

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 429 801**

51 Int. Cl.:

**G21C 3/322** (2006.01)

**G21C 3/33** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2009 E 09305934 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2013 EP 2306465**

54 Título: **Conjunto de combustible nuclear BWR con varillas de combustible de longitud parcial no retenidas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.11.2013**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SCHÄFER, JENS y  
KRONENBERG, JURIS**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 429 801 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 BWR con varillas de combustible de longitud parcial no retenidas

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un conjunto de combustible nuclear para un reactor de agua en ebullición que comprende a base, una cabeza y un haz de varillas de combustible de longitud entera y varillas de combustible de longitud parcial, extendiéndose dicho haz longitudinalmente entre la base y la cabeza, teniendo al menos una varilla de combustible de longitud parcial un extremo inferior recibido en un alojamiento provisto en la base y delimitado por un fondo cerrado mayor que el extremo inferior.

10 **[0002]** Las varillas de combustible de longitud entera (FLFRs en la siguiente memoria descriptiva) son recibidas entre la base y la cabeza de conjunto de combustible con una pequeña separación longitudinal que permite al FLFRs expandirse según su dirección longitudinal durante el funcionamiento del reactor nuclear.

**[0003]** Por lo general, los extremos superiores de los FLFRs están unidos a la cabeza de conjunto de combustible nuclear.

15 **[0004]** Las varillas de combustible de longitud parcial (PLFRs en la siguiente memoria descriptiva) se utilizan en los reactores de agua en ebullición (BWR en la siguiente memoria) por razones de estabilidad termohidráulica y de moderación de neutrones.

**[0005]** Los PLFRs se extienden hacia arriba desde la base de conjunto de combustible y se paran a una distancia de la cabeza del elemento de combustible. Por lo general, la longitud del PLFRs está comprendida entre el 25% y el 75% de la longitud del FLFRs.

20 **[0006]** Las varillas de combustible se colocan y se mantienen longitudinalmente y transversalmente mediante una pluralidad de rejillas de separación espaciadas a lo largo de las varillas de combustible. Estas rejillas de separación permiten un movimiento de deslizamiento local y limitado de las varillas de combustible en las rejillas de separación para dar cabida a la expansión de la varilla de combustible irradiada.

25 **[0007]** Sin embargo, en condiciones específicas de funcionamiento, la fuerza de sujeción longitudinal aplicada por las rejillas de separación al haz de barras de combustible puede no ser suficiente para evitar cualquier desplazamiento global longitudinal de algunas de las varillas.

**[0008]** Por consiguiente, con el fin de evitar que los PLFRs se levanten durante el funcionamiento del reactor nuclear y llegar a posiciones no deseadas, los PLFRs están generalmente unidos a la base de conjunto de combustible.

**[0009]** DE-201 05 913 da a conocer un conjunto de combustible donde se realiza esta fijación, para cada PLFR, a través de un casquillo elástico soldado en un agujero pasante proporcionado en la base del conjunto de combustible.

30 **[0010]** Sin embargo, un diseño de este tipo requiere la soldadura de piezas adicionales a la base del conjunto de combustible nuclear y por lo tanto, es complicado y de fabricación costosa.

35 **[0011]** US-2008/101528 enseña una disposición más simple y más barata. En esta disposición, que corresponde al preámbulo de la reivindicación 1, los extremos inferiores de los PLFRs están unidos a la base de conjunto de combustible nuclear a través de clips integrales con la base y formando dichos alojamientos. Sin embargo, esta disposición también requiere un mecanizado específico para lograr tolerancias adecuadas para los clips. Por lo tanto, aunque esta disposición sea satisfactoria, sigue siendo deseable simplificar su diseño y reducir su precio.

**[0012]** FR 2 910 170 y US 2007/0165767 describen conjuntos de combustible para reactores de agua a presión (PWR) en los que los extremos inferiores de las varillas de combustible de longitud entera (FLFRs) están soportados en partes divergentes superiores de agujeros provistos en la pieza de extremo inferior.

40 **[0013]** Un objeto de la invención es por lo tanto proporcionar un conjunto de combustible que reduce el riesgo de despegue de los PLFRs durante el funcionamiento del reactor nuclear y que tiene un diseño más simple y que induce menos costes.

**[0014]** Con esta finalidad, la invención propone un conjunto de combustible según la reivindicación 1.

45 **[0015]** De acuerdo con formas de realización específicas, el conjunto de combustible puede comprender una o varias de las características de las reivindicaciones dependientes 2-11.

**[0016]** La invención y sus ventajas se comprenderán mejor con la lectura de la siguiente descripción, dada únicamente a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de un conjunto de combustible nuclear BWR de acuerdo con la invención,

- la figura 2 es una vista esquemática en perspectiva que ilustra el filtro de residuos inferior del conjunto de combustible nuclear de la figura 1 y su conexión con dos PLFRs, y

- la figura 3 es una vista ampliada de la parte III de la figura 2.

5 **[0017]** La figura 1 muestra un conjunto de combustible nuclear 1 para un reactor de agua en ebullición (BWR). Este conjunto de combustible 1 se extiende a lo largo de una vertical dirección longitudinal L. Este conjunto de combustible 1 está destinado a ser colocado en un núcleo de un reactor nuclear, donde el refrigerante fluye hacia arriba durante el funcionamiento del reactor nuclear.

**[0018]** El conjunto de combustible 1 comprende convencionalmente:

- una base 2 destinada a apoyarse sobre una placa inferior del núcleo,

10 - una cabeza 3,

- un haz 4 de varillas de combustible, extendiéndose dicho haz 4 longitudinalmente entre la base 2 y la cabeza 3,

- un canal de agua 5 colocado en el interior del haz 4 y que conecta la base 2 de la cabeza 3,

- una pluralidad de rejillas de separación 6 separadas a lo largo de la dirección longitudinal L y que mantienen longitudinalmente y transversalmente el haz 4,

15 - un canal de combustible 7 que envuelve el haz 4 y fijado a la base 2 y la cabeza 3.

**[0019]** Sólo una parte del canal de combustible 7 se muestra en la figura 1.

**[0020]** El haz 4 comprende varillas de combustible de longitud entera (FLFRs) 9 y varillas de combustible de longitud parcial (PLFRs) 11 que no se muestran en la figura 1.

20 **[0021]** Sólo dos de estos PLFRs 11 se muestran parcialmente en las figuras 2 y 3. En la realización descrita, el conjunto de combustible 1 comprende 20 PLFRs 11 y 92 FLFRs 9. Sin embargo, estos números pueden cambiar de una a otra realización.

**[0022]** Cada FLFRs 9 y PLFRs 11 comprende un revestimiento que contiene pastillas de combustible nuclear y que está cerrado por unos tapones superior e inferior. en las figuras 2 y 3 se puede ver un tapón inferior 12.

25 **[0023]** Los FLFRs 9 están unidos a través de sus extremos superiores a la cabeza 3 de una manera convencional, por ejemplo, mediante una rejilla con agujeros que reciben los pasadores previstos en los tapones superiores de los FLFRs 9.

**[0024]** Los FLFRs 9 se extienden hacia abajo desde la cabeza 3 hasta la base 2, mientras que el mantenimiento de un espacio longitudinal entre los extremos inferiores 23 de los FLFRs 9 y la base 2 permite la expansión longitudinal de los FLFRs 9 durante el funcionamiento del reactor nuclear.

30 **[0025]** Los FLFRs 11 son más cortos que los FLFRs 9. Se extienden hacia arriba desde la base 2 y se detienen a una distancia de la cabeza 3. En algunas formas de realización, los PLFRs 11 dentro del conjunto de combustible 1 pueden tener diferentes longitudes.

35 **[0026]** La base 2 incluye un filtro de residuos 13 que se muestra en las figuras 2 y 3. Este filtro de residuos 13 tiene, por ejemplo, un primer conjunto de barras transversales paralelas 15 y un segundo conjunto de barras transversales paralelas 17. Las barras 17 se colocan encima de las barras 15 y se extienden por ejemplo, perpendiculares con respecto a las barras 15.

40 **[0027]** Las barras 17 tienen ensanchamientos 19 donde se prevén unos alojamientos 21 en la forma de rebajes superiores que se abren hacia arriba. Cada alojamiento 21 recibe el extremo inferior 23 de un PLFR respectivo 11. Los alojamientos 21 tienen formas generalmente similares. Solamente un alojamiento 21 y su relación con el PLFR respectivo 11 se describe a continuación con referencia a la figura 3.

**[0028]** El alojamiento 21 está delimitado por un fondo cerrado 25 que tiene substancialmente una forma de disco y una pared periférica 27 de base substancialmente circular. La pared periférica 27 se extiende hacia arriba desde el fondo 25. El fondo 25 y la pared periférica 27 forman una única pieza con los ensanchamientos. En otras formas de realización, los alojamientos 21 pueden estar delimitados por partes adheridas al filtro de residuos 13.

45 **[0029]** El diámetro del fondo 25 y de la pared periférica 27 es ligeramente mayor que el diámetro del extremo inferior 23 del PLFR correspondiente 11. El extremo inferior 23 del PLFR 11 es recibido en el alojamiento 21 y descansa libremente sobre el fondo 25. Esto significa que la base 2 no retiene longitudinalmente el PLFR 11 para impedir que se mueva hacia arriba con respecto al filtro de residuos 13.

**[0030]** En la figura 3, el PLFR derecho 11 se muestra separado de la base 2 sólo para facilitar la descripción, pero todos los PLFRs 11 tienen sus extremos inferiores 23 recibidos en su alojamiento respectivo 21.

5 **[0031]** El filtro de residuos 13 tiene una parte central 29 que conecta algunas de las barras 17 y, por ejemplo es integral con estas barras 17. Un orificio pasante 31 se proporciona en la parte central 29 para recibir el extremo inferior del canal de agua 5. El extremo inferior del canal de agua 5 se atornilla opcionalmente en el agujero pasante 31.

**[0032]** Al estar cada alojamiento 21 delimitado por un fondo cerrado 25 mayor que el extremo inferior 23 del PLFR correspondiente por una pared periférica 27 que envuelve a este extremo inferior 23, el extremo inferior 23 está protegido del flujo vertical y hacia arriba del refrigerante ilustrado por las flechas 33 en la figura 3.

10 **[0033]** Por lo tanto, cada extremo inferior 23 está protegido de las fuerzas de flujo directas aplicadas por el refrigerante y que darían lugar a fuerzas de impacto que resultarían de transitorios de potencia que se producen durante el funcionamiento del reactor nuclear.

15 **[0034]** Por lo tanto, la fuerza de sujeción longitudinal aplicada por las rejillas de separación 6 sigue siendo suficiente y se reduce el riesgo de despegue de los FLFRs 11 evitando al mismo tiempo la necesidad de medidas específicas para retener positivamente los FLFRs 11 contra el despegue.

**[0035]** Por lo tanto, el conjunto de combustible 1 tiene un diseño simple que es de fabricación barata.

20 **[0036]** El acoplamiento de los extremos inferiores 23 de los PLFRs 11 en los alojamientos 21 impide que el filtro de residuos 13 gire alrededor de un eje longitudinal central L con respecto al canal de agua 5. Por lo tanto, se puede proporcionar opcionalmente una conexión de tornillo entre el canal de agua 5 y el filtro de residuos 13, tal como se describió anteriormente, sin la necesidad de una función anti-rotación adicional. Esto ayuda a reducir aún más los costes de fabricación del conjunto de combustible 1.

**[0037]** Por otra parte, los extremos inferiores 23 de los PLFRs 11 no requieren un diseño específico y por lo tanto pueden ser de una forma similar o incluso tienen tapones inferiores idénticos 12 que los extremos inferiores 23 de los FLFRs 9, reduciendo así aún más los costes del conjunto de combustible 1.

25 **[0038]** La relación mencionada más arriba entre la base 2 y los PLFRs 11 puede ser implementada a través de otras partes de la base 2 diferentes que un filtro de residuos 13.

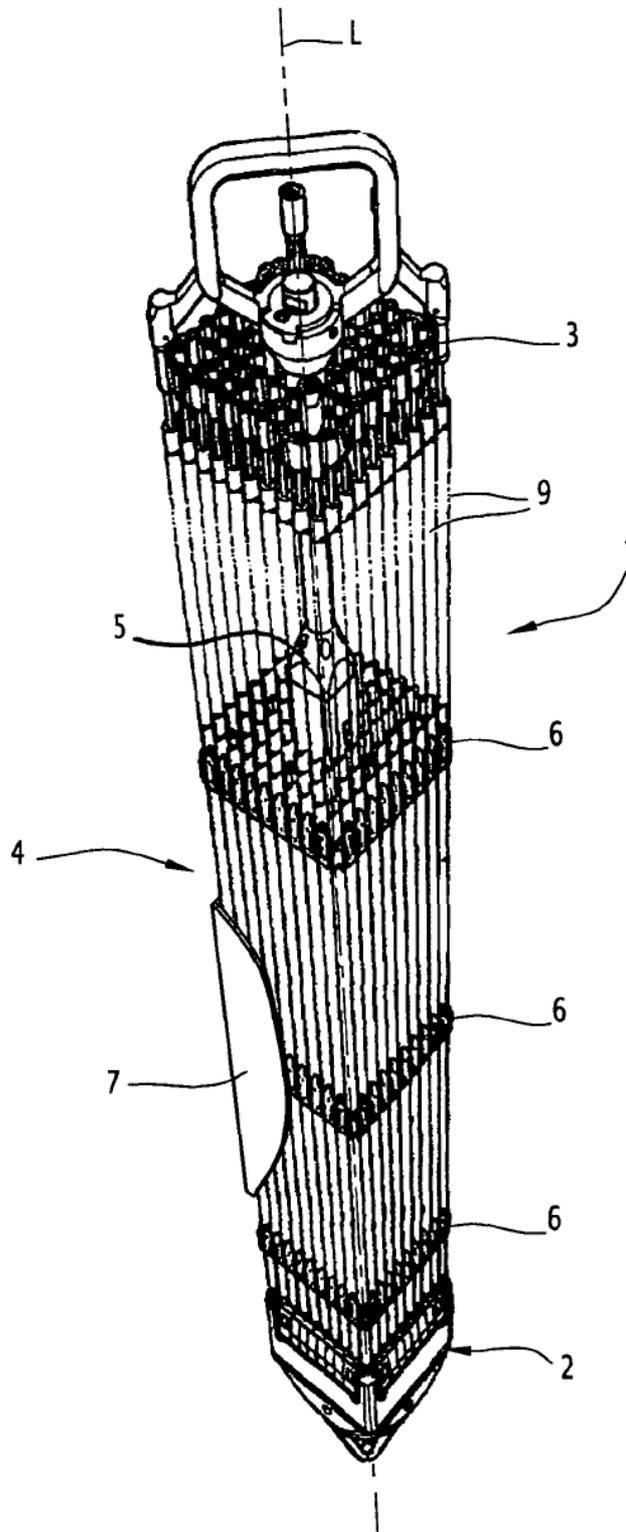
**[0039]** También, solamente algunos o incluso uno de los PLFRs 11 puede presentar esta relación.

**[0040]** En la realización descrita, los extremos inferiores 23 tienen una base sustancialmente circular, aunque otras formas pueden contemplarse.

30

**REIVINDICACIONES**

- 5 **1.** Conjunto de combustible nuclear (1) para un reactor de agua en ebullición que comprende una base (2), una cabeza (3) y un haz (4) de varillas de combustible de longitud entera (9) y varillas de combustible de longitud parcial (11), extendiéndose dicho haz (4) longitudinalmente entre la base (2) y la cabeza (3), teniendo al menos una varilla de combustible de longitud parcial (11) un extremo inferior (23) recibido en un alojamiento (21) provisto en la base (2) y delimitado por un fondo cerrado (25) mayor que el extremo inferior (23), **caracterizado por el hecho de que el alojamiento (21) también está delimitado por una pared periférica (27) que envuelve el extremo inferior (23), y por el hecho de que dicha varilla de combustible de longitud parcial (11) descansa libremente en el fondo cerrado (25).**
- 10 **2.** El conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 1, en el que cada varilla de combustible de longitud parcial (11) tiene un extremo inferior (23) recibido en un alojamiento (21) provisto en la base (2), estando cada alojamiento (21) delimitado por un fondo cerrado (25) mayor que el extremo inferior respectivo (23) y una pared periférica (27) que envuelve el extremo inferior respectivo (23), descansando cada varilla de combustible de longitud parcial (11) libremente en el fondo cerrado (25) del alojamiento respectivo (21).
- 15 **3.** El conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 1 o la 2, en el que la base (2) incluye un filtro de residuos (13) donde el o los alojamientos (21) está provisto.
- 4.** El conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 3, en el que, para el o los alojamientos (21), el fondo cerrado (25) y la pared periférica (27) forman una única pieza con el filtro de residuos.
- 5.** El conjunto de combustible nuclear según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el o los alojamientos (21) es un rebaje formado en la base (2) y que se abre hacia arriba.
- 20 **6.** El conjunto de combustible nuclear según la reivindicaciones 4 y 5 tomadas conjuntamente, en el que el filtro de residuos (13) tiene un conjunto de barras transversales (17) donde el o los rebajes están formados.
- 7.** El conjunto de combustible nuclear según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las varillas de combustible de longitud entera (9) y las varillas de combustible de longitud parcial (11) tienen extremos inferiores (23) con formas similares.
- 25 **8.** El conjunto de combustible nuclear según la reivindicación 7, en el que las varillas de combustible de longitud entera (9) y las varillas de combustible de longitud parcial (11) tienen tapones inferiores idénticos (12).
- 9.** El conjunto de combustible nuclear según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de combustible (1) tiene un canal de agua interno (5) atornillado en la base (2).
- 30 **10.** El conjunto de combustible nuclear según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de combustible (1) tiene un canal de combustible (7) fijado a la base (2) y e la cabeza (3).
- 11.** El conjunto de combustible nuclear según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de combustible (1) tiene rejillas de separación (6) que mantienen las varillas de combustible de longitud entera (9) y las varillas de combustible de longitud parcial (11).



**FIG.1**

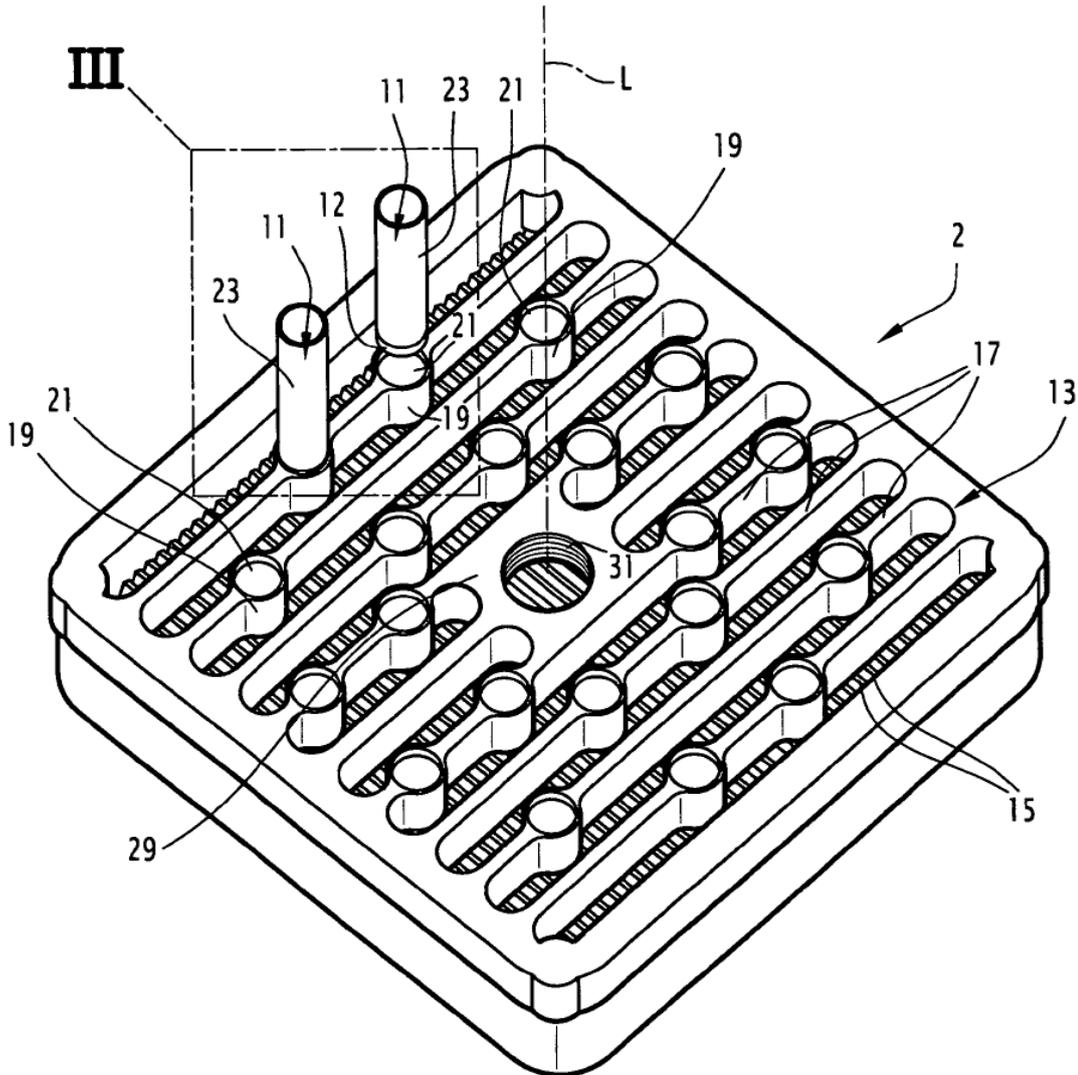


FIG.2

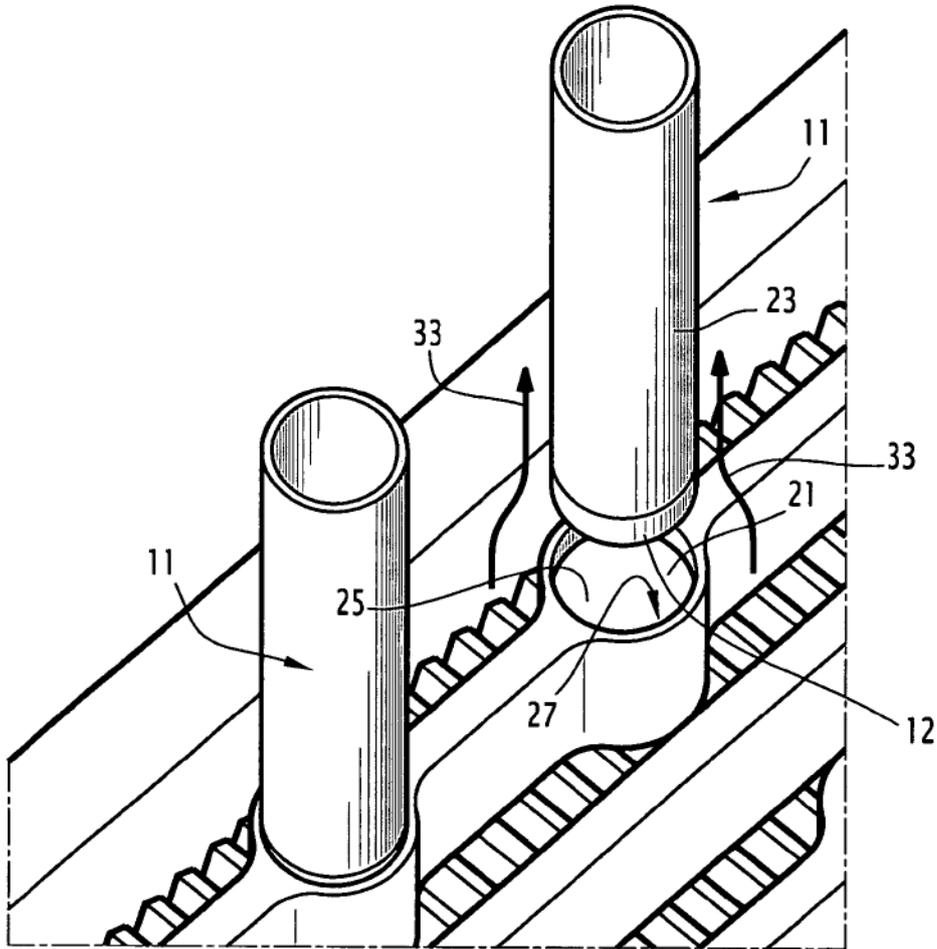


FIG.3