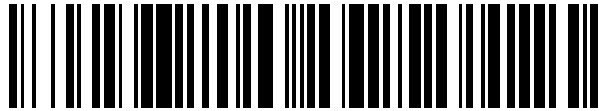


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 424**

51 Int. Cl.:

G21C 3/32 (2006.01)

G21C 3/33 (2006.01)

G21C 3/32 (2006.01)

G21C 3/34 (2006.01)

G21C 3/352 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2012 E 12720502 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2015 EP 2710602**

54 Título: **Placa de sujeción de elemento combustible nuclear, soporte superior y elemento combustible nuclear que comprende dicha placa de sujeción**

30 Prioridad:

20.05.2011 EP 11305623

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:

**FRIEDRICH, ERHARD;
UMLAUFT, DIETER;
BLAVIUS, DIRK y
KURZER, KLAUS**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 562 424 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

Placa de sujeción de elemento combustible nuclear, soporte superior y elemento combustible nuclear que comprende dicha placa de sujeción.

5

[0001] La presente invención se refiere a una placa de sujeción para su uso en un elemento combustible nuclear y más concretamente en un soporte superior de un elemento combustible para un reactor de agua en ebullición (boiling water reactor, BWR).

10 **[0002]** Un elemento combustible nuclear para reactor de agua en ebullición (BWR) comprende convencionalmente un conjunto de barras de combustible y al menos un canal tubular de agua dentro de un canal tubular de combustible. Cada canal de agua ocupa el lugar de al menos una barra de combustible del conjunto.

15 **[0003]** Cada barra de combustible comprende una vaina tubular que alberga una serie de pastillas de combustible nuclear, cerrada en sus extremos con tapones.

20 **[0004]** El elemento combustible comprende múltiples rejillas separadoras distribuidas a lo largo del elemento combustible para mantener las barras de combustible espaciadas transversalmente. Cada rejilla separadora comprende unas celdas guía a través de cada una de las cuales suele extenderse una barra de combustible.

25 **[0005]** El elemento combustible comprende un soporte superior en el extremo superior del canal de combustible y un soporte inferior en el extremo inferior del canal de combustible. Las barras de combustible van desde el soporte superior hasta el soporte inferior. Cada soporte tiene unas celdas guía, cada una de las cuales alberga el respectivo tapón del extremo de la barra de combustible y canales para permitir que el refrigerante fluya a través del soporte.

30 **[0006]** En funcionamiento, el elemento combustible está verticalmente orientado en el núcleo del reactor nuclear y se hace fluir un refrigerante hacia arriba entre las barras de combustible. El refrigerante fluye por el canal de agua y el canal de combustible, desde el extremo inferior hacia el extremo superior del elemento combustible. El refrigerante entra en el canal de combustible a través del soporte inferior y sale del canal de combustible a través del soporte superior.

35 **[0007]** El documento US 2007/183556 A1 da a conocer una pieza de contera del elemento combustible nuclear que comprende una placa con unos aros para albergar barras de combustible o tubos guía, con unos refuerzos que unen los aros y las placas, más finas que los refuerzos, extendiéndose entre los aros y los refuerzos con el fin de delimitar unos orificios para que circule el refrigerante, estando las placas dispuestas en forma de cuadrícula.

40 **[0008]** El documento US 2009/0060114 A1 da a conocer un elemento combustible nuclear que comprende una placa de sujeción superior con un protector de residuos formado por unas bandas dispuestas de lado a lado. También da a conocer un elemento combustible nuclear que comprende una placa de sujeción superior con un protector de residuos situado entre dos matrices de aros conectadas por refuerzos.

45 **[0009]** El documento US 2010/0172460 A1 da a conocer un soporte de placa perforada de elemento combustible nuclear con una placa de soporte provista de orificios de barras de combustible para las barras de combustible y de orificios de agua para el agua.

50 **[0010]** Un objeto de la invención es proporcionar una placa de sujeción del soporte superior que limite la pérdida de presión del soporte superior teniendo al mismo tiempo la suficiente resistencia.

[0011] A tal efecto, la invención propone una placa de sujeción tal como se define en la reivindicación 1.

55 **[0012]** En las reivindicaciones 2 a 12 se definen las características opcionales.

[0013] La invención también se refiere a un soporte superior del combustible nuclear según la reivindicación 13, a un elemento combustible nuclear según la reivindicación 14 y a un elemento combustible nuclear según la reivindicación 15.

[0014] La invención y sus ventajas se entenderán mejor con la lectura de la siguiente descripción dada únicamente a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

- La Figura 1 es una vista de sección lateral de un elemento combustible nuclear que comprende un soporte superior con una placa de sujeción según la invención;
- La Figura 2 es una vista desde arriba de la placa;
- La Figura 3 es una vista parcial desde arriba de la placa de sujeción;
- La Figura 4 es una vista frontal parcial de las tiras de la placa de sujeción;
- La Figura 5 es una vista parcial desde arriba de una placa de sujeción según otra forma de realización;
- 10 - La Figura 6 es una vista parcial desde arriba de una placa de sujeción según otra forma de realización;
- La Figura 7 es una vista parcial desde arriba de una placa de sujeción según otra forma de realización;
- La Figura 8 es una vista frontal parcial de las tiras de la placa de sujeción de la Figura 7;
- La Figura 9 es una vista frontal parcial de las tiras de una placa de sujeción según otra forma de realización;

15 **[0015]** Como se ilustra en la Figura 1, el elemento combustible nuclear (2) se extiende a lo largo de un eje central longitudinal (L).

[0016] Estando en uso, el elemento combustible (2) se coloca en el núcleo de un reactor nuclear con el eje (L) extendiéndose esencialmente verticalmente. En lo sucesivo, los términos «inferior» y «superior», «axial» y «transversal» se refieren a la posición del elemento combustible (2) en el reactor.

[0017] El elemento combustible (2) es para un reactor de agua en ebullición (BWR) y comprende un conjunto de barras de combustible nuclear (4) de longitud parcial (no representadas) y de longitud total y un canal tubular de agua (6) dentro de un canal tubular de combustible (8). Las barras de combustible (4), el canal de agua (6) y el canal de combustible (8) se extienden longitudinalmente en paralelo al eje (L).

[0018] Cada barra de combustible (4) comprende una vaina tubular (10) llena de pastillas de combustible nuclear apiladas y cerrada en su extremo inferior y en su extremo superior con un tapón inferior (12) y con un tapón superior (14) respectivamente. Las barras de combustible (4) están dispuestas en un entramado y el canal de agua (6) ocupa el lugar de algunas de las barras de combustible (4) en el entramado.

[0019] El elemento combustible (2) comprende unas rejillas separadoras (16) de las barras de combustible distribuidas a lo largo de las barras de combustible (4), siendo representada una única rejilla separadora (16) en la Figura 1. La función de las rejillas separadoras (16) es mantener axial y transversalmente las barras de combustible (4) con una separación transversal entre ellas.

[0020] El elemento combustible (2) comprende un soporte inferior (18) y un soporte superior (20) en el extremo inferior y en el extremo superior, respectivamente, del canal de combustible (8). Las barras de combustible (4) van desde el soporte inferior (18) hasta el soporte superior (20).

[0021] En un elemento combustible de un reactor de agua en ebullición (BWR), el soporte inferior y el soporte superior del elemento combustible están configurados para contribuir a la canalización del refrigerante a través del elemento combustible durante el funcionamiento, recibiendo el soporte inferior el flujo de refrigerante y descargando el soporte superior el refrigerante del elemento combustible.

[0022] Un soporte inferior de BWR incluye normalmente un soporte de entrada, una placa de sujeción inferior y una zona de transición entre el soporte de entrada y la placa de sujeción inferior, donde el refrigerante que entra por el soporte de entrada fluye hacia arriba sucesivamente a través de la zona de transición, a través de la placa de sujeción y junto a las barras de combustible individuales sujetas o apoyadas libremente en sus extremos inferiores en la placa de sujeción inferior. Normalmente se incluye un filtro de residuos en el soporte inferior, en general debajo de la placa de sujeción inferior, en la zona de transición.

[0023] El soporte inferior (18) está adaptado para posicionar el elemento combustible (2) en la placa inferior del núcleo, para permitir que el refrigerante fluya a través del soporte inferior (18) para entrar en el canal de combustible (8), para atrapar los residuos y para apoyar las barras de combustible (4).

[0024] Un soporte superior de BWR incluye normalmente una placa de sujeción con orificios que proporcionan una salida para que el refrigerante fluya hacia fuera del elemento combustible y un mango. Una o varias de las barras de agua o combustible se utilizan generalmente como miembros estructurales que se sujetan

rígidamente por algún medio a ambas placas, la inferior y la superior, con el fin de levantar el elemento combustible BWR mediante el mango y mantener una distancia fija entre los soportes inferior y superior. El soporte superior suele estar unido al canal de combustible, de modo que se pueda levantar el canal de combustible hacia fuera del núcleo del reactor nuclear junto con el elemento combustible. Se pueden desconectar el soporte superior y el canal de combustible, permitiendo que se pueda despegar el canal de combustible del elemento combustible. Los tapones de los extremos superiores de las barras de combustible pasan normalmente a través de los orificios de la placa de sujeción, que retiene el tapón lateralmente.

10 **[0025]** El soporte superior (20) está adaptado para permitir que el refrigerante fluya a través de la placa de sujeción (22) para salir del canal de combustible (8) y permitir que los tapones superiores (14) de las barras de combustible se extiendan a través de la placa de sujeción (22).

15 **[0026]** Como se ilustra en la Figura 2, el soporte superior (20) comprende una placa de sujeción (22) formada por tiras que se cruzan (24 y 26) delimitando entre ellas unas celdas guía tubulares (28) y unas celdas de flujo tubulares (30 y 32) centradas en las intersecciones de un entramado regular. Cada celda guía (28) alberga el tapón superior (14) de la correspondiente barra de combustible (4) (solamente se representa una en aras de la claridad). Cada celda de flujo (30 y 32) permite que el refrigerante fluya a través de la placa de sujeción (22). La placa de sujeción (22) comprende una abertura central (34) para permitir que el canal de agua (6) se extienda a través de la placa de sujeción (22). La abertura central (34) ocupa el lugar de las celdas guía (28) y celdas de flujo (30 y 32) en el entramado.

20 **[0027]** La placa de sujeción (22) comprende dos conjuntos de tiras (24 y 26). Las tiras (24 y 26) de cada conjunto son paralelas y están mutuamente espaciadas. Las tiras (24 y 26) de cada conjunto se entrecruzan con las tiras del otro conjunto en ángulos rectos, delimitando así las celdas guía (28) y las celdas de flujo (30 y 32).

25 **[0028]** La placa de sujeción (22) comprende un conjunto de primeras tiras (24) que se extienden en una primera dirección transversal (T1) y un conjunto de segundas tiras (26) que se extienden en una segunda dirección transversal (T2) perpendicular a la primera dirección transversal (T1).

30 **[0029]** Cada celda guía (28) y cada celda de flujo (30 y 32) está delimitada por la intersección de dos primeras tiras adyacentes (24) con dos segundas tiras adyacentes (26). Cada celda guía (28) y cada celda de flujo (30 y 32) tiene cuatro paredes laterales formadas cada una por la correspondiente tira (24 y 26).

35 **[0030]** Como se muestra en la Figura 3, que representa una vista parcial ampliada de la placa de sujeción de la Figura 2, las celdas guía (28) y celdas de flujo (30 y 32) están centradas en las intersecciones de un entramado regular definido por un patrón de repetición (P) que comprende cuatro intersecciones de esquina en una disposición de entramado cuadrado y una intersección central en el centro de las cuatro intersecciones de esquina, con una celda guía en cada intersección de esquina del patrón (P), separadas por un par de primeras tiras paralelas espaciadas (24) que se cruzan con un par de segundas tiras paralelas espaciadas (26) y una celda de flujo central (32) en la intersección central del patrón (P).

40 **[0031]** La celda de flujo central (32) está delimitada por la intersección del par de primeras tiras (24) y el par de segundas tiras (26). La celda de flujo central (32) tiene cuatro paredes laterales. Cada pared lateral está definida por una parte de la correspondiente tira de los dos pares de primeras tiras (24) y segundas tiras (26) que se cruzan.

45 **[0032]** La placa de sujeción (22) incluye además celdas de flujo intermedias (30) entre las sucesivas celdas guía (28) del patrón de repetición (P). Más específicamente, el patrón de repetición (P) comprende una matriz de intersecciones 3x3 en una disposición de entramado cuadrado o rectangular con cuatro celdas guía (28) en las intersecciones de esquina, la celda de flujo central (32) en la intersección central y cuatro celdas de flujo intermedias (30) en las cuatro intersecciones laterales intermedias.

50 **[0033]** Cada celda de flujo intermedia (30) está delimitada por dos celdas guía sucesivas (28) en una dirección transversal (T1, T2) y por dos celdas de flujo central sucesivas (32) en la otra dirección transversal (T2, T1).

55 **[0034]** Cada celda de flujo central (32) está rodeada por cuatro celdas guía (28) en un patrón cuadrado centrado (P): las cuatro celdas guía (28) forman un cuadrado y la celda de flujo central (32) está en el centro del cuadrado. Además, está rodeada por cuatro celdas de flujo intermedias (30), cada una de las cuales delimita un lado de la celda de flujo central (32).

- 5 **[0035]** Las celdas guía (28) y las celdas de flujo (30 y 32) del patrón (P) están separadas por dos primeras tiras (24) y dos segundas tiras (26) que definen en su intersección en ángulo recto la celda de flujo central de cuatro paredes (30).
- [0036]** Cada celda guía (28) y cada celda de flujo (30 y 32) de la placa de sujeción (22) está delimitada por dos pares de tiras que se cruzan (24 y 26).
- 10 **[0037]** Cada primera tira (24) y cada segunda tira (26) separa en un lado una fila de celdas guía (28) que se alternan con celdas de flujo intermedias (30) y en el otro lado una fila de celdas de flujo intermedias (30) que se alternan con celdas de flujo centrales (32).
- 15 **[0038]** Los pares de tiras paralelas (24 y 26) que delimitan las celdas guía (28) entre ellas tienen un pequeño espaciado (E1) y los pares de tiras paralelas (24 y 26) que delimitan entre ellas las celdas de flujo centrales (32) tienen un gran espaciado (E2), mayor que el pequeño espaciado E1.
- 20 **[0039]** Debido a los diferentes espaciados (E1 y E2), las celdas guía (28) y las celdas de flujo (30 y 32) tienen secciones transversales distintas. Las celdas guía (28) son idénticas y tienen una sección transversal de forma cuadrada. Las celdas de flujo central (32) son idénticas y tienen una sección transversal de forma cuadrada. Las celdas de flujo central (32) tienen una dimensión lateral superior a la de las celdas guía (28). Cada celda de flujo central (32) tiene un área de sección transversal superior a la de cada celda guía (28).
- 25 **[0040]** Cada celda de flujo intermedia (30) tiene dos paredes laterales paralelas, cada una común con una celda de flujo central adyacente (32), y dos paredes laterales paralelas, cada una común con una celda guía adyacente (28). Las celdas de flujo intermedias (30) tienen una sección transversal de forma rectangular. Las paredes laterales cortas son las paredes laterales compartidas con las celdas guía (28). Cada celda de flujo intermedia (30) tiene un área de sección transversal superior a la de las celdas guía (28).
- 30 **[0041]** Con referencia a la Figura 2, las celdas guía (28) y las celdas de flujo (30 y 32) de la placa de sujeción (22) definen en cada dirección transversal (T1, T2) unas filas mixtas (36), cada una de las cuales comprende celdas guía (28) alternadas con celdas de flujo intermedias (30), y dichas filas mixtas (36) se alternan con filas de flujo (38), cada una de las cuales comprende exclusivamente celdas de flujo (30 y 32), a saber, celdas de flujo intermedias (30) que se alternan con celdas de flujo centrales (32).
- 35 **[0042]** La placa de sujeción (22) comprende las primeras filas mixtas (36) y las primeras filas de flujo (38), que se extienden en la primera dirección transversal (T1) y se alternan en la segunda dirección transversal (T2), y las segundas filas mixtas (42) y las segundas filas de flujo (40), que se extienden en la segunda dirección transversal (T2) y se alternan en la primera dirección transversal (T1).
- 40 **[0043]** Cada celda de flujo intermedia (30) se inserta entre dos celdas guía (28) en una fila mixta (36,42) en la primera o la segunda dirección transversal (T1, T2). Cada celda de flujo central (32) está situada en la intersección de una primera fila de flujo (38) y una segunda fila de flujo (40).
- 45 **[0044]** Cada tira (24, 26) separa una fila mixta (36, 42) y una fila de flujo (38, 40) adyacentes. Cada primera tira (24) separa una primera fila mixta (36) y una primera fila de flujo (38) y cada segunda tira (26) separa una segunda fila mixta (42) y una segunda fila de flujo (40).
- 50 **[0045]** La placa de sujeción (22) comprende dos tiras entre cada par de filas mixtas adyacentes en la primera dirección (T1) y en la segunda dirección (T2). Así, cada par de primeras filas mixtas adyacentes (36) está separado por dos primeras tiras paralelas espaciadas (24) y cada par de segundas filas mixtas adyacentes (42) está separado por dos segundas tiras paralelas espaciadas (26).
- 55 **[0046]** En cada dirección transversal (T1, T2), el espaciado entre las tiras (24, 26) es regular y alternativamente grande y pequeño: en cada dirección transversal (T1, T2), la placa de sujeción (22) tiene el pequeño espaciado (E1) entre cada par de tiras paralelas adyacentes (24, 26) que delimitan entre ellas una fila mixta (36, 42) y el gran espaciado (E2) entre cada par de tiras paralelas adyacentes (24, 26) que delimitan entre ellas una fila de flujo (38, 40). El pequeño espaciado (E1) es menor que el gran espaciado (E2).
- [0047]** La Figura 4 ilustra una vista frontal de una primera tira (24) y una segunda tira (26) de la placa de

sujeción (22). Las primeras tiras (24) y las segundas tiras (26) tienen bordes superiores (44) y bordes inferiores (46). Las primeras tiras (24) y las segundas tiras (26) están provistas de unas ranuras de interconexión (48, 50) formadas en sus bordes. Las primeras tiras (24) están provistas de unas ranuras (48) en su borde superior (44) y las segundas tiras (26) están provistas de unas ranuras (50) en su borde inferior (46). Cuando la placa de sujeción (22) está montada, las tiras (24 y 26) se unen ajustando entre sí las ranuras (48 y 50).

[0048] Las ranuras (48 y 50) definen a lo largo de cada tira (24 y 26) los segmentos de las celdas guía (52) que se alternan con segmentos de las celdas de flujo (54). Cada segmento de celda guía (52) forma una pared lateral que separa una celda guía (28) de una celda de flujo intermedia (30) y cada segmento de celda de flujo (54) forma una pared lateral que separa una celda de flujo intermedia (30) y una celda de flujo central (32) cuando la placa de sujeción (22) está montada. Cada celda guía (28) está delimitada por cuatro segmentos de celdas guía (52), cada celda de flujo central (32) está delimitada por cuatro segmentos de celda de flujo (54) y cada celda de flujo intermedia (30) está delimitada por dos segmentos de celdas guía opuestos (52) que se cruzan perpendicularmente con dos segmentos de celdas de flujo opuestos (54).

[0049] Como se ilustra en la Figura 1, los tapones de los extremos superiores de las barras de combustible (14) tienen un diámetro inferior al de las barras de combustible (4). Por lo tanto, la placa de sujeción (22) puede estar provista de celdas guía (28) de sección transversal pequeña y de celdas de flujo (30 y 32) de sección transversal grande. Esto proporciona unas celdas de flujo centrales (32) de gran sección transversal delimitadas por dos pares de tiras que se cruzan en el centro de cada grupo de cuatro celdas guía (28) que definen un cuadrado y además celdas de flujo intermedias (30) entre las celdas guía (28) alrededor de la celda de flujo central (32). Este patrón (P) permite una baja caída de presión.

[0050] La placa de sujeción (22) está formada por tiras espaciadas que se entrecruzan mutuamente. Esto permite obtener una placa de sujeción (22) de alta resistencia. Es posible utilizar tiras metálicas de elevadas características mecánicas, como la aleación de Nibased, el acero inoxidable martensítico o de endurecimiento por precipitación, permitiendo así emplear tiras finas y reducir aún más la caída de presión. Para disminuir incluso la pérdida de presión de la placa de sujeción (22), se pueden biselar o redondear los bordes inferiores (46) o superiores (44) de las tiras (24 y 26), por ejemplo, mecánicamente o mediante haz de electrones o láser.

[0051] La placa de sujeción (22) permite además guiar eficazmente los tapones de las barras de combustible entre cuatro paredes laterales con operaciones de fabricación y controles geométricos más fáciles en lo que respecta a proporcionar celdas guía y celdas de flujo perforando orificios y canales de flujo en una placa de grandes dimensiones. Además, debido a las áreas de sección transversal reducida de las celdas de flujo (30 y 32) en comparación con los canales de flujo perforados en una placa de grandes dimensiones, la placa de sujeción (22) permite mitigar la entrada de residuos y material del exterior en el elemento combustible (2) a través del soporte superior (20), especialmente en condiciones de no funcionamiento como el transporte, el almacenamiento y la manipulación o en caso de apagado del reactor cuando el refrigerante deje de fluir hacia arriba. Evita específicamente que caigan residuos grandes (de más de varios mm) en el elemento combustible (2).

[0052] En la forma de realización de las figuras 2 a 4, los segmentos de celdas guía (52) son planos. Cada celda guía (28) está por lo tanto delimitada por cuatro paredes laterales planas.

[0053] Preferiblemente, cada celda guía (28) tiene unas dimensiones transversales que permiten albergar un tapón de barra de combustible (14) con una holgura transversal. Alternativamente, cada celda guía (28) tiene unas dimensiones transversales que permiten un contacto lineal de al menos dos paredes laterales opuestas con el tapón de la barra de combustible (14).

[0054] De manera ventajosa, cada tira (24 y 26) es plana para limitar la resistencia de flujo. De este modo, se pueden fabricar las tiras (24 y 26) económicamente, por ejemplo cortando una lámina de metal, para obtener una placa de sujeción (22) que presenta una baja caída de presión y una elevada resistencia.

[0055] En la forma de realización de la Figura 5, que representa una vista superior parcial de una placa de sujeción (22), cada segmento de celda guía (52) está curvado hacia fuera con respecto a la celda guía (28) delimitada por el segmento de celda guía (52) de tal manera que cada celda guía (28) presenta una sección transversal sustancialmente circular que se adapta estrechamente a la superficie exterior del tapón superior de una barra de combustible (14) que se extiende a través de la celda guía (28). Respecto a la forma de realización de las figuras 2 a 4, el área de la sección transversal de las celdas de flujo centrales (32) aumenta en función de las áreas de sección transversal de las celdas de flujo intermedias (30) y de las celdas guía (28).

[0056] En la forma de realización de la Figura 6, que representa una vista superior parcial de una placa de sujeción (22), cada segmento de celda guía (52) está curvado hacia dentro con respecto a la celda guía (28) delimitada por el segmento de celda guía (52) de tal manera que esté en contacto lineal con el tapón superior de una barra de combustible (14) que se extiende a través de la celda guía (28). Las secciones transversales de las celdas de flujo centrales (32) se reducen, mejorando la retención de residuos y material del exterior en la placa de sujeción (22).

[0057] En la forma realización de las figuras 7 y 8, que representan una vista superior parcial de una placa de sujeción (22) y las vistas frontales de las tiras (24 y 26) de la placa de sujeción (22), los segmentos de las celdas guía (52) de las tiras (24 y 26) están formados por protuberancias (56) que sobresalen hacia el interior con respecto a las celdas guía (28). Cada protuberancia (56) se forma (p. ej., por prensado) en el correspondiente segmento de celda guía (52). Cada protuberancia (56) se forma para definir el área de contacto del segmento de celda guía (52) con el tapón del extremo superior de una barra de combustible (14) que se extiende a través de la correspondiente celda guía (28). Cada protuberancia (56) se forma en el correspondiente segmento de celda guía (52) entre el borde inferior (46) y el borde superior (44) de la tira (24 y 26). Las protuberancias (56) permiten un mayor apoyo transversal de los tapones de los extremos superiores (14) de las barras de combustible (4).

[0058] En la forma de realización de la Figura 9, que presenta unas vistas frontales de las tiras (24 y 26) de una placa de sujeción (22), las tiras (24 y 26) están formadas por resortes elásticamente deformables (58) que se extienden desde los bordes de las tiras (24 y 26), aquí bordes superiores (44), coincidiendo con los segmentos de celdas guía (52). Cada resorte (58) es una extensión de un segmento de celda guía (52) que entra en contacto con un tapón de extremo de la barra combustible que se extiende a través de una celda guía (28) delimitada por el segmento de celda guía (52) y posicionando transversalmente la correspondiente barra de combustible (4). Cada resorte (58) comprende una lengüeta flexible elásticamente (60), que se extiende desde un segmento de celda guía (52), y un saliente de contacto rígido (62) formado en la lengüeta (60) para hacer contacto con el tapón del extremo de la barra de combustible que se extiende a través de la correspondiente celda guía (28) delimitada por el segmento de celda guía (52). Esta forma de realización se puede utilizar por ejemplo para conectar los tapones de los extremos superiores (14) de las barras de combustible (4) a la placa de sujeción (22).

[0059] Las formas de realización que permiten un contacto lineal o un área de contacto de cada pared lateral de una celda guía (28) con el tapón del extremo de la barra de combustible (14) mejoran la conducción del tapón del extremo de la barra de combustible (14) y evitan el rozamiento entre los tapones (14) y la placa de sujeción (22).

[0060] Si el elemento combustible (2) consta de barras de combustible de diferentes longitudes, las barras de combustible de longitud parcial están sujetas generalmente en su extremo inferior por la placa de sujeción inferior, mientras que su extremo superior se mantiene en su sitio gracias a las correspondientes rejillas separadoras (16). Las celdas guía (28) situadas por encima de las barras de combustible de longitud parcial tienen la misma geometría que las demás celdas guía (28) de la placa de sujeción (22) pero actúan como celdas de flujo.

[0061] La invención se aplica en especial a placas de sujeción superior, específicamente para placas de sujeción de elementos de combustible nuclear de BWR. De forma más general, se aplica a soportes, tanto soportes inferiores como soportes superiores.

REIVINDICACIONES

1. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) formada por tiras que se cruzan (24, 26) delimitando entre ellas unas celdas guía tubulares (28), cada una de las cuales permite que una barra de combustible (4) se extienda a través de la placa de sujeción (22), donde las tiras (24, 26) delimitan entre ellas unas celdas de flujo tubulares (30, 32) separadas de las celdas guía (28), permitiendo cada celda de flujo (30, 32) que el refrigerante fluya a través de la placa de sujeción (22) y donde las celdas guía (28) y las celdas de flujo (30, 32) están situadas en las intersecciones de un entramado definido por un patrón de repetición (P) que comprende cuatro intersecciones de esquina en una disposición de entramado cuadrado y una intersección en el centro de las cuatro intersecciones de esquina, con una celda guía (28) en cada intersección de esquina, estando las celdas guía de las cuatro intersecciones de esquina separadas por un par de tiras paralelas espaciadas (24) que se cruzan con otro par de tiras paralelas espaciadas (26), delimitando ambos pares de tiras paralelas espaciadas una celda de flujo central de cuatro paredes (32) en la intersección central.
- 15 2. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) según la reivindicación 1, donde la celda de flujo central (32) tiene un área de sección transversal superior a la de cada celda guía (28)
3. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) según la reivindicación 1 o 2, donde cada celda guía (28) tiene una sección transversal de forma cuadrada.
- 20 4. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) según cualquiera de las anteriores reivindicaciones, donde cada celda de flujo central (32) tiene una sección transversal de forma cuadrada.
5. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) según cualquiera de las anteriores reivindicaciones, donde el patrón de repetición (P) es una matriz de intersecciones 3x3 en una disposición de entramado cuadrado o rectangular con las cuatro celdas guía (28) en las intersecciones de esquina, la celda de flujo central (32) en la intersección central y cuatro celdas de flujo intermedias (30) en las cuatro intersecciones laterales intermedias entre las intersecciones de esquina.
- 25 6. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) según la reivindicación 5, donde cada celda de flujo intermedia (30) tiene un área de sección transversal superior a la de las celdas guía (28).
7. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) según la reivindicación 5 o 6, donde cada celda de flujo intermedia (30) tiene una sección transversal de forma rectangular.
- 30 8. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde las celdas guía (28) y las celdas de flujo (30, 32) situadas en las intersecciones del patrón de repetición P están delimitadas entre un grupo de cuatro tiras paralelas (24) que se cruzan con un grupo de cuatro tiras paralelas (26), donde, en cada grupo, el espaciado (E2) entre los pares de tiras que delimitan la celda de flujo central (32) entre ellas es superior al espaciado (E1) entre el par de tiras que delimitan las celdas guía (28) entre ellas.
- 40 9. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende tiras (24, 26) que tienen partes de celdas guía planas (52) que delimitan paredes laterales de celdas guía.
- 45 10. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende tiras (24, 26) que tienen partes de celdas guía (52) que delimitan paredes laterales de celdas guía curvadas hacia el interior respecto a la celda guía (28).
- 50 11. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende tiras (24, 26) que tienen partes de celdas guía (52) que delimitan paredes laterales de celdas guía curvadas hacia el exterior respecto a la celda guía (28).
12. Placa de sujeción de elemento combustible nuclear (22) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende tiras (24, 26) que tienen partes de celdas guía (52) que delimitan paredes laterales de celdas guía provistas de protuberancias (56) que sobresalen de la parte de la celda guía (52) hacia el interior de la correspondiente celda guía (28).
- 55 13. Soporte superior de combustible nuclear (20) que comprende una placa de sujeción (22) según

cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

14. Elemento combustible nuclear (2) que comprende una placa de sujeción (22) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

5

15. Elemento combustible nuclear (2) que comprende un soporte superior (20) según la reivindicación 13 y un conjunto de barras de combustible (4) donde al menos una celda guía (28) alberga una barra de combustible (4) con una holgura transversal entre la barra de combustible (4) y las paredes laterales de la celda guía.

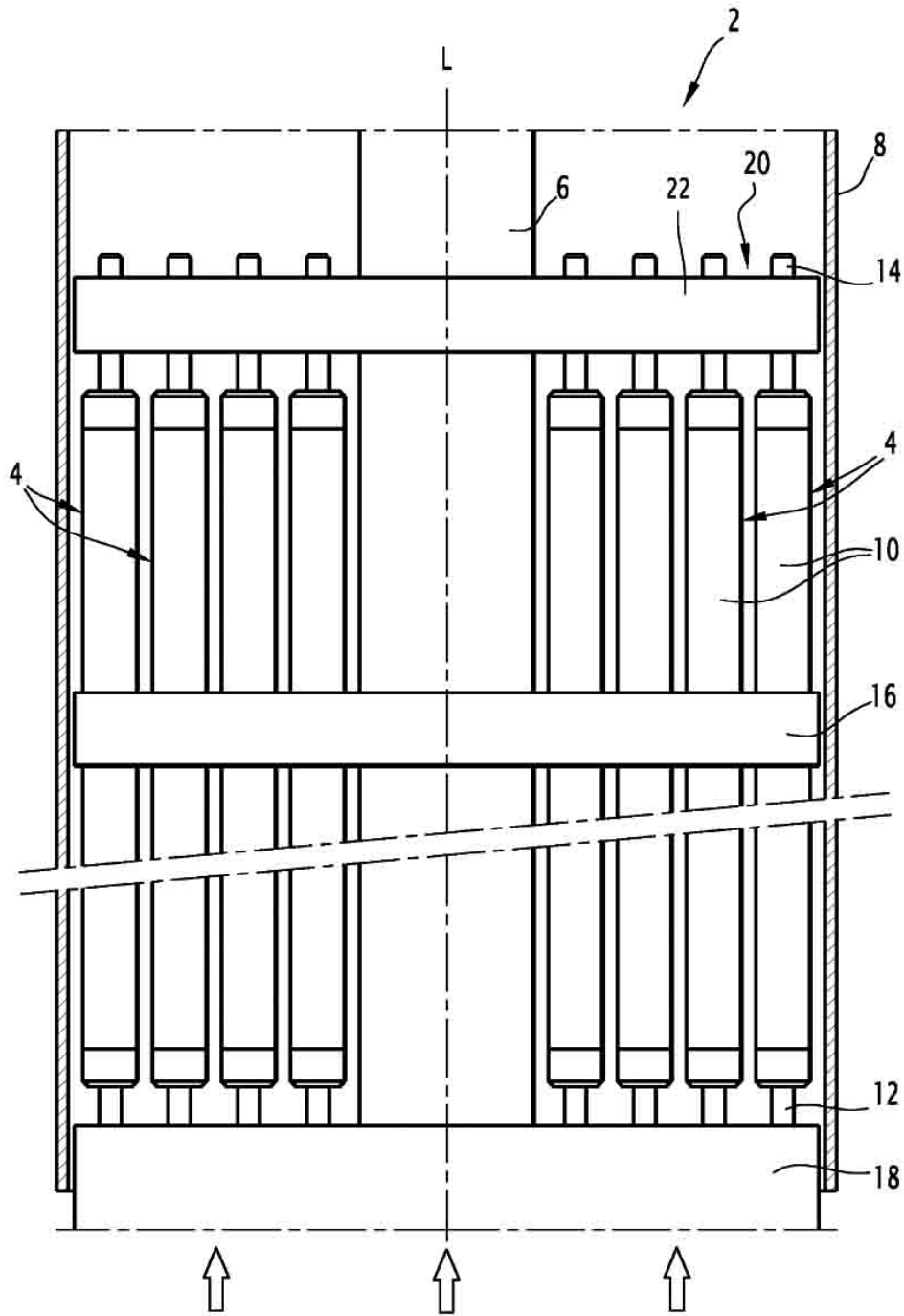


FIG.1

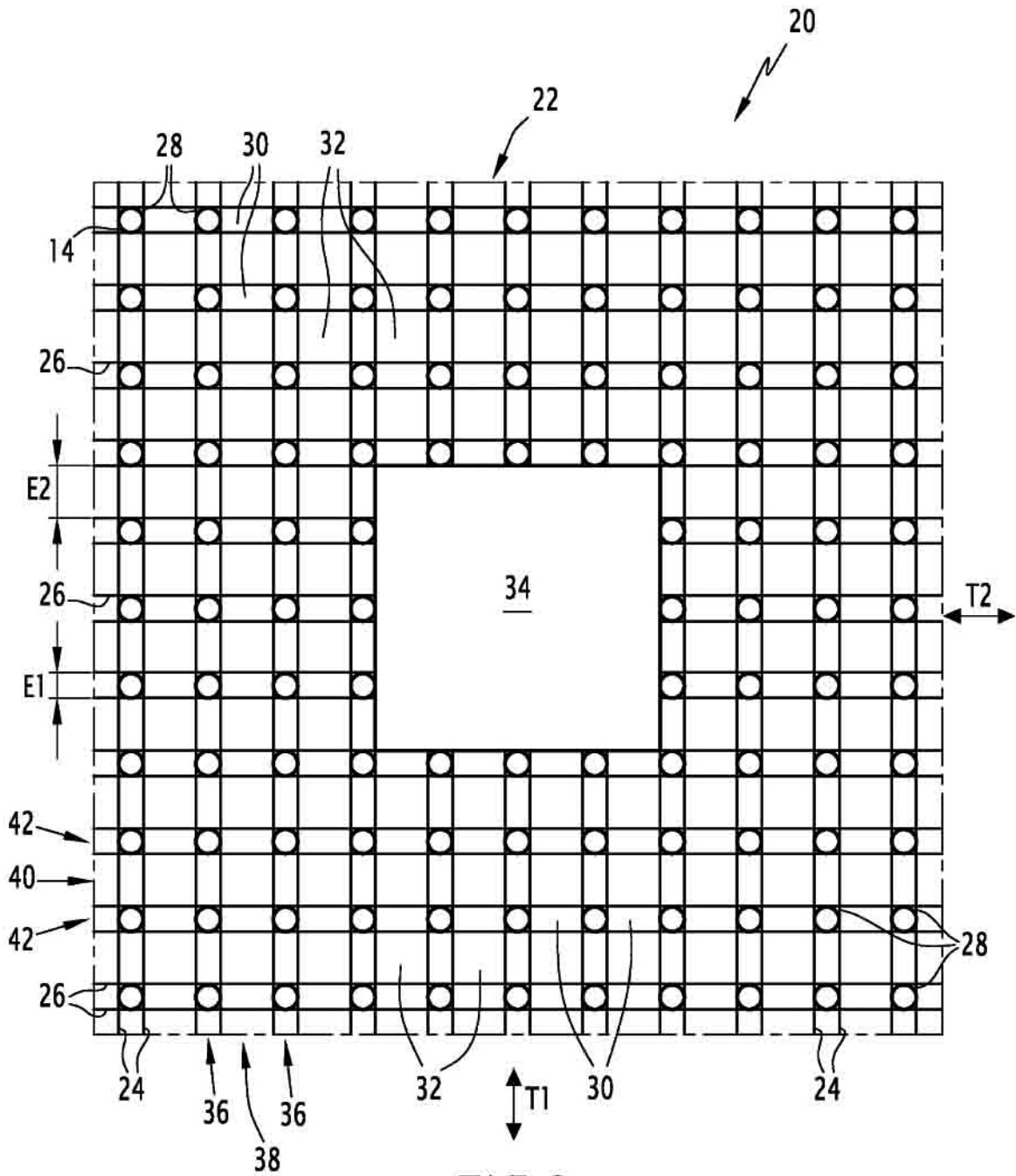


FIG. 2

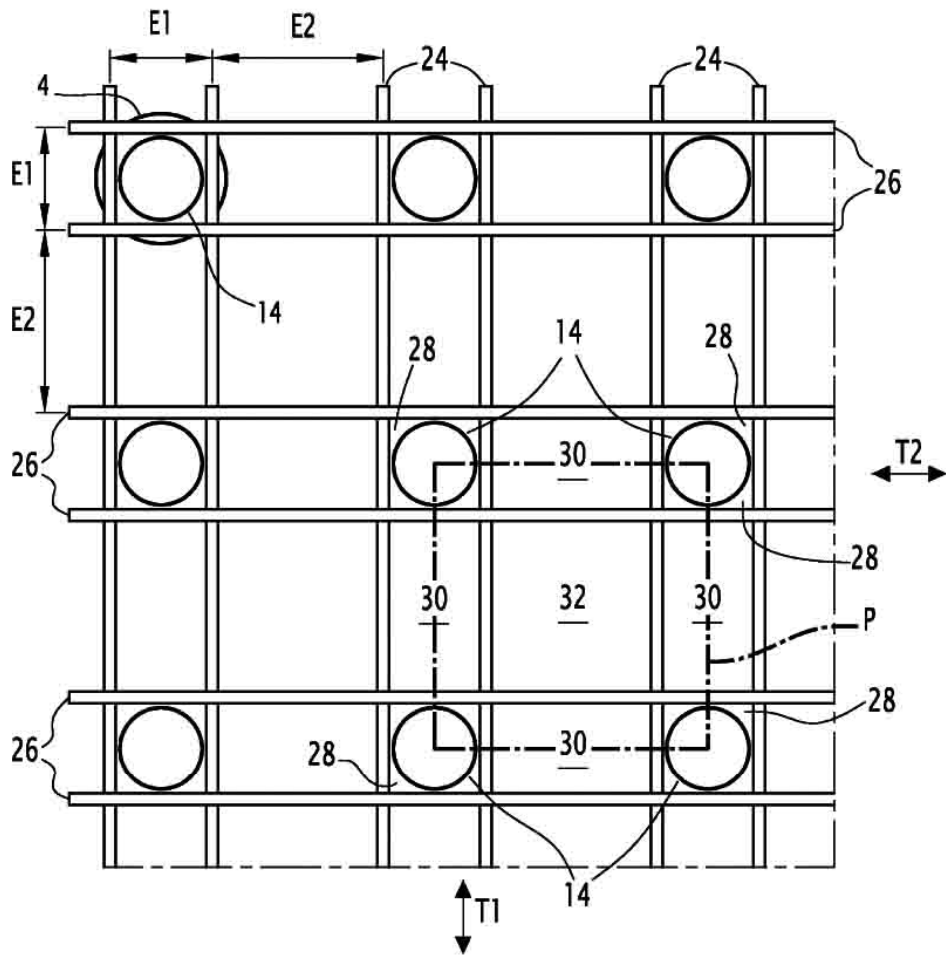


FIG. 3

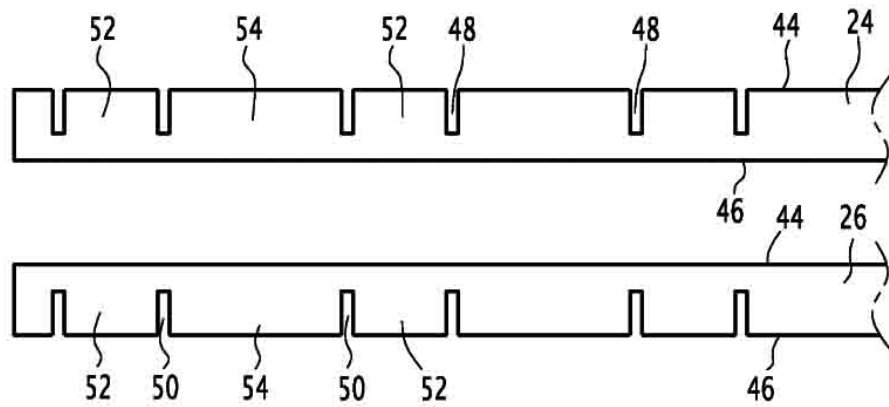
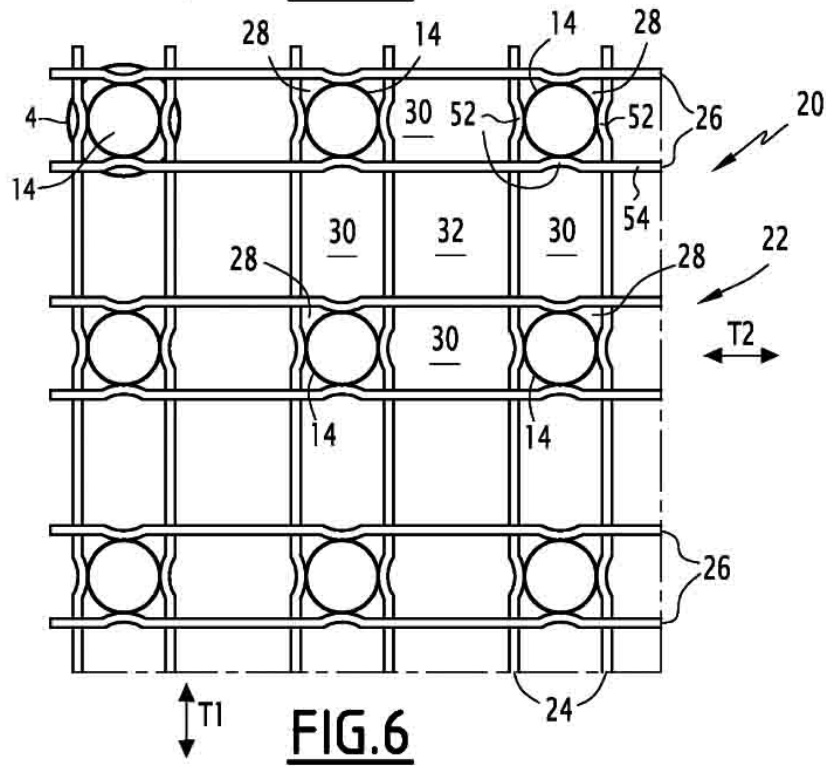
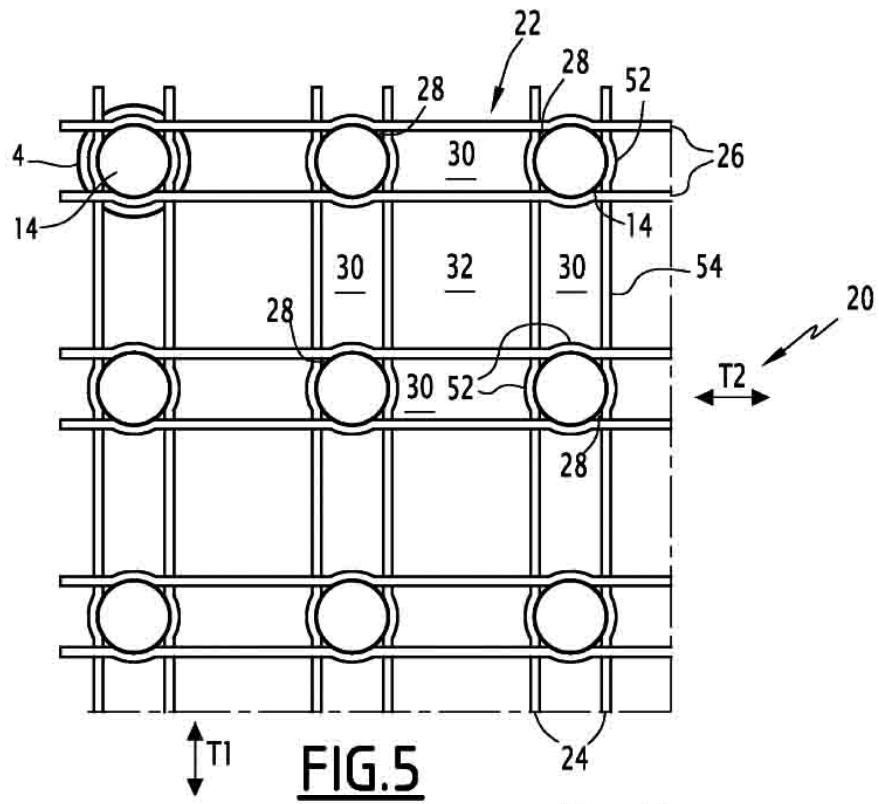
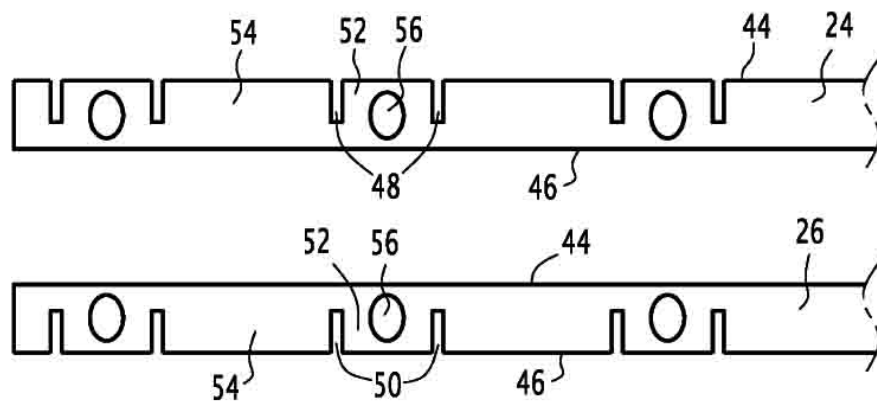
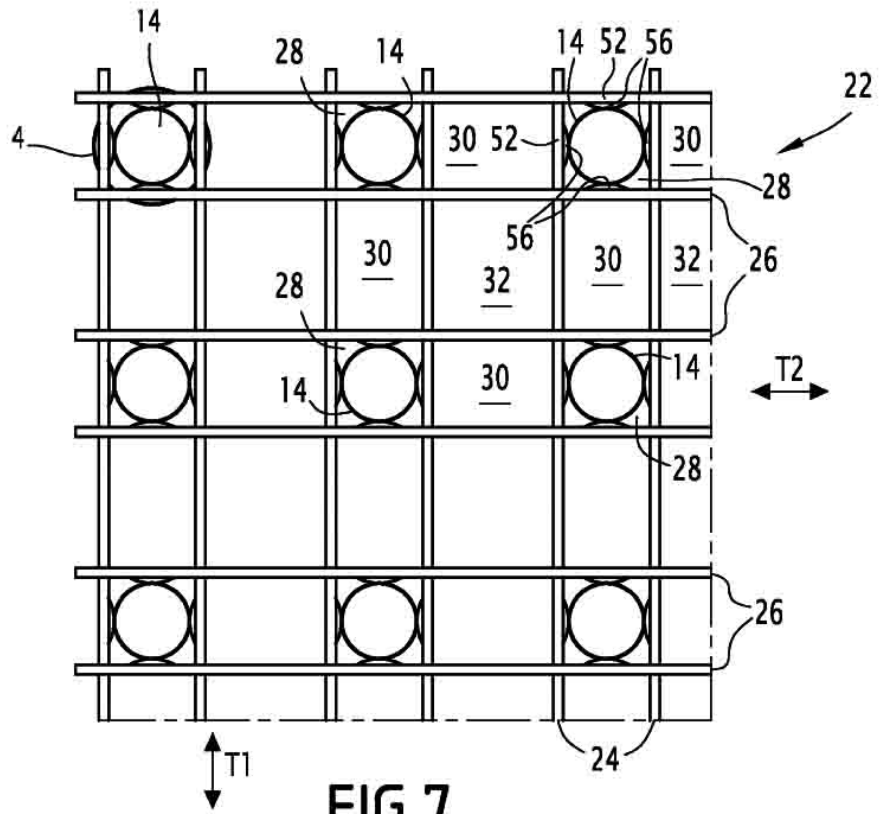


FIG. 4





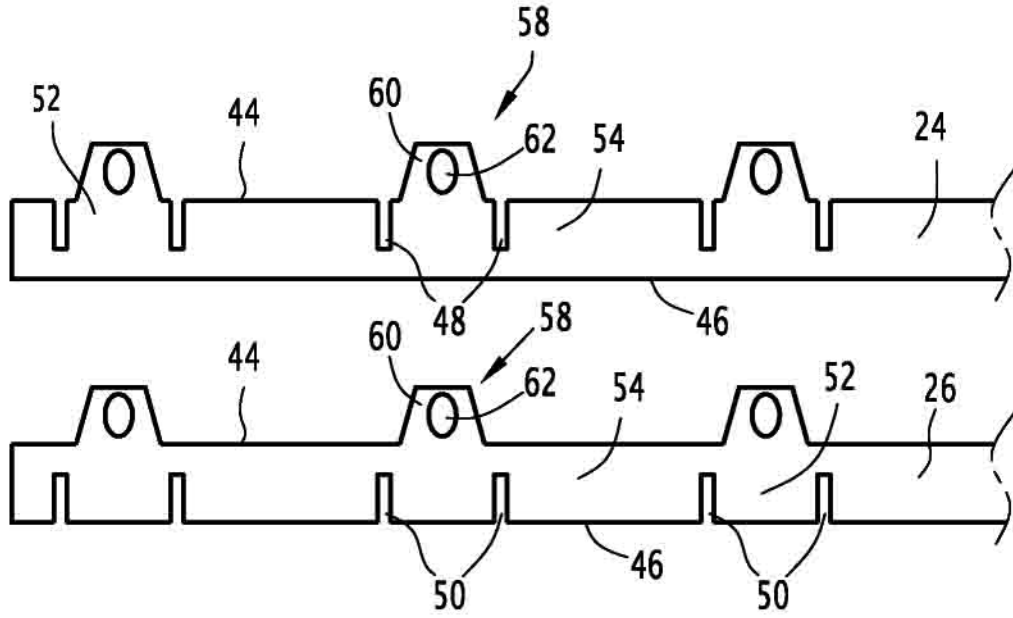


FIG. 9