

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 471**

51 Int. Cl.:

G21C 3/32 (2006.01)

G21C 3/33 (2006.01)

G21C 3/322 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2012 E 12719762 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2015 EP 2710598**

54 Título: **Boquilla inferior para uso en un conjunto de combustible nuclear**

30 Prioridad:

20.05.2011 EP 11305616

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

04.03.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BLAVIUS, DIRK;
FRIEDRICH, ERHARD y
MEIER, WERNER**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 562 471 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

Boquilla inferior para uso en un conjunto de combustible nuclear.

5 **[0001]** La presente invención se refiere a una boquilla inferior para uso en un conjunto de combustible nuclear.

[0002] Un conjunto de combustible nuclear para reactor de agua ligera (LWR), concretamente reactor de agua en ebullición (BWR) o reactor de agua presurizada (PWR), convencionalmente comprenden un haz de varillas de combustible que se extienden longitudinalmente paralelas entre sí y dispuestas en una retícula, una boquilla inferior y una boquilla superior en los extremos longitudinales del conjunto de combustible y una estructura para conectar la boquilla inferior y la boquilla superior.

10 **[0003]** En funcionamiento, el conjunto de combustible nuclear está colocado en el núcleo de un reactor nuclear de modo que las varillas de combustible se extiendan verticalmente. Se hace fluir fluido refrigerante a alta velocidad longitudinalmente hacia arriba entre las varillas de combustible. El refrigerante entra en el conjunto de combustible nuclear a través de la boquilla inferior y sale del conjunto de combustible nuclear a través de la boquilla superior. En un LWR se usa agua y sirve como refrigerante para intercambios térmicos y como moderador para la reacción nuclear.

15 **[0004]** Los pequeños desechos presentes en el refrigerante podrían dañar las varillas de combustible y causar detención del reactor nuclear con la intención de cambiar una varilla de combustible dañada en un conjunto de combustible o cambiar un conjunto de combustible completo. Sin embargo, los conjuntos de combustible son caros y detener el reactor nuclear es costoso para el operador. Para mitigar este riesgo, de manera conocida, un filtro de colmataje se coloca aguas arriba del haz de varillas de combustible para capturar desechos. Convencionalmente, la boquilla inferior de un conjunto de combustible LWR comprende un filtro de colmataje de este tipo.

20 **[0005]** El documento US 4 684 495 desvela una boquilla inferior para uso en conjuntos de combustible con LWR que tienen una placa de anclaje inferior, un faldón que se extiende axialmente desde la placa de anclaje inferior y que define una carcasa y un filtro de colmataje encajado a presión en la carcasa.

25 **[0006]** El documento US 5 347 560 desvela un conjunto de combustible nuclear con BWR que comprende resortes de sellado provistos entre una pieza de transición y un canal de agua.

30 **[0007]** Los documentos US 5 030 412 y US 2006/0283790 A1 desvelan boquillas inferiores del conjunto de combustible nuclear que tienen filtros de colmataje.

35 **[0008]** Un objeto de la invención es proporcionar una boquilla inferior mejorada que filtra de forma eficiente y puede fabricarse fácilmente a bajo coste.

[0009] Con este fin, la invención propone una boquilla inferior tal como se define en la reivindicación 1.

[0010] Características opcionales de la boquilla inferior se definen en las reivindicaciones 2 - 11.

40 **[0011]** La invención también se refiere a un conjunto de combustible nuclear tal como se define en la reivindicación 12.

45 **[0012]** 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 dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 es una vista lateral recortada esquemática de un conjunto de combustible nuclear de reactor de agua ligera según la invención;
- La figura 2 es una vista lateral de sección de la boquilla inferior del conjunto de combustible nuclear de la figura 1;
- 50 - La figura 3 es una vista inferior de la boquilla inferior de la figura 2;
- La figura 4 es una vista agrandada de la zona IV en la figura 2 que ilustra un resorte de sujeción y de sellado; y
- La figura 5 es una vista en perspectiva parcial del resorte de sujeción y de sellado de la figura 4.

[0013] Tal como se ilustra en la figura 1, el conjunto de combustible nuclear 2 es alargado a lo largo de un eje

central longitudinal L.

- [0014]** En uso, el conjunto de combustible 2 está colocado en el núcleo de un reactor nuclear con el eje L extendiéndose de forma sustancialmente vertical. En lo sucesivo, los términos “inferior”, “superior”, “transversal”, “axial” y “longitudinal” se refieren a la posición del conjunto de combustible 2 en el reactor.
- [0015]** El conjunto de combustible 2 es para un reactor de agua ligera (LWR). Éste comprende un haz de varillas de combustible nuclear 4. Las varillas de combustible 4 se extienden longitudinalmente paralelas al eje L.
- 10 **[0016]** Cada varilla de combustible 4 comprende un revestimiento tubular lleno de gránulos de combustible nuclear apilados y cerrado en sus extremos por tapones terminales. Las varillas de combustible 4 están dispuestas en una retícula.
- [0017]** El conjunto de combustible 2 comprende rejillas separadoras 10 que soportan las varillas de combustible distribuidas a lo largo de las varillas de combustible 4, siendo visibles solamente dos rejillas separadoras 10 en la figura 1. La función de las rejillas separadoras 10 es mantener las varillas de combustible 4 axial y transversalmente con una separación transversal entre las varillas de combustible 4.
- 15 **[0018]** El conjunto de combustible 2 comprende una boquilla inferior 12 y una boquilla superior 14 en el extremo inferior y el extremo superior, respectivamente, del conjunto de combustible 2. Las varillas de combustible 4 se extienden desde la boquilla inferior 12 hasta la boquilla superior 14.
- [0019]** En funcionamiento, el refrigerante entra en el conjunto de combustible 2 a través de la boquilla inferior 12, circula longitudinalmente hacia arriba entre las varillas de combustible 4 a alta velocidad y sale del conjunto de combustible 2 a través de la boquilla superior 14.
- 25 **[0020]** Tal como se ilustra en la figuras 2 y 3, la boquilla inferior 12 se extiende a lo largo de un eje A-A coaxial con el eje L del conjunto de combustible 2 cuando la boquilla inferior 12 está montada en el conjunto de combustible 2. Ésta comprende una placa de anclaje inferior 16, un faldón 18 y un filtro de colmataje 20.
- 30 **[0021]** La placa de anclaje inferior 16 se extiende transversalmente al eje A-A. Tiene orificios pasantes 22 para permitir al refrigerante fluir a través de la placa de anclaje inferior 16.
- [0022]** El faldón 18 es tubular y se extiende axialmente hacia abajo desde la periferia de la placa de anclaje inferior 16. El faldón 18 delimita una carcasa interna 24. El faldón 18 está formado por cuatro paredes laterales interconectadas 26. Cada pared lateral 26 es continua y la carcasa 24 tiene una sección transversal cerrada. Cada pared lateral 26 tiene una cara interna 28 que delimita la carcasa 24.
- 35 **[0023]** La carcasa 24 está cerrada en su extremo axial superior mediante la placa de anclaje inferior 16 y abierta en el extremo axial inferior opuesto. El extremo inferior del faldón 18 delimita una abertura 32.
- [0024]** El filtro de colmataje 20 está alojado en la carcasa 24. El filtro de colmataje 20 está configurado para ser insertado axialmente hacia arriba en la carcasa 24 a través de la abertura 32.
- 45 **[0025]** El filtro de colmataje 20 está configurado para permitir que el refrigerante fluya a través del filtro de colmataje 20 mientras retiene los desechos presentes en el refrigerante.
- [0026]** El filtro de colmataje 20 tiene forma de placa. El filtro de colmataje 20 tiene dos caras frontales opuestas 33 y caras laterales 34. El filtro de colmataje 20 tiene una sección transversal compatible con la de la carcasa 24. El filtro de colmataje 20 en este caso tiene cuatro caras laterales 34.
- 50 **[0027]** El filtro de colmataje 20 se ilustra, en este caso, esquemáticamente. En la práctica, el filtro de colmataje 20 comprende un marco periférico y un tamiz de filtración 21 (ilustrado parcialmente en las figuras 1 y 3) que se extiende a través del marco, definiendo el tamiz 21 canales de flujo que tienen formas, dimensiones y/u orientaciones que permiten que el refrigerante fluya a través del tamiz mientras retienen los desechos.
- 55 **[0028]** Cada cara lateral 34 del filtro de colmataje 20 delimita un espacio 35 con la cara interna correspondiente 28 delimitando la carcasa 24. La anchura de los espacios 35 se hace lo más pequeña posible pero existe para permitir la inserción del filtro de colmataje 20 en la carcasa 24.

- [0029]** La boquilla inferior 12 comprende medios de fijación 36 para fijar el filtro de colmataje 20 en la carcasa 24.
- 5 **[0030]** Los medios de fijación 36 comprenden resortes de encaje a presión 38 y surcos de encaje a presión correspondientes 40. Cada resorte 38 está configurado para encajar a presión en el surco correspondiente 40 en el momento de la inserción del filtro de colmataje 20 en la carcasa 24. Cada resorte 38 encajado a presión en el surco correspondiente 40 retiene el filtro de colmataje 20 axialmente e impide que el filtro de colmataje 20 sea retirado de forma accidental de la carcasa 24.
- 10 **[0031]** Los resortes 38 están configurados además para sellar los espacios 35 entre las caras internas 28 del faldón 18 y las caras laterales 34 del filtro de colmataje 20. Cada resorte 38 es alargado y se extiende de forma sustancialmente perpendicular al eje A-A por toda la longitud del espacio 35 entre la cara lateral 34 y una cara interna 28 para sellar el espacio 35.
- 15 **[0032]** Los resortes 38 están montados en el filtro de colmataje 20 y los surcos 40 están formados en el faldón 18. Cada resorte 38 está montado en una cara lateral respectiva 34 del filtro de colmataje 20 y cada surco 40 está formado en una cara interna respectiva 28 de una pared lateral 26 del faldón 18. Tal como se ilustra, el filtro de colmataje 20 tiene un único resorte 38 montado en cada cara lateral 34.
- 20 **[0033]** Los resortes 38 son idénticos y los surcos 40 son idénticos. Un resorte 38 y un surco correspondiente 40 se describirán adicionalmente con referencia a las figuras 4 y 5.
- [0034]** El resorte 38 y el surco 40 están configurados para sellar un espacio 35 entre una cara lateral 34 del filtro de colmataje 20 y la cara interna correspondiente 28 de la carcasa 24, para desplazar axialmente el filtro de colmataje 20 hacia arriba y para desplazar transversalmente el filtro de colmataje 20 lejos de la cara interna 28 para centrar el filtro de colmataje 20 en la carcasa 24.
- 25 **[0035]** El resorte 38 está formado por una tira hecha de metal con características mecánicas elevadas, por ejemplo aleación a base de Ni, acero inoxidable martensítico o de endurecimiento por precipitación... El resorte 38 está conformado y alargado en una dirección de extensión S para estar orientado paralelo a los bordes inferior y superior de la cara lateral correspondiente 34 del filtro de colmataje 20 (perpendicular al plano de la figura 4).
- 30 **[0036]** El resorte 38 comprende una parte central 42 entre una parte inferior lateral 44 y una parte superior lateral 46. La parte inferior 44 y la parte superior 46 están configuradas para apoyarse contra la cara lateral 34. La parte central 42 está abombada para impartir compresibilidad al resorte 38. El resorte 38 puede comprimirse empujando la parte central 42 hacia la cara lateral 34.
- 35 **[0037]** La parte central 42 comprende una sección inferior 48 y una sección superior 50 en un ángulo una con respecto a otra y con cada una de la parte inferior 44 y la parte superior 46. La sección inferior 48 se extiende oblicuamente hacia arriba desde la parte inferior 44 y hacia fuera lejos de la cara lateral 34. La sección superior 50 se extiende oblicuamente hacia abajo desde la parte superior 46 y hacia fuera lejos de la cara lateral 34. La sección inferior 48 y la sección superior 50 se conectan mutuamente en un ápice de la parte central 42.
- 40 **[0038]** El resorte 38 comprende un elemento de sujeción para sujetar un borde inferior de la cara lateral 34 del filtro de colmataje 20 para retener axialmente el filtro de colmataje 20. El elemento de sujeción está formado en este caso por una brida 52 que se extiende desde la parte inferior 44 en un ángulo ligeramente agudo con respecto a la sección inferior 48.
- 45 **[0039]** El resorte 38 está montado en el filtro de colmataje 20 de cualquier manera apropiada. La parte inferior 44 está fijada preferentemente con respecto al filtro de colmataje 20 mientras que la parte superior 46 es libre para deslizarse a lo largo de la cara lateral 34 para permitir la deformación elástica de la parte central 42. En la realización ilustrada, la brida 52 se dobla hacia abajo cuando el resorte 38 está montado tanto en la cara frontal 33 como en la cara lateral 34 del filtro de colmataje 20 y las fuerzas de desvío correspondientes hacen que se apoye el resorte 38
- 50 **[0040]** En una realización alternativa, la parte inferior 44 puede fijarse al filtro de colmataje 20, por ejemplo mediante soldadura o atornillado o remachado.
- 55

[0041] Tal como se ilustra en la figura 4, el surco 40 está configurado para alojar la parte central 42 del resorte 38. El surco 40 está delimitado en la cara interna 28 de la pared lateral 26 por una pared inferior 54 y una pared superior 56.

5 **[0042]** El resorte 38 y el surco 40 se extienden sustancialmente por toda la longitud en la dirección S del espacio 35 entre la cara lateral 34 del filtro de colmataje 20 y la cara interna 28 de la carcasa 24. El resorte 38 está configurado de modo que la parte central 42 encaja a presión en el surco 40. El resorte 38 está configurado, más específicamente, de modo que la sección inferior 48 de la parte central abombada 42 se apoya transversalmente contra la pared inferior 54. El resorte 38 y la pared inferior 54 del surco 40 contactan entre sí a lo largo de una línea
10 de contacto que se extiende, preferentemente, sustancialmente por toda la longitud del surco 40.

[0043] El resorte 38 sella el espacio 35 entre la cara lateral 34 y la cara interna 28 impidiendo de este modo que el refrigerante y los desechos eviten el filtro de colmataje 20.

15 **[0044]** El resorte 38 está configurado, además, para desplazar el filtro de colmataje 20 transversalmente lejos de la cara interna 28. Con este fin, el resorte 38 está configurado para ser comprimido cuando el filtro de colmataje 20 se inserta en la carcasa 24.

[0045] El resorte 38 está configurado para desplazar el filtro de colmataje 20 axialmente hacia la placa de
20 anclaje inferior 16.

[0046] En la realización ilustrada, la sección inferior 48 está inclinada hacia fuera y hacia arriba y presionada contra la pared inferior 54. Como resultado, una fuerza de reacción es ejercida hacia dentro y hacia arriba sobre el filtro de colmataje 20. La fuerza de reacción tiene un componente transversal orientado hacia dentro y un
25 componente axial orientado hacia arriba.

[0047] Debido al componente transversal, los resortes 38 distribuidos alrededor del filtro de colmataje 20 centran el filtro de colmataje 20 en la carcasa 24. Debido al componente axial, los resortes 38 empujan el filtro de colmataje 20 axialmente hacia arriba hacia la placa de anclaje inferior 16. Los resortes 38 retienen, de este modo, el
30 filtro de colmataje 20 axialmente dentro de la carcasa 24 de manera eficiente e impiden la retirada accidental del filtro de colmataje 20.

[0048] Es posible, sin embargo, retirar voluntariamente el filtro de colmataje 20 tirando de él hacia abajo para superar la fuerza de sujeción de los resortes 38. Un filtro de colmataje dañado es, por lo tanto, fácilmente sustituible
35 simplemente extrayendo el filtro de colmataje dañado y sustituyéndolo por un nuevo filtro de colmataje mediante sencilla inserción hacia arriba axial dentro de la carcasa 24.

[0049] En la realización presentada, el resorte 38 es empujado contra la cara lateral 34 del filtro de colmataje 20 y se encaja a presión en un surco 40 formado en la cara interna 28 de la carcasa 24. Como alternativa, el resorte
40 puede ser empujado contra la cara interna 28 de la carcasa 24 y encajarse a presión en un surco formado en la cara lateral 34 del filtro de colmataje 20.

[0050] Tal como es visible en la figura 4, el faldón 18 comprende un resalte periférico cuadrado interno 58 ubicado axialmente entre los surcos 40 y la placa de anclaje inferior 16. El resalte 58 está a una distancia de la placa
45 de anclaje inferior 16. El resalte 58 está orientado hacia abajo. El resalte 58 tiene un diámetro interno inferior al diámetro externo del filtro de colmataje 20. El perímetro externo de la cara frontal superior 33 del filtro de colmataje 20 hace tope axialmente contra el resalte 58 bajo el efecto de los resortes 38.

[0051] Debido a los resortes 38, el filtro de colmataje 20 está sujeto, de este modo, axialmente entre las
50 paredes inferiores 54 de los surcos 40 y el resalte 58 para evitar el movimiento axial. El filtro de colmataje 20 se mantiene a una distancia axial de la placa de anclaje inferior 16 para una canalización apropiada del refrigerante a través de la placa de anclaje inferior 16.

[0052] Además, el perímetro externo de la cara frontal superior 33 que es presionada sobre el resalte 58 crea
55 un contacto de sellado suplementario que impide que los desechos eviten el filtro de colmataje 20 a través de un espacio 35.

[0053] La invención se aplica a boquillas inferiores para un conjunto de combustible nuclear para uso en un reactor de agua en ebullición (BWR) y un reactor de agua presurizada (PWR).

[0054] La invención también se puede aplicar a boquillas inferiores para un conjunto de combustible nuclear para uso en otros tipos de reactor de agua ligera (LWR) tales como reactor energético de agua-agua (VVER).

5 **[0055]** Por lo tanto, de manera general, la invención se aplica a boquillas inferiores y, de forma más general, a boquillas inferiores y superiores para un conjunto de combustible nuclear para uso en reactores refrigerados con agua.

REIVINDICACIONES

1. Boquilla inferior (12) para uso en un conjunto de combustible nuclear (2), del tipo que tiene un eje (A-A) y que comprende una placa de anclaje inferior transversal (16) para canalizar el refrigerante a través de la placa de anclaje inferior (16) y un faldón tubular (18) que se extiende axialmente desde la periferia de la placa de anclaje inferior (16), delimitando el faldón (18) una carcasa axial (24) cerrada en un extremo por la placa de anclaje inferior (16) y abierta en el extremo opuesto, un filtro de colmataje (20) configurado para inserción axial en la carcasa (24) y resortes de encaje a presión (38) para retener el filtro de colmataje (20) en la carcasa (24) después de la inserción, **caracterizada porque** los resortes de encaje a presión (38) están configurados para desplazar el filtro de colmataje (20) axialmente hacia la placa de anclaje inferior (16).
2. Boquilla inferior según la reivindicación 1, en la que los resortes (38) están configurados para centrar transversalmente el filtro de colmataje (20) en la carcasa (24).
3. Boquilla inferior según la reivindicación 1 o 2, en la que los resortes de encaje a presión (38) están configurados para sellar espacios (35) entre las caras laterales (34) del filtro de colmataje (20) y las caras internas (28) de la carcasa (24).
4. Boquilla inferior según cualquier reivindicación anterior, en la que cada resorte de encaje a presión (38) encaja a presión en un surco correspondiente (40).
5. Boquilla inferior según la reivindicación 4, en la que cada resorte de encaje a presión (38) está montado en una de una cara lateral (34) del filtro de colmataje (20) y una cara interna (28) de la carcasa (24), estando el surco (40) provisto en la otra.
6. Boquilla inferior según cualquier reivindicación anterior, en la que cada resorte de encaje a presión (38) está montado en una cara lateral (34) del filtro de colmataje (20).
7. Boquilla inferior según cualquier reivindicación anterior, en la que cada resorte de encaje a presión (38) es alargado perpendicularmente al eje A-A y comprende dos partes laterales (44, 46) que se apoyan contra una de una cara lateral (34) del filtro de colmataje (20) y una cara interna (28) de la carcasa (24), y una parte central (42) que sobresale desde dicha cara y encajada a presión en un surco (40) formado en la otra cara.
8. Boquilla inferior según cualquier reivindicación anterior, en la que cada resorte de encaje a presión (38) está configurado para encajar a presión con apoyo de forma transversal sobre una pared, para crear una fuerza de reacción axial que tiene un componente axial que desplaza el filtro de colmataje (20) axialmente hacia la placa de anclaje inferior (16).
9. Boquilla inferior según cualquier reivindicación anterior, en la que cada resorte de encaje a presión (38) comprende una brida (52) que sujeta un borde lateral del filtro de colmataje (20) para retener el filtro de colmataje (20) axialmente en la carcasa (24).
10. Boquilla inferior según cualquier reivindicación anterior, en la que el filtro de colmataje (20) es mantenido a una distancia axial de la placa de anclaje inferior (16).
11. Boquilla inferior según cualquier reivindicación anterior, en la que el faldón (18) tiene un resalte (58), desplazando los resortes de encaje a presión (38) el filtro de colmataje (20) contra el resalte (58).
12. Conjunto de combustible nuclear (2) que comprende una boquilla inferior (12) según cualquier reivindicación anterior.

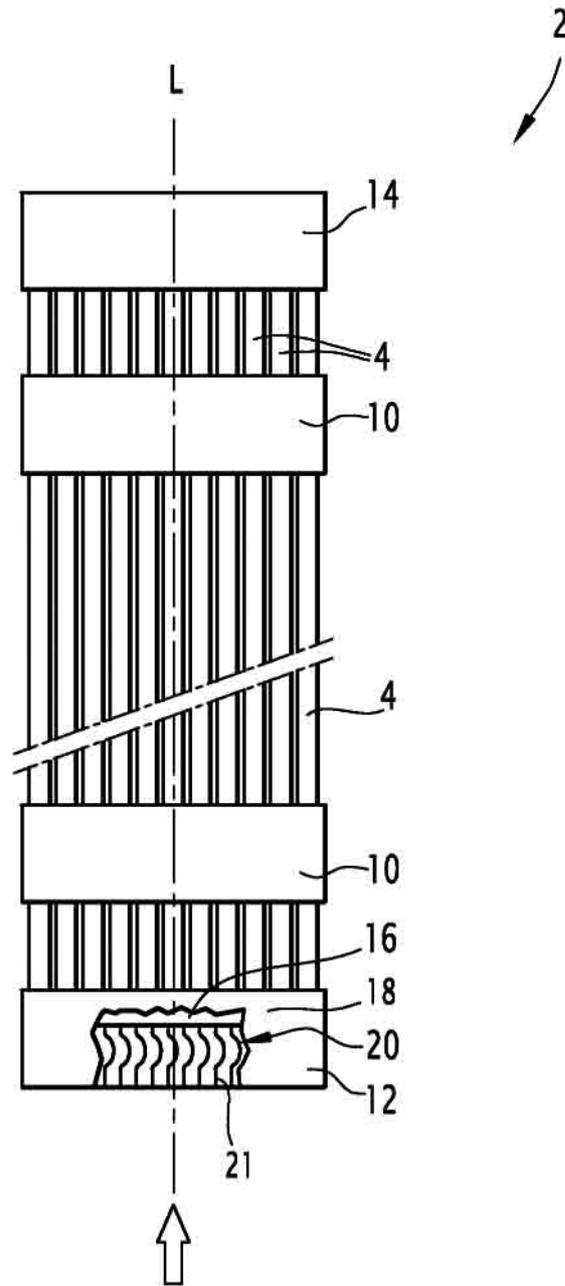


FIG.1

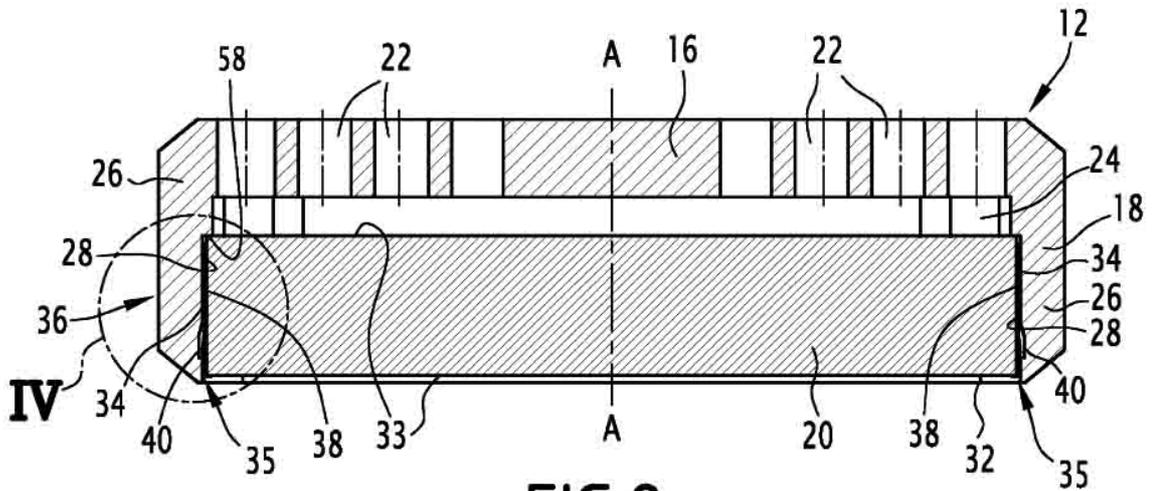


FIG. 2

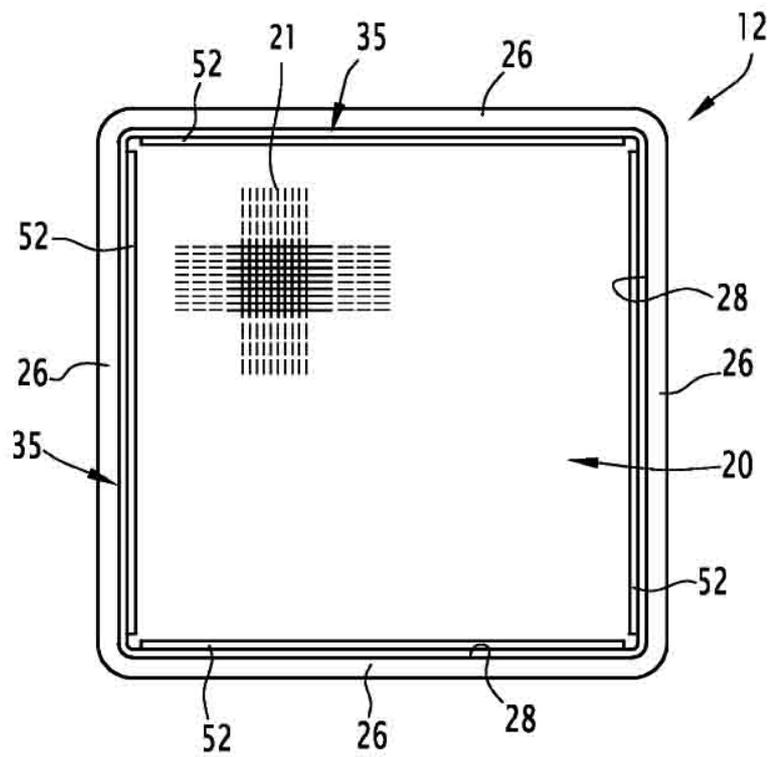


FIG. 3

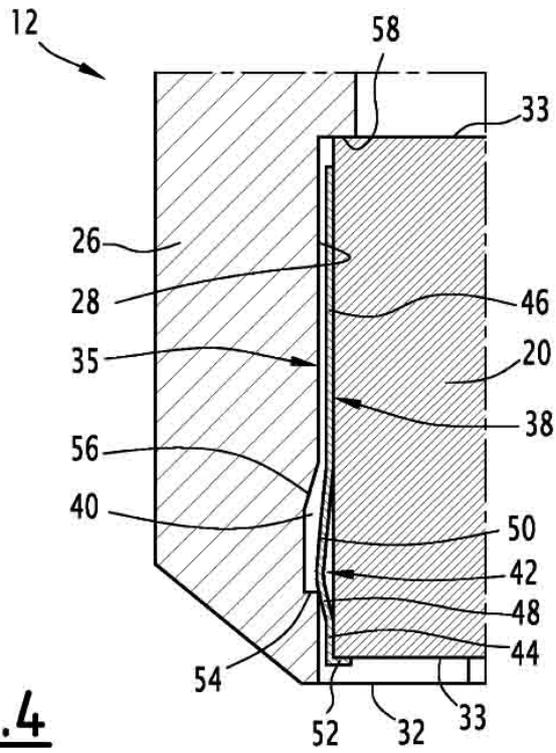


FIG. 4

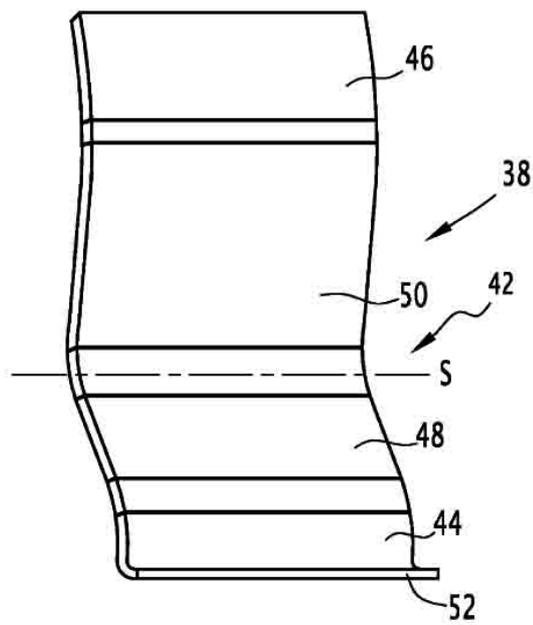


FIG. 5