferior de sujeción del conjunto combustible. Las placas de sujeción, especialmente la placa inferior de sujeción, incluyen láminas muelle 18 en las paredes laterales externas de la placa inferior de sujeción que se acoplan con un canal 20 que proporciona un alojamiento hueco para el haz de varillas 11, 12 de combustible, varillas 23, 230 de agua, placas 13, 14 de sujeción, varillas 24 de unión y separadores 15.

20 Típicamente, el canal 20 es un tubo hueco alargado, de sección transversal rectangular y que tiene una longitud que cubre la longitud de las varillas de combustible en el conjunto combustible. Generalmente, un asa 22 elevadora con forma de U está unida o forma parte de la placa superior 13 de sujeción. El asa 22 puede usarse para elevar y hacer descender el conjunto 10 de haces de elementos combustibles en un núcleo 21 de reactor o para mover el conjunto de otra manera.

25 Pueden entrar desechos por la parte superior del haz 10 de elementos combustibles durante condiciones de no funcionamiento o de funcionamiento, tal como la recarga de combustible, la recepción de combustible nuevo, el transporte hasta el núcleo, cuando se detiene el flujo ascendente del refrigerante a través del núcleo y cuando el flujo puede estancarse o invertirse. Los desechos que caen en la parte superior del haz de elementos combustibles pueden llegar a alojarse en una placa de sujeción, un soporte separador, entre las varillas o entre una pared del canal y una varilla. Las grietas del haz de elementos combustibles pueden atrapar los desechos en el haz. Los desechos pueden caer bajo la placa superior 13 de sujeción y llegar a alojarse en un emplazamiento en el haz en el que podrían provocar la corrosión por arrastre de metal de las varillas 11, 12 de combustible durante las condiciones de funcionamiento.

30 La FIGURA 2 muestra una protección 26 contra desechos sobre la placa superior de sujeción en un haz 10 de elementos combustibles para ser colocada dentro del núcleo de un generador nuclear. La protección 26 contra desechos puede ser generalmente un material poroso plano, como una placa plana de malla que tenga bordes 28 que hagan contacto con las superficies interiores de las paredes 20 del canal. La protección contra desechos puede o no estar unida o ser integral a la placa superior de sujeción, al canal, a la varilla de agua o a otro componente que soporte carga que forme la parte superior de un conjunto combustible 10.

35 La protección plana 26 contra desechos puede ser una malla de alambre o de tela, una esponja, una rejilla, un conjunto de varillas o listones u otra matriz. La protección contra desechos puede ser flexible para facilitar su inserción en el haz y por el asa elevadora 22. La inserción puede requerir que la protección se deslice sobre el asa elevadora 22 y asentar la protección encima de la placa superior de sujeción. Pueden incluirse hendiduras 30 en la protección 26 contra desechos para permitir que la protección encaje sobre y entre el asa elevadora 22. La protección puede tener aberturas 32, 33 que encajan sobre las puntas y protuberancias de las varillas largas de combustible, las varillas de agua y las varillas de unión que se extienden hacia arriba a través de la placa superior de sujeción. Las aberturas mayores 33 pueden estar alineadas con un tapón extremo superior 19 de cierre de una varilla de agua y una abrazadera, una tuerca hexagonal, u otro dispositivo de fijación de la protección puede encajar a través de la abertura 33 y en el tapón extremo superior 19. Las aberturas 32 encajan ajustadas sobre las puntas y

las protuberancias para evitar que los desechos caigan por las aberturas y descendan introduciéndose en el conjunto combustible. Además, la protección puede mantenerse en su sitio mediante tuercas hexagonales 17 que fijan las varillas 24 de unión a la parte superior de la placa superior de sujeción mientras las lengüetas 34 de inmovilización impiden que las tuercas hexagonales se aflojen de cada una de las varillas de unión dentro del haz de elementos combustibles.

La protección 26 contra desechos puede permanecer en el conjunto combustible durante el funcionamiento del núcleo del reactor nuclear. Preferentemente, la protección 26 contra desechos tiene una porosidad, una malla abierta o una estructura de matriz que permiten que fluya refrigerante, especialmente refrigerante de emergencia, a través de la protección sin resistencia sustancial al flujo. La estructura porosa, de malla o de matriz de la protección contra desechos bloquea el paso de desechos. La protección contra desechos sirve de filtro que permite el paso de fluidos, como el fluido de refrigeración, y bloquea el paso de particulados. Preferentemente, la protección contra desechos debería bloquear el paso de partículas de material de desecho, al tener un tamaño de poro que minimice el tamaño de los desechos a la vez que mantiene el flujo óptimo de refrigerante.

La FIGURA 3 es una vista en perspectiva de un conjunto 10 de haces de elementos combustibles con una protección 36 en forma cónica contra desechos insertada en la parte superior del conjunto combustible 10. La protección 36 en forma cónica contra desechos puede estar formada de una malla, una matriz u otra estructura porosa que tenga, a grandes rasgos, una forma cónica, piramidal o de copa invertida. La protección 36 contra desechos incluye un reborde superior 38 que se extiende verticalmente por encima del borde superior 39 de la pared 20 del canal del haz, y puede o no extenderse horizontalmente más allá de las paredes del canal. La protección 36 con el reborde 38 funciona en efecto como una red para capturar desechos que caen desde arriba en la parte superior del haz de elementos combustibles. Dado que, preferentemente, el reborde 38 se extiende al menos hasta el borde superior 39 de las paredes 20 del canal, y más allá, los desechos son capturados o desviados por la protección y no caen en el interior del conjunto de haces de elementos combustibles. Los desechos caen sobre la superficie superior de la protección 36 y se deslizan o ruedan a lo largo de una de las paredes laterales interiores inclinadas 40 hasta el fondo 42 de la protección, en el que los desechos pueden ser retenidos por gravedad o por una zona de flujo estancado durante el funcionamiento.

El fondo 42 de la protección 36 contra desechos puede ser una malla, porosa o de un material sólido. Fluye refrigerante a través de la malla o del fondo poroso de la protección. Un fondo sólido 42 forma una zona de flujo estancado en la que pueden ser capturados los desechos. Los desechos pueden ser retenidos en el fondo 42 de la protección 36 hasta que se extraiga el haz 10 de elementos combustibles del núcleo del reactor o se lleve a cabo un mantenimiento en el haz. La protección 36 puede estar formada de un material flexible de tipo tela. Durante el mantenimiento, la protección puede ser plegada para retener los desechos y, después, ser retirada del conjunto de haces de elementos combustibles y, más tarde, desplegada para descargar los desechos retenidos en el fondo de la protección.

La protección 36 puede estar formada de una tela flexible, una lámina porosa o una matriz que esté conformada para ajustarse en la parte superior del haz de elementos combustibles. El material que forma la protección debería soportar el mantenimiento en un núcleo de un reactor material. Las hendiduras 44 en la protección permiten que la protección se ajuste a través del asa elevadora 22 en forma de U y que sea insertada en el conjunto 10 de haces de elementos combustibles. Alternativamente, la protección 36 puede estar escindida y ser unida por cosido después de haber sido colocada en la parte superior del conjunto combustible. Los tapones extremos roscados en el tapón extremo superior 19 de las varillas de agua pueden fijar las piezas de la protección 36 de tal manera que las piezas sean adyacentes y formen un solo dispositivo de protección para capturar desechos. Aunque es preferentemente flexible para su instalación en el haz, la protección tiene suficiente rigidez como para retener su forma una vez está instalada en la placa superior de sujeción del conjunto combustible.

Puede encajarse un paraguas superior 46 sobre el reborde 38 de la protección 36 en forma de cono contra desechos y desviar los desechos del interior del conjunto combustible. El paraguas puede formar un anillo, por ejemplo un anillo rectangular, que se fija al reborde 38 de la protección 36 contra desechos. El paraguas 46 puede estar inclinado hacia abajo desde los bordes interiores del anillo hasta los bordes exteriores para desviar los desechos del conjunto combustible 10. El paraguas 46 puede ser una malla de alambre o ser poroso de otra manera para evitar interferir en el flujo de refrigerante por el conjunto combustible. Un paraguas sólido encima del conjunto combustible también puede ser aceptable si no interfiere adversamente el flujo de refrigerante.

La FIGURA 4 es una vista desde arriba de la parte superior de un conjunto combustible 10 que muestra una placa 50 de protección contra desechos unida a la cara inferior de una placa superior de sujeción 52. La placa 50 de protección contra desechos es una placa metálica con aberturas de pequeño diámetro que están cortadas con taladro o troqueladas en la placa. La placa 50 de protección contra desechos está unida al fondo de la placa superior de sujeción por medio de soldadura, abrazaderas, tornillos u otras fijaciones 55. La placa de protección contra desechos puede tener aberturas tanto grandes como pequeñas, dispuestas con el mismo patrón de las aberturas 54 en la placa superior de sujeción 52. Las aberturas pequeñas son para recibir los tapones extremos superiores en cada una de las varillas largas 11 y en las varillas 24 de unión en el haz de elementos combustibles. La placa de protección contra desechos puede mantenerse en su sitio gracias a los muelles 16 de dilatación de las varillas de

combustible y ser apretada hacia arriba contra la cara inferior de la placa superior 13 de sujeción. Las varillas de combustible se extienden a través de la placa de protección contra desechos y la placa superior de sujeción, en la que las varillas de unión son fijadas por medio de las tuercas hexagonales 17 y las lengüetas 34 de inmovilización.

5 En el presente documento se da a conocer una protección contra desechos que mitiga la entrada de materiales extraños en la parte superior de un conjunto combustible. La protección contra desechos puede consistir en una pluralidad de agujeros o en una protección antimisiles, de modo que el dispositivo desvíe, capture o elimine materiales extraños introducidos potencialmente en la parte superior del conjunto combustible.

10 Las protecciones 26, 36 y 50 contra desechos mostradas en las Figuras 2, 3 y 4 son protecciones ejemplares. La protección 26 contra desechos mostrada en la Figura 2 está configurada como una placa perforada montada sobre una placa superior 13 de sujeción. La protección 36 contra desechos de la Figura 3 tiene una forma que bloquea el flujo descendente de desechos y tiene una zona resistiva relativamente pequeña al flujo de refrigeración de emergencia y permite la recirculación del fluido que fluye a través de la protección, y en torno a la misma, hasta la parte superior del haz durante la aplicación del sistema refrigeración de emergencia del núcleo. La protección 50 de la placa plana perforada contra desechos mostrada en la Figura 4 está unida a la parte inferior de la placa superior de sujeción y es relativamente discreta. Pueden formarse protecciones contra desechos que tengan otras formas, composiciones y disposiciones en la parte superior de un conjunto de haces de elementos combustibles que cumplan la función de evitar que caigan desechos en un haz, sustancialmente con la misma manera de bloquear el paso de los desechos que caen bajando al interior del haz mientras pasa el refrigerante para lograr el resultado de que no se introduzca sustancialmente ningún desecho en el haz debido a que caigan desechos bajando por la placa superior de sujeción.

20

Evitando la entrada de materiales extraños en el conjunto de haces de elementos combustibles, se reduce sustancialmente la posibilidad de una avería por corrosión por arrastre de metal en las varillas de combustible. La protección captadora contra desechos debería mejorar la fiabilidad del conjunto combustible.

25 El uso de una protección contra desechos tal como es dada a conocer en el presente documento debería evitar que cayesen desechos en un haz de elementos combustibles y, por ello, reducir las averías de las varillas de combustible debidas a los desechos. De manera similar, se espera que evitar que caigan desechos en el haz de elementos combustibles garantice la vida operativa del conjunto combustible al reducir el riesgo de averías de las varillas de combustible y su descarga prematura del núcleo del reactor.

30 Aunque se ha descrito la invención en conexión con lo que se considera actualmente que es la realización más práctica y preferente, debe entenderse que la invención no está limitada a la realización dada a conocer, sino que, al contrario, se pretende abarcar diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del espíritu y el alcance las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un conjunto combustible (10) de un reactor nuclear que comprende:
- 5 un haz de elementos combustibles que incluye un conjunto de varillas (11, 12) de combustible y de varillas (23, 230, 56, 57) de agua montado en una placa superior de sujeción (13, 52) y alojado en paredes de un canal (20), y
- una protección (26, 36, 50) contra desechos montada al menos parcialmente en el canal y por encima o por debajo de la placa superior de sujeción, extendiéndose la protección a las paredes del canal o sobre las mismas, en el que la protección es porosa,
- 10 **caracterizado porque** la protección (26, 36, 50) contra desechos está situada adyacente a la placa superior de sujeción (13, 52) e incluye aberturas para recibir tapones extremos superiores de cierre de las varillas (11, 12) de combustible y varillas (24) de unión en el haz de elementos combustibles.
2. Un conjunto combustible de un reactor nuclear según la reivindicación 1 en el que la protección contra desechos comprende una placa plana (50) asentada en el canal.
3. Un conjunto combustible de un reactor nuclear según la reivindicación 2 en el que la placa plana (50) está montada en la placa superior de sujeción.
- 15 4. Un conjunto combustible de un reactor nuclear según las reivindicaciones 2 o 3 en el que la placa plana (50) hace contacto con las paredes del canal sustancialmente a lo largo de toda la anchura de cada pared.
5. Un conjunto combustible de un reactor nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4 en el que la placa plana (50) incluye al menos una abertura que encaja ajustada sobre un componente del conjunto que se extiende hacia arriba a través de la placa superior de sujeción.
- 20 6. Un haz de elementos combustibles de un reactor nuclear según la reivindicación 1 en el que la protección (36) contra desechos incluye un reborde superior (38) que se extiende horizontalmente por encima y sobre las paredes del canal, lados inclinados (40) y un fondo (42) dentro del canal y fijado a la placa superior de sujeción o al canal.
- 25 7. Un procedimiento para evitar que caigan desechos en un haz (10) de elementos combustibles de un reactor nuclear que incluye un conjunto de varillas (11, 12) de combustible y de varillas (23, 230, 56, 57) de agua montado en una placa superior de sujeción (13, 52) y alojado en paredes de un canal (20), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 30 insertar una protección (26, 36, 50) contra desechos para cubrir una zona superior abierta del canal (20) en el que la inserción de la protección (26, 36, 50) sitúa la protección por encima o por debajo de la placa superior de sujeción (13, 52), incluyendo dicha protección (26, 36, 50) aberturas para recibir tapones extremos superiores de cierre de las varillas (11, 12) de combustible y varillas (24) de unión en el haz de elementos combustibles;
- 35 mantener la protección (26, 36, 50) adyacente a la placa superior de sujeción (13, 52) mientras el haz (10) de elementos combustibles está en un núcleo de un reactor nuclear en funcionamiento;
- hacer fluir refrigerante a través del haz (10) y la protección (26, 36, 50) contra desechos durante el funcionamiento del núcleo; y
- capturar o desviar los desechos para que no caigan en el haz (10) de elementos combustibles con la protección (26, 36, 50) contra desechos.
- 40 8. El procedimiento según la reivindicación 7 en el que los desechos son capturados o desviados mientras se detiene el flujo de refrigerante o se invierte el flujo de refrigerante.

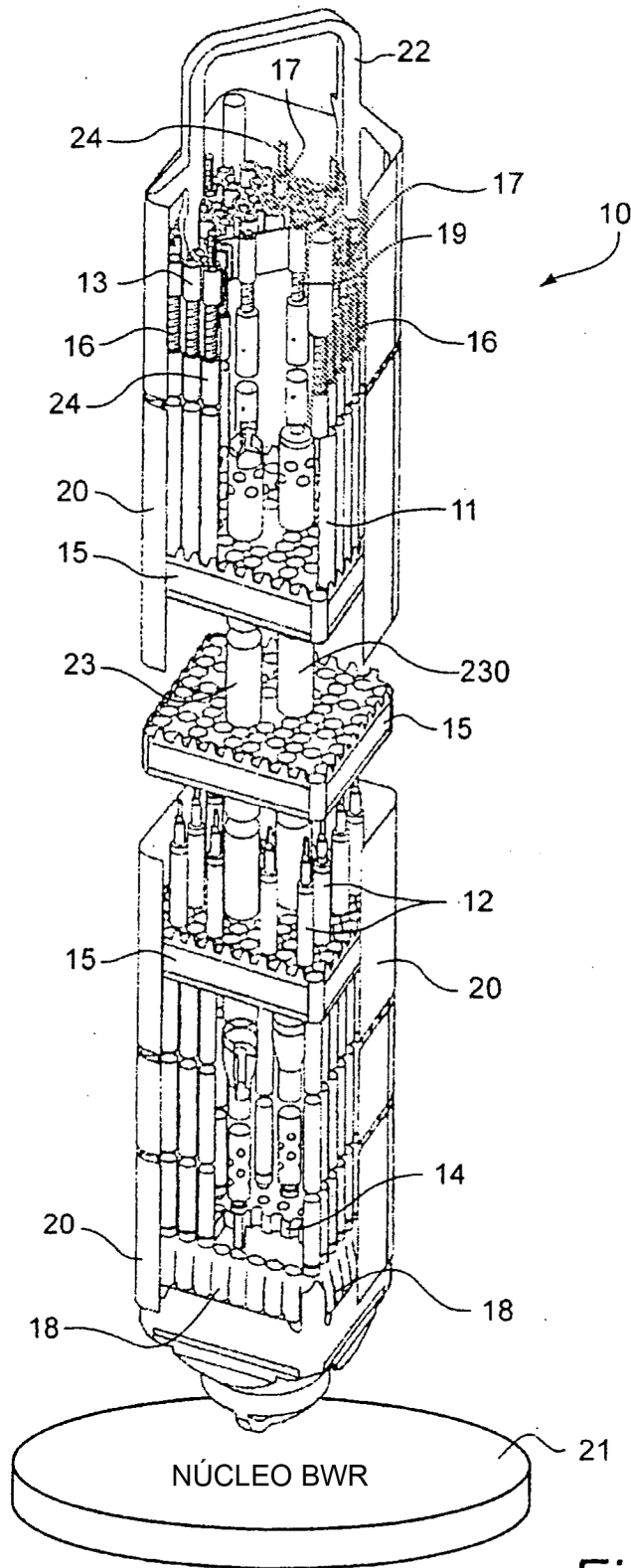
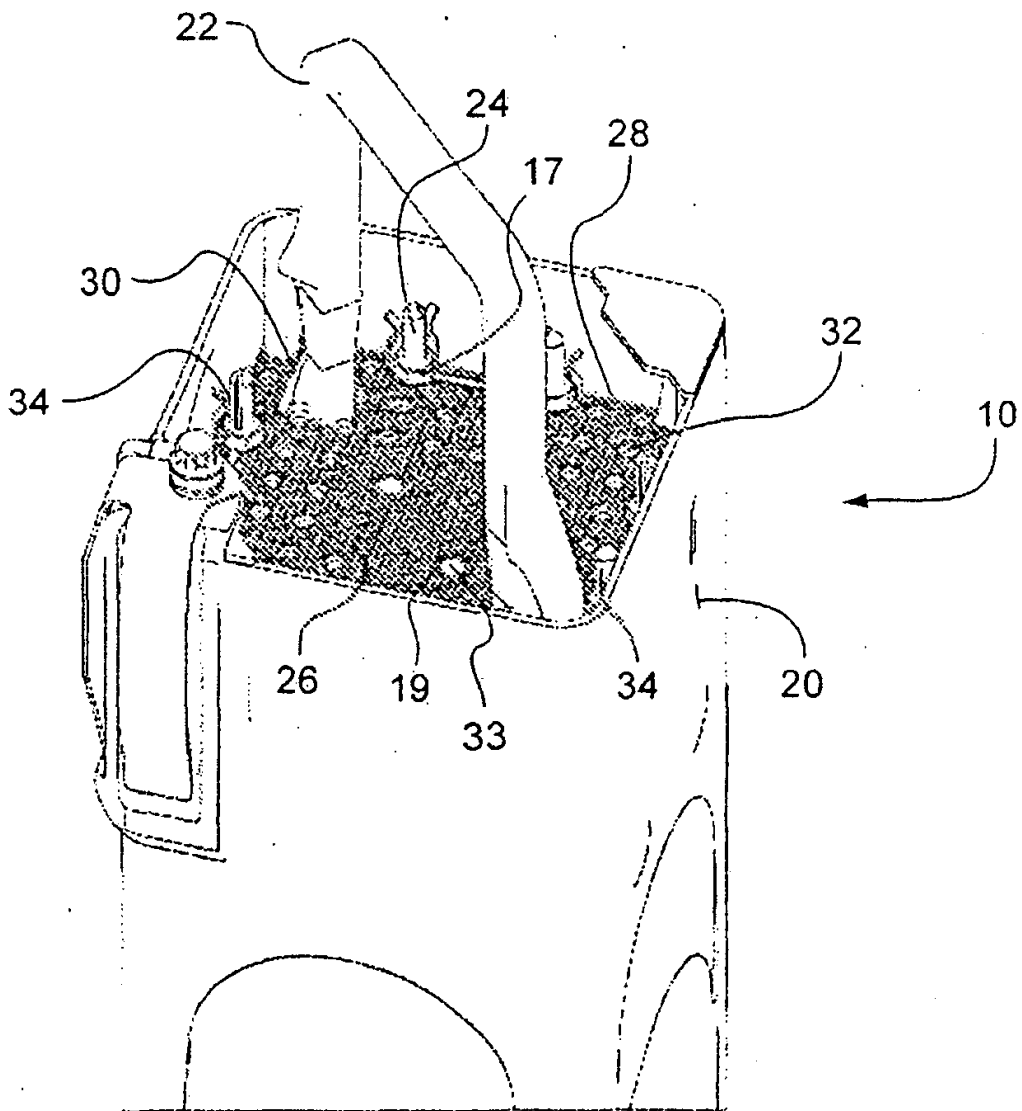


Fig. 1



*Fig. 2*



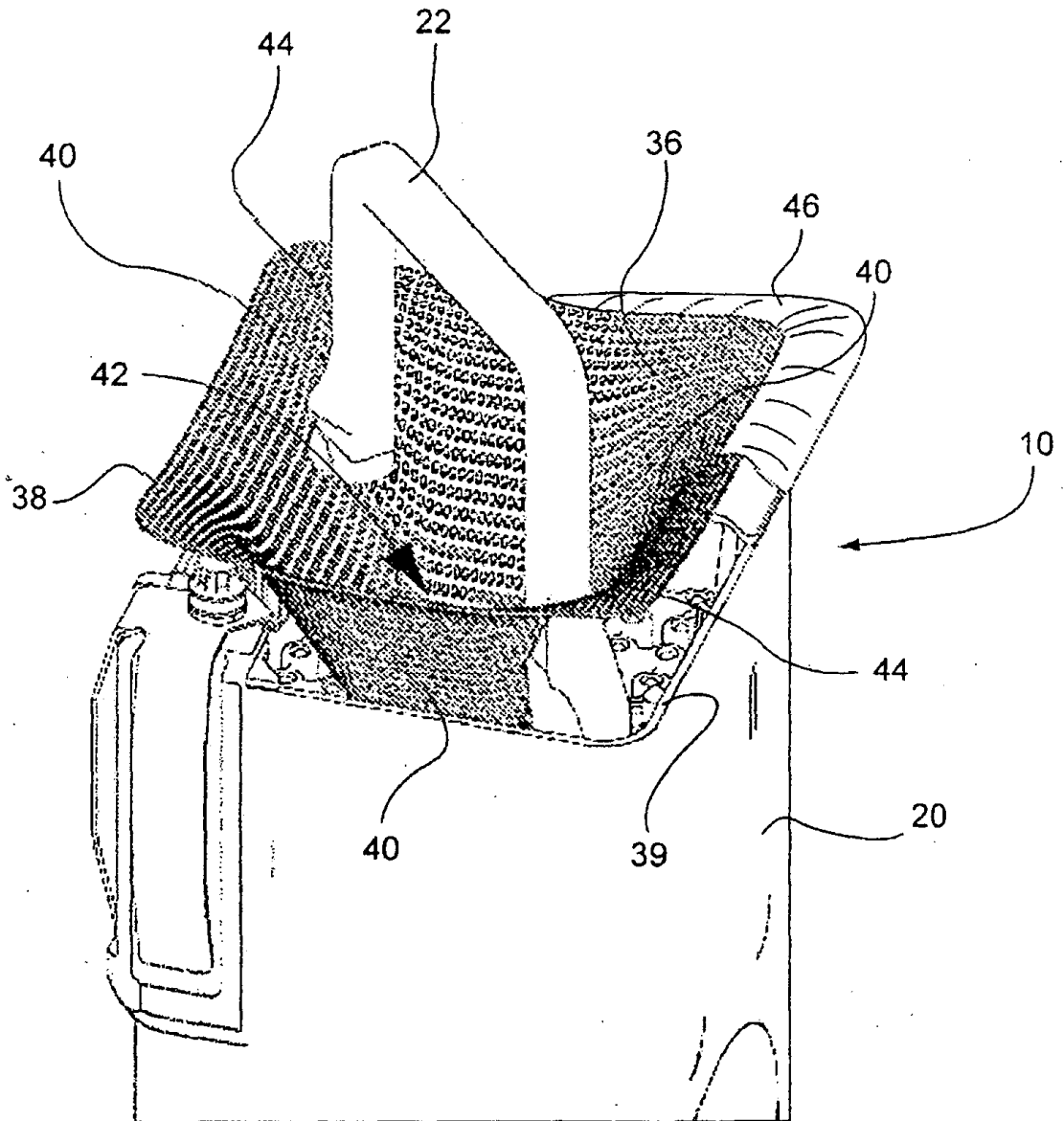
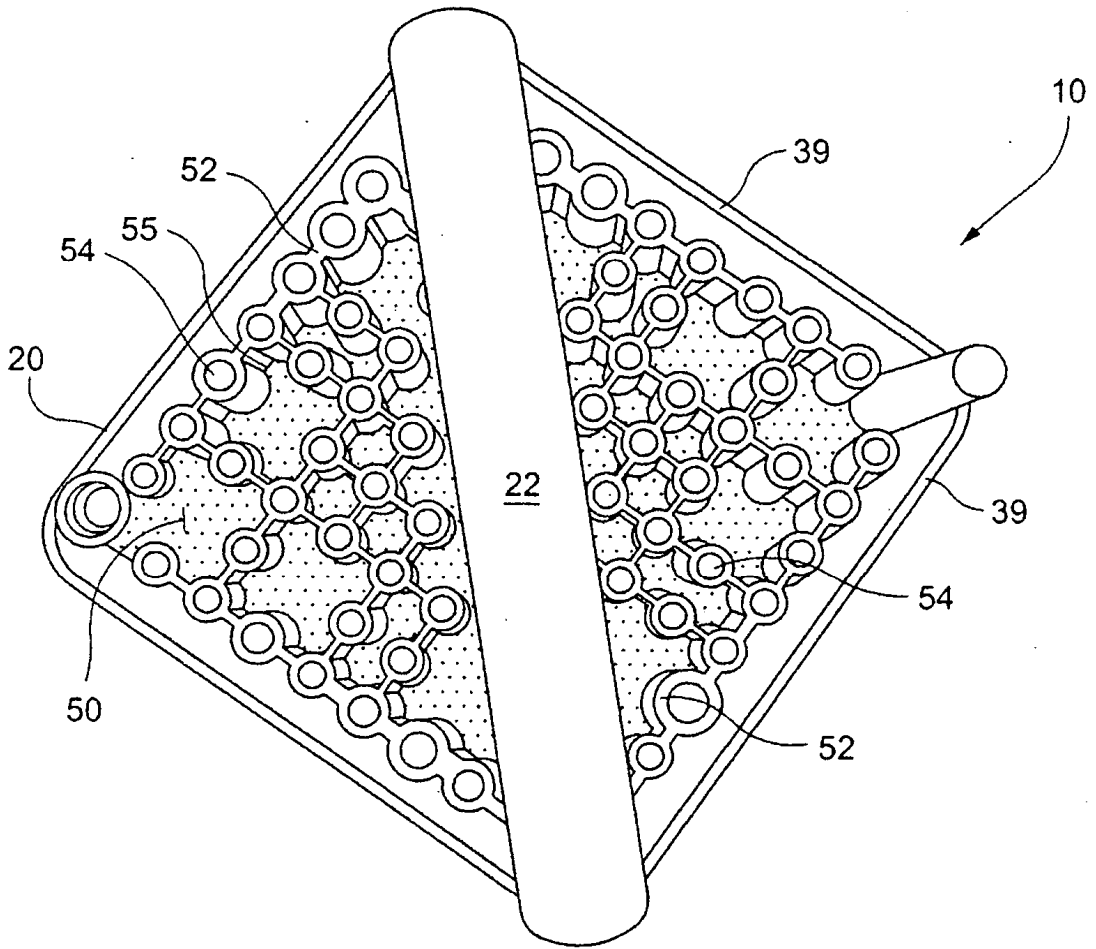


Fig. 3



*Fig. 4*