

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 064**

51 Int. Cl.:

**G21C 3/332** (2006.01)

**G21C 3/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2012** E 12721312 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016** EP 2710603

54 Título: **Conjunto de combustible nuclear para reactor de agua en ebullición que comprende un separador de canal de combustible**

30 Prioridad:

**20.05.2011 EP 11305622**

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

**03.10.2016**

73 Titular/es:

**AREVA NP (100.0%)  
Tour Areva, 1 Place Jean Millier  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**BLAVIUS, DIRK;  
FRIEDRICH, ERHARD;  
BLOCK, BERND;  
RUDER, VIKTOR;  
LONG, COREY y  
WALKER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

ES 2 585 064 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Conjunto de combustible nuclear para reactor de agua en ebullición que comprende un separador de canal de combustible

5

**[0001]** La presente invención se refiere a un conjunto de combustible nuclear para reactor de agua en ebullición que comprende una base, una parte superior, un haz de barras de combustible que se extiende longitudinalmente entre la base y la parte superior, un canal de combustible tubular que encierra el haz de barras de combustible, y al menos un separador de canal de combustible para separar transversalmente el conjunto de combustible de un elemento adyacente.

10

**[0002]** En un reactor de agua en ebullición (BWR en la siguiente descripción), conjuntos de combustible se disponen uno al lado de otro en series 2x2 de conjuntos de combustible. Los extremos superiores de los conjuntos de combustible están alojados en una celda de la rejilla del núcleo superior del reactor. Los conjuntos de combustible están dispuestos con una separación entre ellos para permitir la inserción de una barra de control en forma de cruz entre los conjuntos de combustible nuclear, y una separación con las paredes de la celda. Controlar estas separaciones entre los conjuntos de combustible es importante para la reacción nuclear en funcionamiento normal y para asegurarse de permitir la inserción de la barra de control para ralentizar la reacción nuclear.

15

**[0003]** Un conjunto de combustible nuclear para reactor de agua en ebullición (BWR) comprende un haz de barras de combustible que se extienden longitudinalmente dispuestos en una retícula, al menos un canal de agua tubular o barra de agua que sustituyen a algunas barras de combustible en el haz, un canal de combustible tubular que encierra el haz de barras de combustible, y una base y una parte superior en los extremos longitudinales del conjunto de combustible.

20

**[0004]** El documento US 4 851 187 describe un conjunto de combustible nuclear que comprende un fijador de canal de combustible que comprende un soporte adaptado para montarse sobre una esquina del canal de combustible y dos resortes que se extienden a lo largo del soporte. El soporte está atornillado a una placa de amarre superior del conjunto de combustible nuclear con un perno que se extiende longitudinalmente para conectar el canal de combustible a la placa de amarre superior. Cada resorte tiene un extremo superior atornillado al soporte con un tornillo transversal y un extremo inferior deslizante en una ranura del soporte. El fijador de canal de combustible combina las funciones de fijar el canal de combustible a la placa de amarre superior y separar el canal de combustible de un conjunto de combustible nuclear adyacente.

25

**[0005]** Dicho fijador de canal de combustible que tiene que estar geoméricamente controlado y soportar fuerzas elevadas se obtiene a un coste elevado. Además, existe un riesgo de flexión del fijador de canal de combustible durante la manipulación del conjunto de combustible nuclear usando un mango conectado a la placa de amarre superior.

30

**[0006]** Los documentos JP 2002 002072 A y US 6 097 779 A describen un conjunto de combustible nuclear que tiene separadores de canal de combustible fijados a extremos superiores del canal de combustible. El documento JP 5 011084 A describe un conjunto de combustible nuclear que tiene topes fijados en paredes laterales del canal de combustible.

35

**[0007]** Un objetivo de la invención es, por lo tanto, proporcionar un conjunto de combustible nuclear para un reactor de agua en ebullición en el que la separación puede obtenerse fácilmente y de forma fiable a bajo coste.

40

**[0008]** Con este fin, la invención propone un conjunto de combustible nuclear para reactor de agua en ebullición de acuerdo con la reivindicación 1.

45

**[0009]** De acuerdo con realizaciones específicas, el conjunto de combustible nuclear puede comprender una o varias de las siguientes características:

- la o cada placa está solada a una pared lateral;

50

- la o cada placa está remachada a una pared lateral del canal de combustible;

- la o cada placa está atornillada a una pared lateral;

- la o cada placa está fijada a la pared lateral mediante un único remache de placa y/o tornillo.

- cada resorte se encaja a presión en la placa;

5 - el resorte tiene dos partes terminales, cada una alojada de forma que pueda deslizarse en una ranura respectiva provista en la placa;

- el soporte comprende dos placas en ángulo recto, el soporte está montado sobre una esquina en la intersección de dos paredes laterales, estando cada placa fijada a una pared lateral respectiva;

10

- las dos placas son una pieza; y

- el soporte termina antes del extremo superior del canal de combustible.

15 **[0010]** La invención y sus ventajas se entenderán mejor con la lectura de la siguiente descripción que se da solamente a modo de ejemplo y con referencia a los siguientes dibujos:

- La figura 1 es una vista en alzado lateral esquemática que ilustra un conjunto de combustible nuclear para un reactor de agua en ebullición de acuerdo con la invención;

20

- La figura 2 es una vista superior esquemática del conjunto de combustible nuclear de la figura 1 que ilustra el separador y topes;

- La figura 3 es una vista lateral del extremo superior del conjunto de combustible de la figura 1 que ilustra un separador y un tope;

25

- La figura 4 es una vista de sección transversal del separador a lo largo de IV-IV en la figura 3;

- La figura 5 es una vista de sección transversal del separador y el tope a lo largo de V-V en la figura 3; y

30

- Las figuras 6 - 8 son vistas similares a la de la figura 3 que ilustran variantes de la invención.

**[0011]** La figura 1 muestra un conjunto de combustible nuclear 2 para un reactor de agua en ebullición (BWR). Este conjunto de combustible 2 se extiende a lo largo de una dirección longitudinal L.

35

**[0012]** Dicho conjunto de combustible está concebido para colocarlo con la dirección longitudinal L orientada verticalmente en un núcleo de un reactor nuclear donde el refrigerante fluye hacia arriba durante el funcionamiento. En lo sucesivo, los términos "inferior" y "superior" se refieren a la posición del conjunto de combustible 2 en el reactor.

40

**[0013]** El conjunto de combustible 2 comprende:

- una base 4,

45 - una parte superior 6,

- un haz de barras de combustible nuclear 8 que se extienden longitudinalmente entre la base 4 y la parte superior 6,

- un canal de agua tubular 10 que sustituye a al menos una barra de combustible en el haz y que conecta la base 4 a la parte superior 6,

50

- una pluralidad de rejillas separadoras 12 separadas a lo largo de la dirección longitudinal L y que sostienen longitudinal y transversalmente las barras de combustible 8; y

55 - un canal de combustible tubular 14 que encierra el haz de barras de combustible 8 y montado en la base 4 y la parte superior 6.

**[0014]** En la figura 1 solamente se muestra una parte del canal de combustible 14.

- 5 **[0015]** Cada barra de combustible 8 comprende un revestimiento tubular lleno de pastillas de combustible nuclear aplicadas y cerrado en sus extremos por tapones terminales. El haz de barras de combustible 8 incluye barras de combustible de longitud completa y barras de combustible de longitud parcial. Las barras de combustible de longitud parcial son más cortas que las barras de combustible de longitud completa.
- 10 **[0016]** La parte superior 6 comprende una placa de amarre superior 16 y un mango 18 conectado rígidamente a la placa de amarre superior 16 para manipular el conjunto de combustible 2. La placa de amarre superior 16 está conectada al canal de combustible 14 con pernos 20 que se extienden en la dirección longitudinal L. Los pernos 20 se ilustran esquemáticamente mediante líneas de puntos y rayas en la figura 1.
- 15 **[0017]** Tal como se ilustra en la figura 2, el conjunto de combustible 2 comprende separadores de canal de combustible 22 colocados en el extremo superior del canal de combustible 14 para separar transversalmente el canal de combustible 14 del elemento adyacente, es decir conjuntos de combustible nuclear 2 y/o paredes de la rejilla del núcleo superior del reactor, tal como se ilustra mediante una línea de puntos y rayas 24.
- 20 **[0018]** El canal de combustible 14 tiene una sección transversal cuadrangular y comprende cuatro paredes laterales 26 que se intersecan en esquinas 28. El canal de combustible 14 comprende soportes en escuadra de refuerzo triangulares 30 provistos en el extremo superior, extendiéndose cada soporte en escuadra 30 transversalmente entre dos paredes laterales adyacentes 26.
- 25 **[0019]** El mango 18 se extiende diagonalmente entre dos esquinas 28 y los pernos 20 se extienden en la dirección longitudinal L a través de los soportes en escuadra 30 provistos en dichas dos esquinas 28.
- 30 **[0020]** El conjunto de combustible 2 comprende un separador 22 montado en una de las otras dos esquinas diagonalmente opuestas 28. Como alternativa, el conjunto de combustible 2 puede comprender dos separadores 22, cada uno montado en una de las otras dos esquinas diagonalmente opuestas 28. Si fuera necesario, el conjunto de combustible 2 puede comprender un separador 22 en cada esquina 28.
- [0021]** El conjunto de combustible 2 comprende además topes 32 fijados a las paredes laterales 26. El conjunto de combustible 2 comprende un tope 32 en cada pared lateral 26 adyacente a una esquina 28 no ocupada por un separador 22.
- [0022]** El separador 22 se describirá con más detalle con referencia a las figuras 3 - 5.
- 35 **[0023]** El separador 22 comprende un soporte 34 y dos resortes de láminas diferentes 36.
- [0024]** El soporte 34 tiene la forma de una rinconera y comprende dos placas 38 en ángulos rectos que otorgan una sección transversal en forma de V al soporte 34.
- 40 **[0025]** Tal como se muestra en la figura 3, cada placa 38 termina hacia arriba por debajo de o a la altura del borde superior 39 del canal de combustible 14. Las placas 38 no sobresalen hacia arriba desde el borde superior 39.
- 45 **[0026]** Tal como se muestra en la figura 5, cada placa 38 está colocada sobre la cara externa de una pared lateral 26 y fijada a la pared lateral 26 mediante remachado. Cada placa 38 está remachada con un único remache de placa 40 que se extiende a través de un orificio de fijación 42, 43 en la placa 38 y la pared lateral correspondiente 26 en una dirección de fijación F perpendicular a la placa 38 y la dirección longitudinal L. Como alternativa, cada placa 38 puede estar fijada con más de un remache de placa 40, por ejemplo dos remaches de placa 40.
- 50 **[0027]** El soporte 34 es de una sola pieza y las dos placas 38 están hechas íntegramente en una pieza. El soporte 34 está hecho, preferentemente, de una pieza de metal.
- [0028]** Cada resorte 36 está alargado longitudinalmente y se extiende a lo largo de una placa respectiva 38. Cada resorte 36 está soportado individualmente por la placa correspondiente 38.
- 55 **[0029]** Tal como se muestra en la figura 4, cada resorte 36 tiene dos partes terminales 44 encajadas a presión en ranuras 46 formadas en la placa 38 y una parte intermedia 48 que sobresale desde la placa 38. Cada parte terminal 44 es deslizable longitudinalmente en la ranura correspondiente 46.
- [0030]** Cada placa 38 comprende, en su cara externa, un surco 50 que se extiende longitudinalmente. Cada

ranura 46 prolonga el surco 50 longitudinalmente dentro del grosor de la placa 38. Cada ranura 46 es ciega.

**[0031]** El resorte 36 y las ranuras 46 están configurados para permitir que el resorte 36 se deforme elásticamente solicitando la parte intermedia 48 hacia la placa 38, con lo que las partes terminales 44 se deslizan en las ranuras 46 alejándose entre sí.

**[0032]** Tal como se muestra en la figura 2, el conjunto de combustible 2 comprende dos tope 32 fijados a las paredes laterales 26 que delimitan la esquina 28 sobre la que está montado el separador 22. Cada tope 32 está fijado a una pared lateral 26 a una distancia del separador 22.

**[0033]** Tal como se muestra en las figuras 3 y 5, cada tope 32 está remachado a la pared lateral correspondiente 26 con un único remache de tope 52 que se extiende a través del tope 32 y la pared lateral 26. Como alternativa, cada tope 32 está remachado con más de un remache de tope 52, por ejemplo dos remaches de tope 52.

**[0034]** Cada tope 32 es rígido y garantiza una separación mínima con una pared enfrentada a la pared lateral 26 y, por lo tanto, impide sobretensiones del resorte 36 provisto en la misma pared lateral 26.

**[0035]** Las placas 38 del soporte 34 están fijadas exclusivamente a las paredes laterales 26 del canal de combustible 14 sin que el soporte 34 esté fijado a un soporte en escuadra 30. El soporte 34 está fijado al canal de combustible 14 por separado de la fijación del canal de combustible 14 a la placa de amarre superior 16. De este modo se impide que se doble, resulte dañado y/o se desplace debido a la manipulación del conjunto de combustible 2. El soporte 34 puede fabricarse fácilmente a bajo coste.

**[0036]** El soporte 34 está montado sobre una esquina 28 del canal de combustible 14 y fijado rígidamente con dos remaches de placa 40 que se extienden, cada uno, en una de dos direcciones perpendiculares. Esto garantiza una fijación fiable. El soporte 34 conformado como una rinconera refuerza adicionalmente el canal de combustible 14 en la esquina correspondiente 28.

**[0037]** Fijar el soporte 34 mediante remachado permite proporcionar el soporte 34 en un metal que no es compatible con el metal del canal de combustible 14 en términos de soldadura. El metal usado para el soporte 34 puede ser, por lo tanto, un metal de coste inferior al del canal de combustible 14. El canal de combustible 14 está hecho habitualmente de aleación de zirconio, mientras que el metal del soporte 34 puede ser, por ejemplo, de acero inoxidable.

**[0038]** El remachado permite fijar el soporte 34 de forma sencilla y económica. El remachado simplemente requiere proporcionar orificios de remachado 43 en las paredes laterales 26 del canal de combustible 14.

**[0039]** En una realización alternativa, el soporte 34 puede estar atornillado a las paredes laterales 26 con al menos un tornillo que se extiende a través de cada placa 38 y la pared lateral correspondiente 26, transversalmente a dicha placa 38 y a la dirección longitudinal L. Análogamente, cada tope 32 puede estar atornillado a la pared lateral 26 con un tornillo que pasa a través del orificio en el tope 32 y la pared lateral correspondiente 26.

**[0040]** La realización de la figura 6 difiere de las de la figura 2 - 5 mediante los medios para fijar las placas 38 a las paredes laterales 26. Más específicamente, cada placa 38 está soldada sobre una pared lateral 26 del canal de combustible 14.

**[0041]** Cada placa 38 está soldada a la pared lateral 26 a lo largo de los bordes 54 de la placa 38. En la realización ilustrada, las juntas soldadas 56 se extienden parcialmente a lo largo de cada borde soldado 54 se extiende parcialmente a lo largo de dicho borde. La junta soldada 56 es continua. Como alternativa, puede ser discontinua.

**[0042]** Tal como se ilustra, los tope 32 también están soldados a las paredes laterales 26 con juntas soldadas 56 que se extienden parcialmente a lo largo de los bordes de los tope 32.

**[0043]** Fijar el soporte 34 mediante soldadura es fiable y económico y garantiza un refuerzo eficiente del canal de combustible 14 mediante el soporte 34. El soporte 34 está hecho, en este caso, de un metal que es compatible con el metal del canal de combustible 14 en términos de soldadura. El canal de combustible 14 está hecho habitualmente de aleación de zirconio y el soporte 34 es, por ejemplo, de aleación de zirconio o de titanio.

**[0044]** La realización de la figura 7 difiere de la de las de las figuras 2 - 6 en que los topes 32 están formados en el soporte 34 y hechos de una pieza con la placa 38. El soporte 34 comprende dos brazos 60 que se extienden, cada uno, desde una placa 38 y cada tope 32 está formado en el extremo libre de un brazo 60. En la figura 7  
5 solamente se muestra un brazo 60.

**[0045]** Los topes 32 de una pieza con el soporte 34 permiten la fijación del separador 22 en una operación. El separador 22 refuerza adicionalmente el canal de combustible 14. La fijación del soporte 34 se realiza mediante remachado, tal como se ilustra en la figura 7 y, como alternativa, mediante atornillado o soldadura, tal como se ha  
10 descrito anteriormente.

**[0046]** La realización de la figura 8 difiere de las de las figuras 2 - 7 en que un separador con la forma de una rinconera montado en la esquina 28 se sustituye por dos separadores planos individuales diferentes 22 cada uno fijado a una pared lateral respectiva 26 adyacente a una esquina 28 en la intersección de dichas paredes laterales  
15 26.

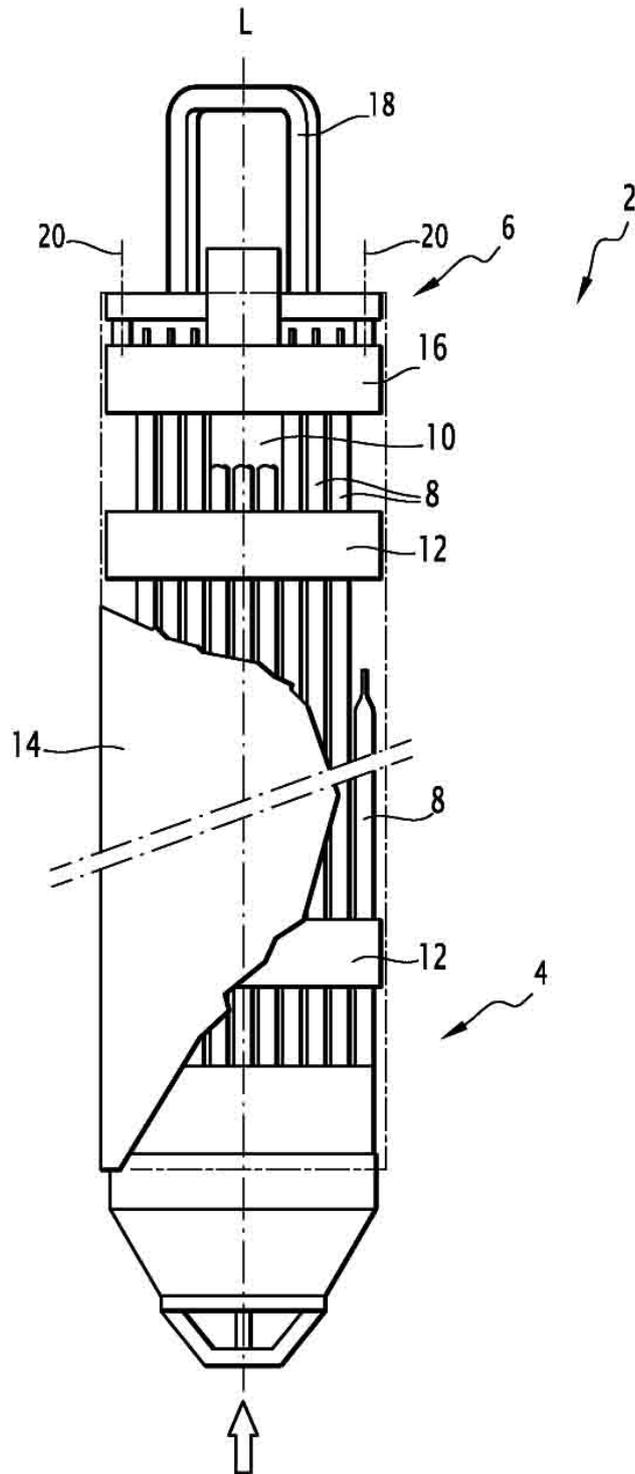
**[0047]** Cada separador 22 comprende un soporte 34 formado por una única placa 38 y un resorte 36 que tiene partes terminales 44 encajadas a presión en ranuras 46 formadas en la placa 38. Cada separador de combustible 22 de la figura 8 corresponde a la mitad de un separador de canal de combustible 22 de la figura 2 - 5.  
20

**[0048]** El soporte 34 de cada separador 22 está fijado a la pared lateral correspondiente 26 mediante remachado, atornillado y/o soldadura, tal como se ha descrito anteriormente.

**[0049]** Un tope 32 separado del separador 22 está provisto en cada pared lateral 26. Como alternativa, cada  
25 tope 32 está hecho de una pieza con la placa 38 y formado en el extremo de un brazo 60 que se extiende desde la placa 38 tal como se ilustra en líneas de puntos en dicha figura 8.

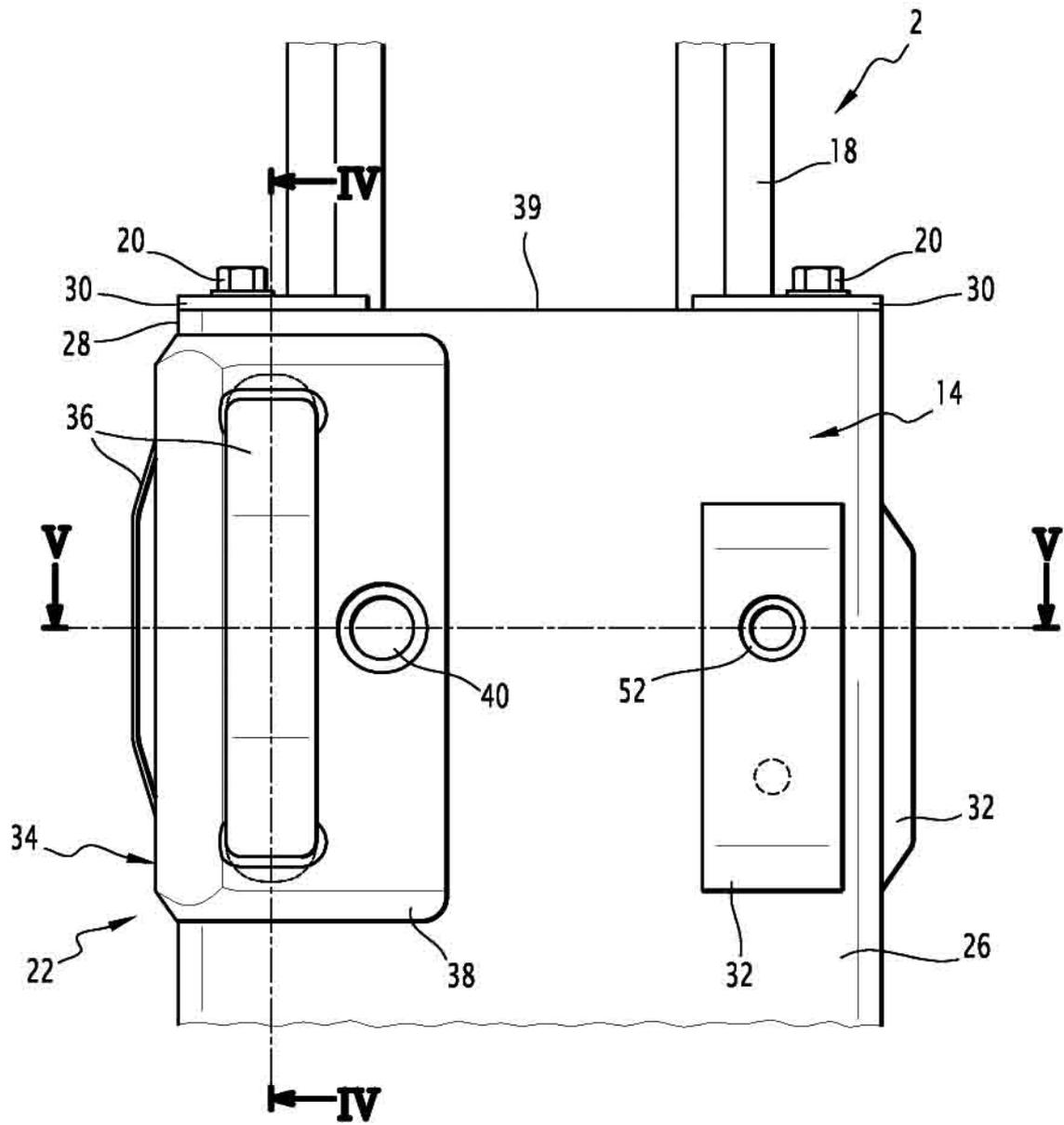
**REIVINDICACIONES**

1. Conjunto de combustible nuclear (2) para reactor de agua en ebullición que comprende una base (4), una parte superior (6), un haz de barras de combustible (8) que se extiende longitudinalmente entre la base (4) y la parte superior (6), un canal de combustible tubular (14) que encierra el haz de barras de combustible (8), y al menos un separador de canal de combustible (22) para separar transversalmente el conjunto de combustible (2) de un elemento adyacente, donde el o cada separador de canal de combustible (22) comprende un soporte (34) que tiene al menos una placa (38) y al menos un resorte de láminas correspondiente (36) soportado por la placa correspondiente (38), extendiéndose cada resorte de láminas (36) a lo largo de la placa correspondiente (38), estando la o cada placa (38) fijada a una pared lateral correspondiente (26) del canal de combustible (14).
2. Conjunto de combustible nuclear de acuerdo con la reivindicación 1, donde la o cada placa (38) está soldada a una pared lateral (26).
3. Conjunto de combustible nuclear de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde la o cada placa (38) está remachada a una pared lateral (26) del canal de combustible (14).
4. Conjunto de combustible nuclear de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde la o cada placa (38) está atornillada a una pared lateral (26).
5. Conjunto de combustible nuclear de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, donde la o cada placa (38) está fijada a la pared lateral (26) mediante un único remache de placa (40) y/o tornillo.
6. Conjunto de combustible nuclear de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde cada resorte de láminas (36) se encaja a presión en la placa (38).
7. Conjunto de combustible nuclear de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde cada resorte de láminas (36) tiene dos partes terminales (44) cada una alojada de forma que pueda deslizarse en una ranura respectiva (46) provista en la placa (38).
8. Conjunto de combustible nuclear de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde el soporte (34) comprende dos placas (38) en ángulo recto, el soporte (34) está montado sobre una esquina (28) en la intersección de dos paredes laterales (26), estando cada placa (38) fijada a una pared lateral respectiva (26).
9. Conjunto de combustible nuclear de acuerdo con la reivindicación 8, donde las dos placas (38) son una pieza.
10. Conjunto de combustible nuclear de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde el soporte (34) termina antes del extremo superior del canal de combustible (14).

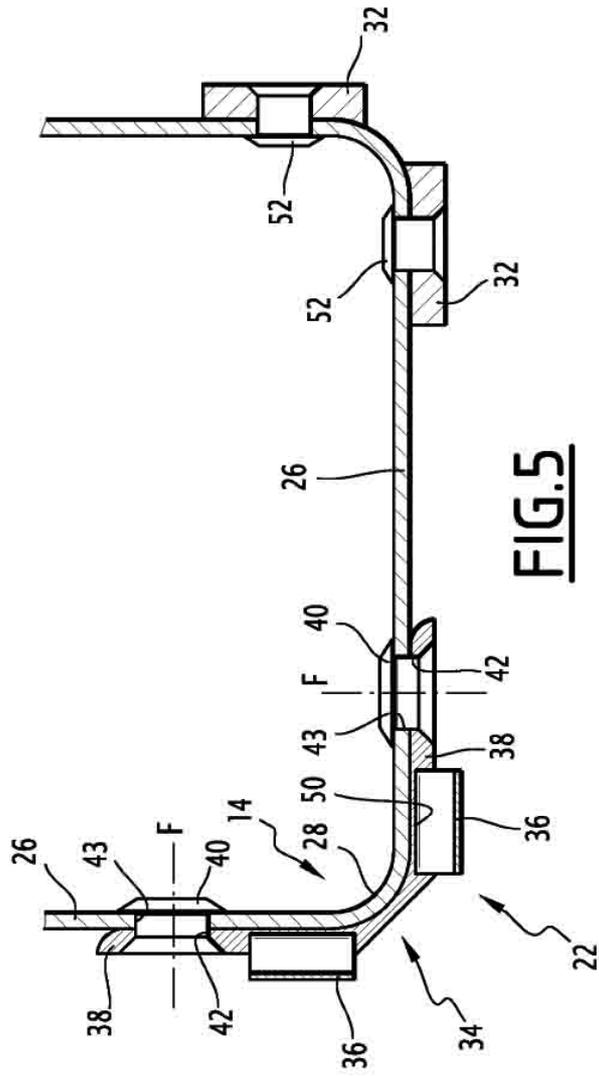
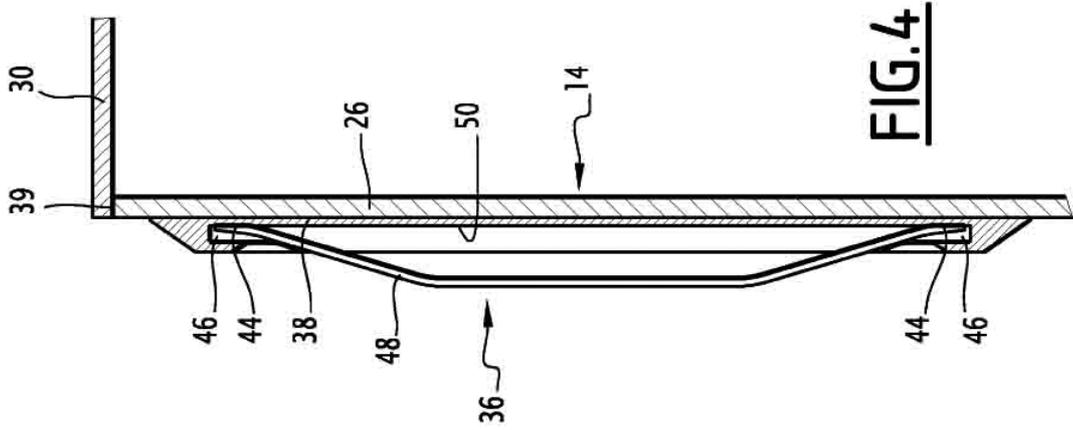


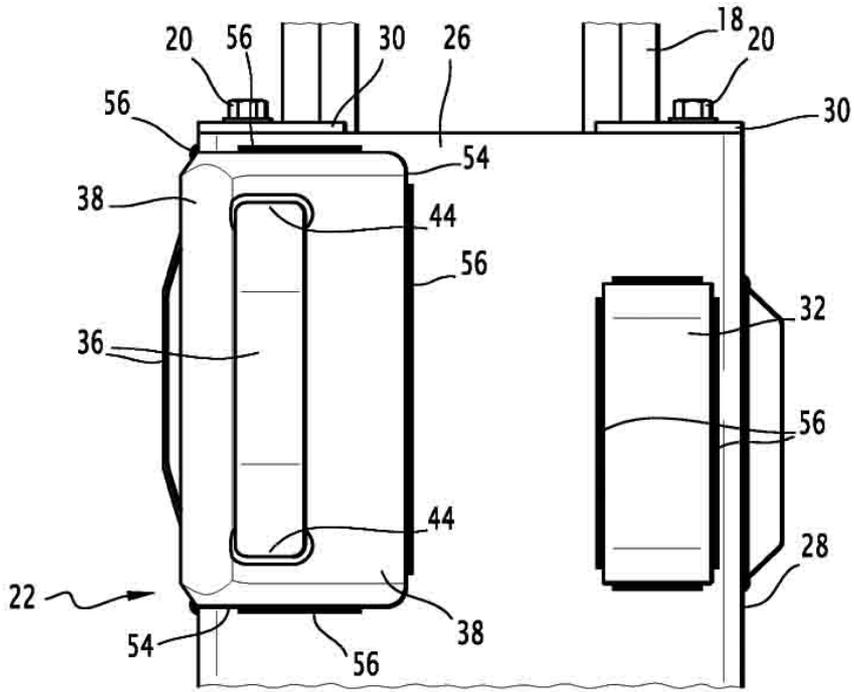
**FIG.1**



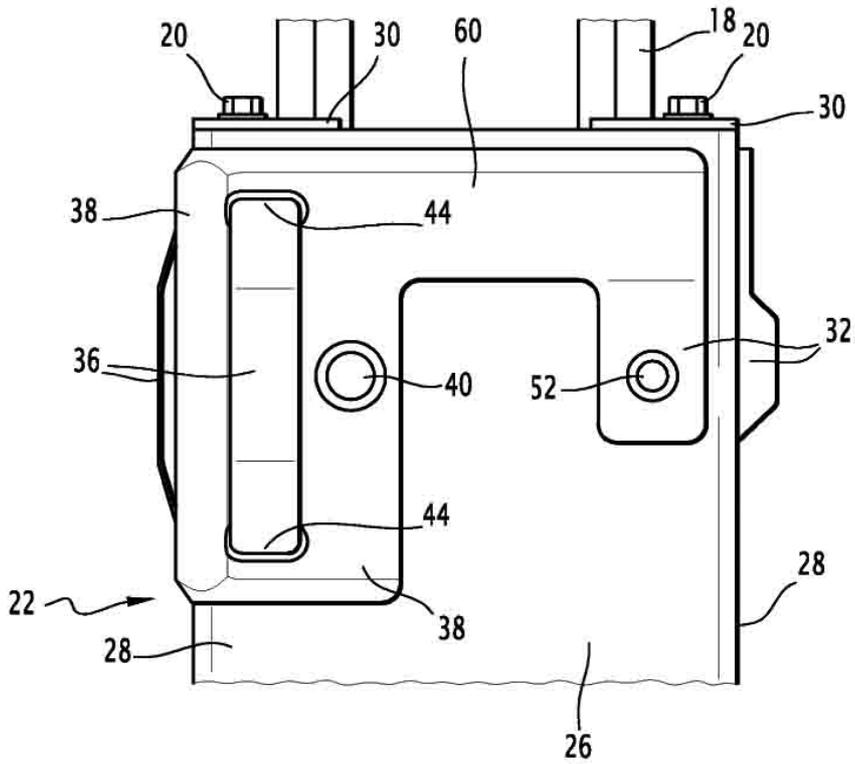


**FIG.3**

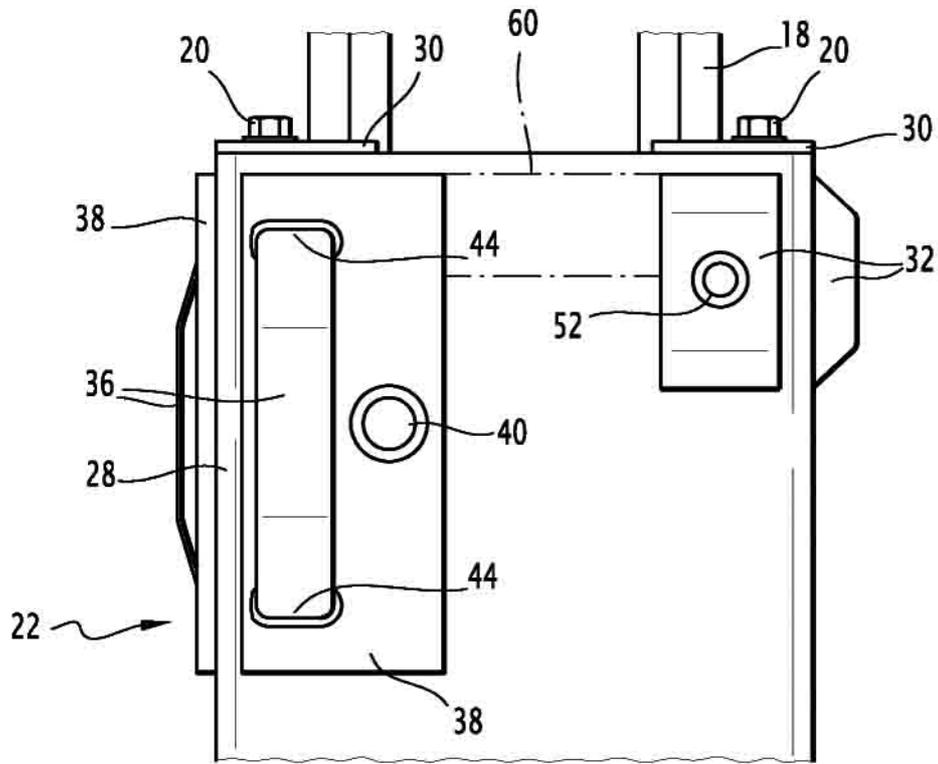




**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG.8**