(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 379 126**

(51) Int. CI.:
G21C 3/33 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **08305799 .2**
(96) Fecha de presentación: **12.11.2008**
(97) Número de publicación de la solicitud: **2187402**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **19.05.2010**

(54) Título: **Tobera inferior para conjunto de combustible nuclear para un reactor de agua presurizada**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.04.2012

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.04.2012

(73) Titular/es:
Areva NP
Tour Areva 1 Place Jean Millier
92400 Courbevoie , FR

(72) Inventor/es:
Rudolph, Mattias;
Friedrich, Erhard;
Hintergräber, Christian y
Lange, Uwe

(74) Agente/Representante:
Ponti Sales, Adelaida

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).

DESCRIPCION

Tobera inferior para conjunto de combustible nuclear para un reactor de agua presurizada.

[0001] La presente invención se refiere a una tobera inferior para un conjunto de combustible nuclear destinada a utilizarse en un reactor de agua presurizada, del tipo que comprende un extremo superior y un extremo inferior para que la tobera inferior descanse en una placa de soporte del núcleo de un centro de reactor y una superficie lateral extendiéndose a lo largo de un eje longitudinal desde el extremo inferior hasta el extremo superior.

[0002] Un conjunto de combustible nuclear para utilizarse en un reactor de agua presurizada (PWR) comprende generalmente un haz de barras de combustible soportadas por una estructura que comprende una tobera inferir (o placa de asiento inferior) y una tobera superior (o placa de asiento superior) separadas en una dirección longitudinal y conectadas solo mediante tubos longitudinales, estando las barras soportadas por rejillas separadoras fijadas a los tubos.

[0003] Durante el uso, los conjuntos de combustible están dispuestos en una red en el centro de un reactor nuclear. Cada conjunto de combustible se introduce verticalmente entre conjuntos adyacentes.

[0004] El conjunto de combustible es alargado, típicamente de 4 a 5 metros de alto y de 20 a 25 centímetros de ancho, y se puede doblar a lo largo de su longitud gracias a las condiciones operativas dentro del núcleo del reactor y/o la flexibilidad de su estructura.

[0005] Durante la inserción de en conjunto de combustible entre los otros conjuntos adyacentes, este doblado aumenta el riesgo que la tobera inferior del ensamblado de combustible entre en contacto con los ensamblados de combustible adyacentes, aumentado la fricción y complicando así la inserción y posiblemente dañando los conjuntos de ensamblado.

[0006] Puede ocurrir que la tobera inferior del conjunto de combustible colinde con la tobera inferior de un conjunto de combustible, evitando así la inserción total del conjunto de combustible.

[0007] En tal caso, es posible levantar el conjunto, girar el conjunto combustible alrededor de un eje longitudinal (por ejemplo, 90º ó 180º en un conjunto combustible de una sección transversal cuadrada) e introducir el conjunto combustible hacia debajo de nuevo. Sin embargo, estas operaciones llevan mucho tiempo.

[0008] FR 2.848.328 describe un conjunto falso para mover conjuntos de combustible nuclear adyacentes antes de invertir un conjunto de combustible nuclear real.

[0009] un objeto de la presente invención es proporcionar una tobera inferior permitiendo mejorar la facilidad y seguridad durante la inserción de un conjunto combustible dentro de un núcleo de reactor.

[0010] Para tal fin, la invención propone una tobera inferior de un conjunto de combustible nuclear del tipo arriba mencionado, en la que la superficie lateral comprende un segmento longitudinal que se estrecha hacia abajo de forma progresiva y continua a lo largo del eje longitudinal y extendiéndose en al menos el 50% de la altura de la superficie lateral.

[0011] En otras realizaciones, la tobera inferior comprende una o varias de las siguientes características, consideradas individualmente o en cualquier combinación técnicamente posible:

- el segmento longitudinal afilado se estrecha longitudinalmente de forma continua y progresiva de perfil en cualquier dirección transversal perpendicular al eje longitudinal;

- el segmento longitudinal afilado se estrecha simétricamente de forma relativa al eje longitudinal;

- el segmento longitudinal afilado es recto;

- el segmento longitudinal afilado es cónico;

- el segmento longitudinal afilado tiene una sección transversal poligonal, principalmente una sección transversal cuadrática o hexagonal;

- el ángulo de medio cono del segmento longitudinal afilado están entre 0,5º y 15º;

- el segmento inferior longitudinal afilado se extiende por al menos el 70% de la altura de la superficie lateral;

- la superficie lateral comprende un segmento cilíndrico que se extiende por el segmento inferior longitudinal afilado hacia arriba hasta el extremo superior; y

- una entrada de agua tubular extendiendo la tobera inferior a lo largo del eje longitudinal hacia abajo desde el extremo inferior, teniendo la entrada de agua una superficie externa de afilado hacia debajo de forma progresiva y continua.

[0012] La invención se refiere también a un conjunto de combustible nuclear para utilizarse en un reactor de agua presurizada, comprendiendo un haz de barras de combustible alargadas y una estructura para soportar las barras de combustible, la estructura comprendiendo una tobera inferior y una tobera superior separadas longitudinalmente, tubos guía conectados entre las toberas y las rejillas separadoras fijados a y distribuidos por la longitud de los tubos guía, estando las barras de combustible soportadas por las rejillas separadoras, en el que la tobera inferior es una tobera inferior de conjunto de combustible nuclear según cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

[0013] La invención y sus ventajas se comprenderán mejor tras la lectura de la siguiente descripción, considerada solo a modo de ejemplo y en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 es una vista en alzado lateral esquemática de un conjunto de combustible con una tobera inferior según la invención;

- La figura 2 es una vista aumentada de la tobera inferior del conjunto de combustible de la figura 1;

- La figura 3 es una vista inferior de la tobera inferior de la figura 2;

- La figura 4 es una vista que muestra el posicionamiento del conjunto de combustible de la figura 1 en un núcleo de reactor; y

- Las figuras 5 y 6 son vistas similares a las de las figuras 2 y 3 de una tobera inferior según otra realización.

[0014] El conjunto de combustible 2 de la figura 1 es alargado y se extiende a lo largo de una dirección longitudinal L.

[0015] Durante el uso, el conjunto de combustible 2 está destinado a introducirse dentro de un núcleo de reactor y a descansar en una placa de soporte del núcleo 4 con la dirección longitudinal L orientada verticalmente. A continuación, los términos que hacen referencia a la orientación, como hacia arriba, hacia abajo…, se refieren a la dirección longitudinal L extendiéndose verticalmente.

[0016] El conjunto de combustible 2 comprende un haz de barras de combustible 6 alargadas a lo largo de la dirección longitudinal L y una estructura 8 para soportar las barras de combustible 6.

[0017] La estructura 8 comprende una tobera inferior 10 y una tobera superior 12 separadas longitudinalmente, tubos guía 14 extendiéndose longitudinalmente entre la tobera inferior 10 y la tobera superior 12 y rejillas de separación 16 distribuidas a lo largo de los tubos guía 14 entre la tobera inferior 10 y la tobera superior 12.

[0018] La tobera superior 12 está adaptada para levantar el conjunto de combustible 2 utilizando un gancho.

[0019] Los tubos guía 14 conectan la tobera inferior 10 a la tobera superior 12 y mantiene la separación longitudinal entre ellos. La tobera inferior 10 y la tobera superior 12 están conectadas solo mediante tubos guía 14.

[0020] Los tubos guía 14 son tubulares para permitir la inserción de haces de barras que no contiene material fisible (no mostrado) dentro de los tubos guía 14 a través de la tobera superior 12.

[0021] Cada rejilla separadora 16 se extiende transversalmente y define un enrejado de celdas para recibir los tubos guía 14 y las barras de combustible 16. Las barras de combustible 6 se extienden por las celdas y están soportadas por las rejillas separadoras 16.

[0022] Durante el uso, el conjunto de combustible 2 descansa mediante la tobera inferior 10 en la placa de soporte inferior 4 por encima de una abertura de entrada de líquido de refrigeración 18 de la placa de soporte inferior 4. La tobera inferior 10 soporta el conjunto de combustible 2 y permite que el líquido refrigerante fluya verticalmente hacia arriba a través de la tobera inferior 10.

[0023] Como se muestra en las figuras 2 y 3, la tobera inferior 10 comprende una placa superior 20, una base tubular 22 que se extiende hacia abajo a lo largo de un eje longitudinal A desde la periferia de la plaza superior 20 y una entrada tubular 24 extendiéndose por la base 22.

[0024] La base 22 se extiende longitudinalmente entre un extremo superior 26 y un extremo inferior 28. El extremo superior 26 y el extremo inferior 28 tienen perfiles cuadrados centrados en el eje longitudinal A y la longitud de los bordes externos del extremo inferior 28 es inferior al del extremo superior 26.

[0025] La placa superior 20 se extiende transversalmente en el extremo superior 26 de la base 22 y está adaptada para conectar los tubos guía 14 (representados en la línea discontinua de la figura 2) y tiene aberturas para permitir que el líquido refrigerante fluya por la placa superior 20.

[0026] El extremo inferior 28 está destinado a descansar contra la placa de soporte inferior 4 en la periferia de una abertura 18. La base 22 está provista en el extremo inferior 28 de una superficie de apoyo 29 que se extiende transversalmente hasta el eje longitudinal A. La superficie de apoyo 29 es simétrica alrededor del eje longitudinal A.

[0027] La tobera inferior 10 tiene una superficie lateral 30 que se extiende entre la periferia externa del extremo inferior 28 y la periferia externa del extremo superior 26. La superficie lateral 30 es asimétrica alrededor del eje longitudinal A.

[0028] La superficie lateral 30 comprende un segmento inferior longitudinal 32 inmediatamente adyacente al extremo inferior 28, y un segmento superior longitudinal 24 extendiéndose hacia arriba desde la extremidad superior del segmento inferior, hasta el extremo superior 26.

[0029] El segmento inferior 32 tiene forma piramidal invertida y comprende cuatro caras inclinadas 36 que convergen hacia abajo a lo largo del eje longitudinal A. Cada cara inclinada 36 está inclinada de forma relativa al eje longitudinal A en un ángulo θ de entre 0,5º y 15º.

[0030] El segmento inferior en forma de pirámide 32 es cónico y la inclinación de cada cara inclinada 36 relativa al eje longitudinal A es igual al ángulo de medio cono del segmento inferior 32.

[0031] El segmento inferior 32 tiene dimensiones transversales que disminuyen progresivamente y continuamente hacia abajo a lo largo del eje longitudinal A.

[0032] El segmento inferior 32 se estrecha hacia debajo de forma progresiva y continua de perfil en cualquier dirección perpendicular al eje longitudinal A, simétricamente relativo al eje longitudinal A.

[0033] El segmento inferior 32 se extiende en al menos el 50% de la altura H de la superficie lateral 30 tomada a lo largo del eje longitudinal A entre el extremo inferior 28 y el extremo superior 26, preferiblemente al menos el 70%.

[0034] El segmento superior 34 es cilíndrico alrededor del eje longitudinal A. Tiene una sección transversal cuadrada correspondiente al perfil del extremo superior 26. El segmento superior 34 comprende cuatro caras longitudinales planas 28 paralelas al eje longitudinal A.

[0035] La entrada 24 se extiende hacia abajo a lo largo del eje longitudinal A desde el extremo inferior 28 de la base 22. La entrada 24 es cónica con secciones transversales circulares y que convergen hacia abajo.

[0036] El conjunto e combustible 2 se puede doblar a lo largo de la dirección longitudinal L debido a las condiciones de funcionamiento y a su estructura 8 en la que la tobera inferior 10 y la tobera superior 12 están conectadas mediante los tubos guía 14 solo.

[0037] Durante la inserción del conjunto de combustible 2 más allá de un conjunto de combustible adyacente 40, el conjunto de combustible 2 se baja controlando la posición de la tobera superior 12. Sin embargo, como se muestra en la figura 4, la tobera inferior 10 puede desplazarse lateralmente y/o inclinarse de forma relativa a la dirección vertical debido al doblado y puede colindar con su extremo inferior 28 o rallarse en su superficie lateral 30 contra la tobera inferior del conjunto de combustible 40.

[0038] El extremo inferior 29 tiene un perfil de dimensiones transversales menores que el del extremo superior 26, por lo que se limita el riego de que el extremo inferior 28 colinde con la tobera inferior del conjunto de combustible adyacente 40.

[0039] El segmento inferior afilado 32 limita el riesgo de rallar la tobera inferior del conjunto de combustible 40. Cualquier contacto se retrasará en los golpes del movimiento hacia abajo y progresivo del conjunto de combustible 2, limitando así el riesgo de daños. Las ralladuras se producirán en un golpe longitudinal reducido.

[0040] El afilado continuo y progresivo del segmento inferior 32 garantiza que el segmento inferior 32 sea liso y no tenga ninguna porción que sobresalga.

[0041] La extensión del segmento inferior afilado 32 en una porción significante de la altura H de la tobera inferior 10 permite mantener dimensiones transversales suficientes para la superficie de apoyo 29 del extremo inferior 28, que tiene que soportar el peso del conjunto de combustible 2 mientras que permite una reducción importante del riesgo de colindar y de rallarse.

[0042] En un ejemplo, la altura H de la tobera inferior 10 tomada entre el extremo inferior 28 y el extremo superior 26 es de aproximadamente 105 mm, y la altura del segmento inferior afilado 32 es de 100 mm.

[0043] La entrada cónica 24 proporciona ventajas similares respecto al borde de la abertura 18 de la placa de soporte inferior 4 dentro de la que se introduce la entrada 24 durante el posicionamiento del conjunto de combustible dentro del núcleo del reactor.

[0044] El segmento superior 34 que tiene caras 38 paralelas al eje longitudinal A permite crear un paso estrecho con gran resistencia al flujo entre las toberas inferiores adyacentes que puede limitar el flujo de líquido refrigerante entre las toberas inferiores adyacentes y evitando los conjuntos de combustible.

[0045] La proporción del segmento inferior relativa al segmento superior se elige para rebajar los riesgos de colindar y de ralladuras o sus consecuencias, limitando al mismo tiempo que el líquido refrigerante evite los conjuntos de combustible.

[0046] En la figura 5, los números de referencia de las figuras 1 – 4 se utilizan para elementos similares.

[0047] La tobera inferior 42 de la figura 5 difiere de la de las figuras 1 - 4 en que la base 22 comprende una camisa tubular 44 que se extiende hacia abajo desde la periferia de la placa superior 20 y cuatro pies 46 extendiéndose cada uno hacia abajo desde una esquina respectiva de la camisa 4 (solo dos pies 46 se pueden ver en la figura 5).

[0048] Cada par de pies 46 define una abertura lateral con el borde inferior 47 de la camisa 44. Cada pie 46 está provisto en su extremo inferior 48 de una cara de soporte inferior para descansar en una placa de soporte inferior 4. Los extremos inferiores 48 de los pies 46 definen el extremo inferior 28 de la base 22. El extremo inferior 28 tiene un perfil cuadrado 50 (representado en líneas discontinuas en la figura 6).

[0049] La superficie lateral 30 de la tobera inferior 42 se extiende en el pie 46 y en la camisa 44. La superficie lateral 30 muestra una forma piramidal inversa general y comprende un segmento inferior que se estrecha hacia abajo 32 de la sección transversal cuadrada que disminuye hacia abajo que tiene cuatro caras 36 y un segmento superior cilíndrico 34 de la sección transversal cuadrada constante.

[0050] El segmento inferior 32 se extiende longitudinalmente desde el extremo inferior 28 hasta un nivel por encima del borde inferior 47 de la camisa 44 y el segmento superior 34 se extiende en la porción restante de la camisa 44. Como alternativa, el segmento inferior 32 se extiende a un nivel por debajo de la camisa 44.

[0051] La cara superior y la cara inferior de la tobera inferior no están limitadas a perfiles cuadrados como se ilustra en las realizaciones de las figuras 1 - 4 y 5.

[0052] En una variación para conjuntos de combustible de secciones transversales hexagonales, la tobera inferior tiene una cara superior y una cara inferior de perfiles hexagonales y el segmento afilado de la superficie lateral tiene forma piramidal invertida de base hexagonal con caras inclinadas relativas al eje longitudinal A.

[0053] Más generalmente, la tobera inferior tiene una sección transversal de perfil poligonal y el segmento afilado de la cara lateral de la tobera inferior tiene forma piramidal invertida con sus caras inclinadas relativas al eje longitudinal A.

[0054] El segmento afilado no está limitado a las superficies cónicas como la superficies en forma de pirámide y puede ser más generalmente una superficie recta.

[0055] En una variación, la tobera inferior tiene una superficie superior de perfil poligonal (p. ej., perfil hexagonal), una superficie inferior de perfil circular y el segmento afilado es una superficie recta definida por líneas rectilíneas que pasa por un perfil poligonal y un perfil circular, estando las líneas rectilíneas inclinadas hacia dentro y hacia debajo de forma relativa al eje longitudinal A.

[0056] El segmento afilado no está limitado a la superficie recta y puede mostrar concavidad o convexidad en la dirección longitudinal.

[0057] De forma general, el segmento afilado se estrecha hacia debajo de forma continua y progresiva de perfil en cualquier dirección transversal perpendicular al eje longitudinal A, preferiblemente de forma simétrica relativa al eje longitudinal A de la tobera inferior.

REIVINDICACIONES

1. Tobera inferior de conjunto de combustible nuclear (10, 42) destinada a utilizarse en un reactor de agua presurizada (PWR), del tipo que comprende un extremo superior (26) y un extremo inferior (28) para que la tobera inferior (10, 42) descanse en una placa de soporte inferior (4) de un núcleo de reactor y una superficie lateral (30) extendiéndose a lo largo de un eje longitudinal (A) desde el extremo inferior (28) hasta el extremo superior (26), caracterizado por el hecho de que la superficie lateral (30) comprende un segmento longitudinal (32) que se afila hacia debajo de forma progresiva y continua a lo largo del eje longitudinal (A) y que se extiende por al menos el 50% de la altura (H) de la superficie lateral (30).

2. Tobera inferior de conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 1, en la que el segmento longitudinal afilado (32) se afilada hacia debajo de forma continua y progresiva de perfil en cualquier dirección transversal perpendicular al eje longitudinal (A).

3. Tobera inferior de conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 1 ó 2, en el que el segmento longitudinal afilado (32) se estrecha simétricamente de forma relativa al eje longitudinal (A).

4. Tobera inferior de conjunto de combustible nuclear según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segmento longitudinal afilado (32) es recto.

5. Tobera inferior de conjunto de combustible nuclear según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segmento longitudinal afilado (32) es cónico.

6. Tobera inferior de conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 5, en la que el segmento longitudinal afilado (32) tiene una sección transversal poligonal, principalmente una sección transversal cuadrática o hexagonal.

7. Tobera inferior de conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 5 ó 6, e la que el ángulo de medio cono del segmento longitudinal afilado (32) es de entre 0,5º y 15º.

8. Tobera inferior de conjunto de combustible nuclear según cualquier de las reivindicaciones anteriores, en la que el segmento longitudinal afilado (32) se extiende por al menos el 70% de la altura (H) de la superficie lateral (30).

9. Tobera inferior de conjunto de combustible nuclear según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la superficie lateral (30) comprende un segmento cilíndrico (34) extendiéndose por el segmento longitudinal afilado (32) hacia arriba hasta el extremo superior (26).

10. Tobera inferior de conjunto de combustible nuclear según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo una entrada de agua tubular (24) que se extiende por la tobera inferior a lo largo del eje longitudinal (A) hacia abajo desde el extremo inferior (28), la entrada de agua (24) teniendo una superficie externa de afilado hacia abajo progresivo y continuo.

11. Conjunto de combustible nuclear (2) destinado a utilizarse en un reactor de agua presurizada (PWR), comprendiendo un haz de barras de combustible alargadas (6) y una estructura (8) para soportar las barras de combustible, comprendiendo la estructura una tobera inferior (10, 42) y una tobera superior (12) separadas longitudinalmente, tubos guía (14) conectados entre las toberas (10, 42) y las rejillas separadoras (16) fijados a y distribuidos por la longitud de los tubos guía (14), estando las barras de combustible (6) soportadas por las rejillas separadoras (16), en el que la tobera inferior (10) es una tobera inferior de conjunto de combustible nuclear según cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

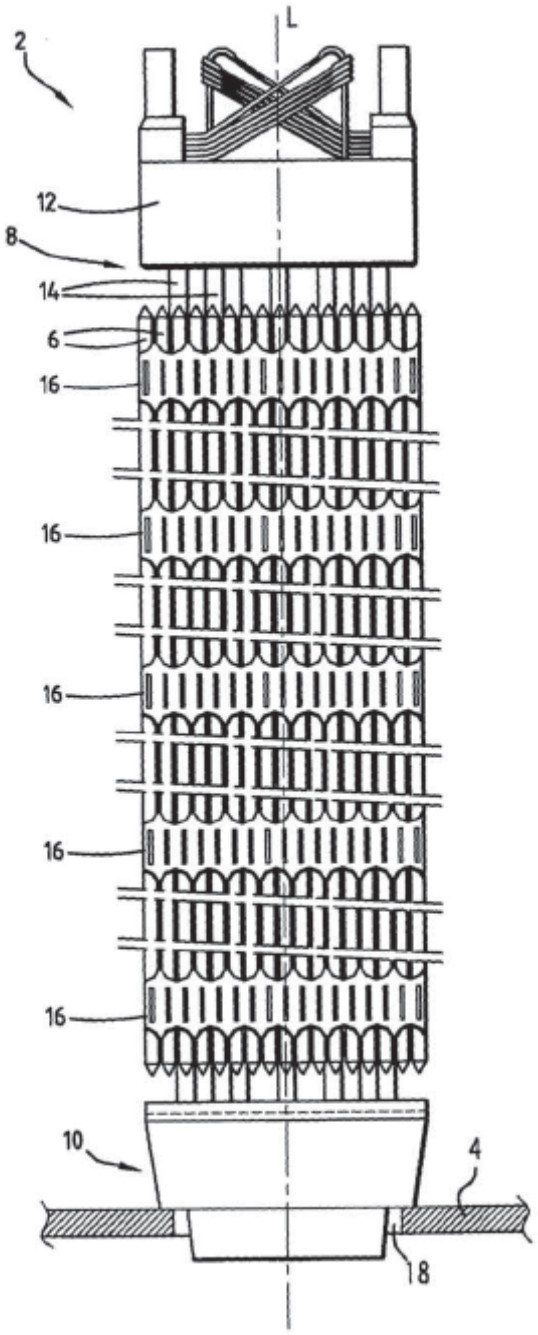

FIG.1

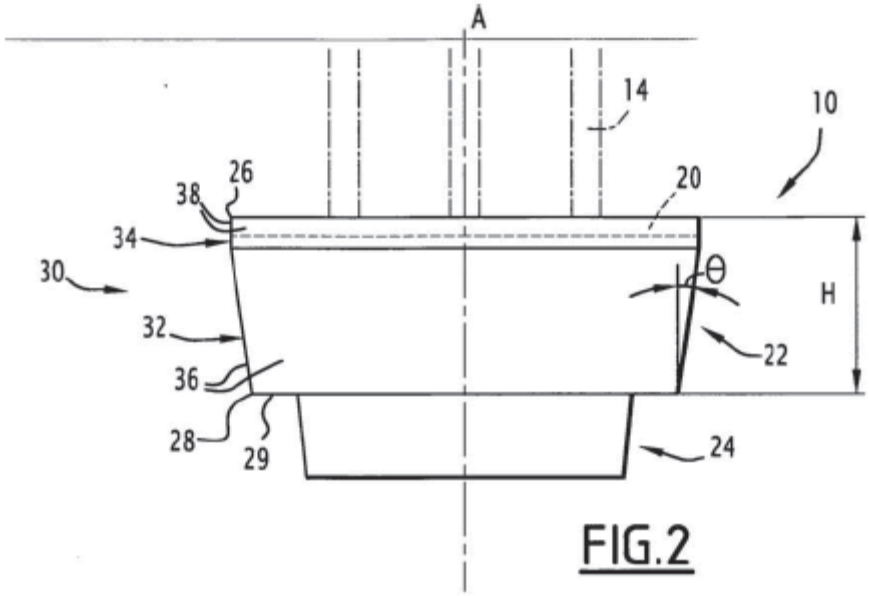
A
14
10
26
38
20
34
30
θ
H
32
22
36
28
29
24

FIG.2

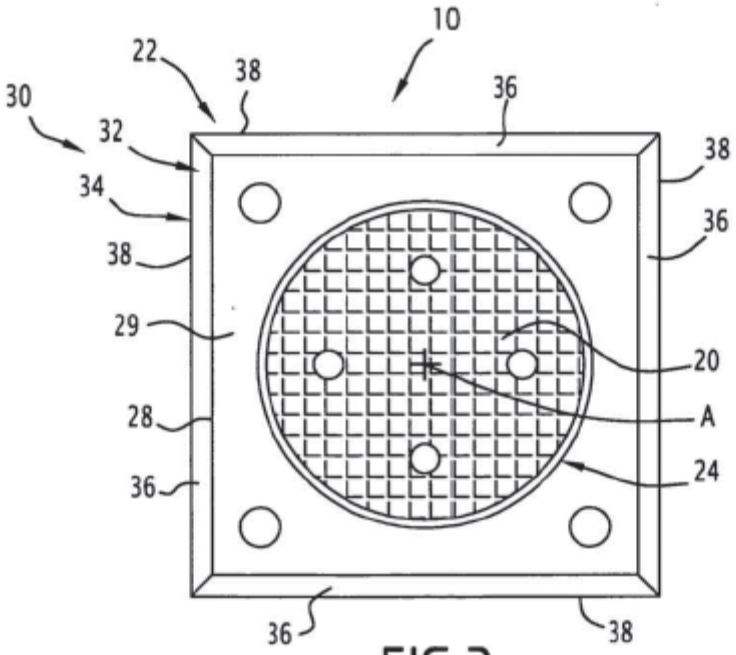
10
22
38
36
30
32
38
34
38
36
29
20
A
28
24
36
36
38

FIG.3

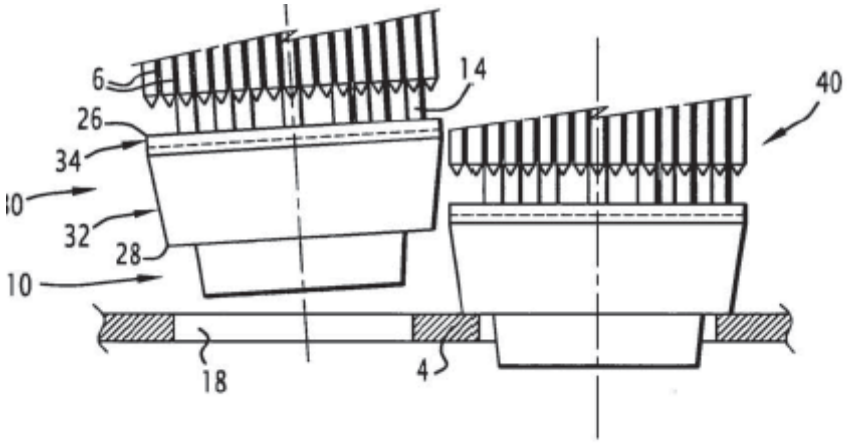
6
14
40
26
34
10
32
28
10
18
4

FIG.4

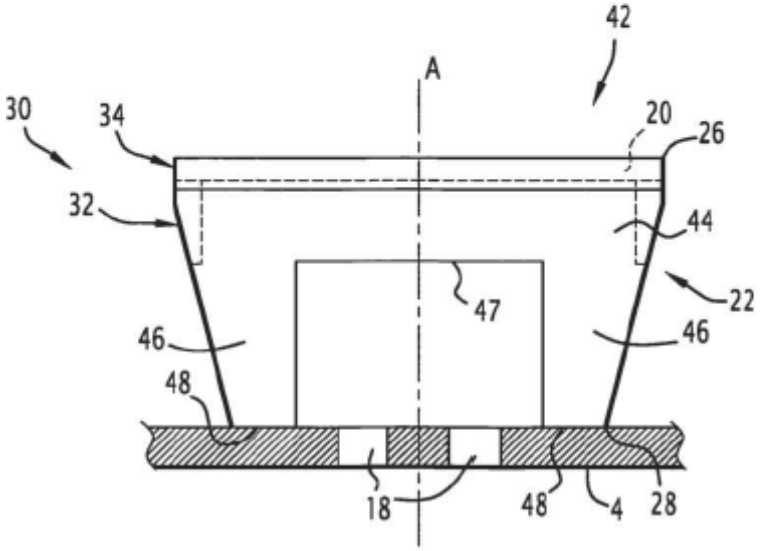
42
A
30
34
20
26
32
44
47
22
46
46
48
18
48
4
28

FIG.5

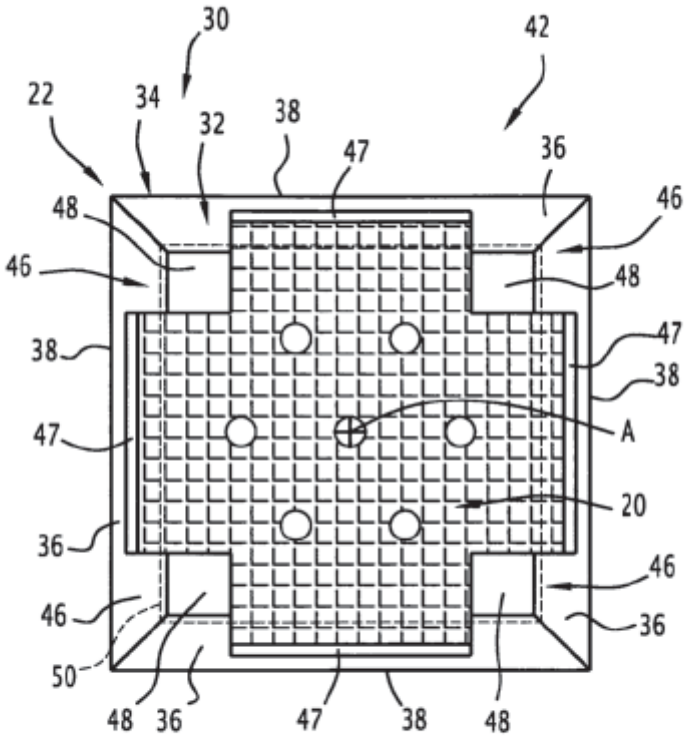
30
42
22
34
32
38
47
36
46
48
46
48
38
47
38
47
A
20
36
46
46
36
50
48
36
47
38
48

FIG.6