



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 336 338**

51 Int. Cl.:
G21C 3/32 (2006.01)
G21C 3/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05704690 .6**
96 Fecha de presentación : **10.01.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1706874**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.10.2006**

54 Título: **Separador y unidad de combustible para una central nuclear.**

30 Prioridad: **15.01.2004 SE 2004100067**
26.01.2004 SE 2004100142

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.04.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.04.2010

73 Titular/es: **Westinghouse Electric Sweden AB.**
721 83 Västerås, SE

72 Inventor/es: **Helmersson, Sture;**
Larsson, Leif;
Nylund, Olov y
Söderberg, Håkan

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 336 338 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

Separador y unidad de combustible para una central nuclear.

5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención se refiere, generalmente, a un separador para sostener un número de barras de combustible en una central nuclear de tipo de agua ligera; especialmente, un reactor de agua en ebullición, BWR, o un reactor de agua a presión, PWR.

10 Más específicamente, la presente invención se refiere a un separador para sostener un número de barras de combustible alargadas destinadas a ubicarse en una central nuclear, en la que el separador incluye un número de celdas, cada una de las cuales presenta un eje longitudinal y está dispuesta para recibir una barra de combustible de tal forma que la barra de combustible se extiende paralelamente al eje longitudinal, estando formada cada celda por un elemento de tipo manguito, provisto de un borde superior y un borde inferior, incluyendo el elemento de tipo manguito un número de superficies de tope alargadas, que sobresalen hacia dentro hacia el eje longitudinal y se extienden sustancialmente en paralelo con el eje longitudinal para hacer tope con la barra de combustible que va a ser recibida en la celda, y el borde inferior, visto transversalmente al eje longitudinal, presenta una forma de tipo onda con crestas de onda, que están alineadas con una superficie respectiva de dichas superficies de tope, y valles de onda, ubicados entre dos superficies adyacentes de dichas superficies de tope.

La invención se refiere también a una unidad de combustible para una central nuclear que incluye un número de barras de combustible alargadas y un número de separadores para sostener las barras de combustible, en el que los separadores incluyen un número de celdas, cada una de las cuales presenta un eje longitudinal y está dispuesta para recibir una de dichas barras de combustible de tal forma que la barra de combustible se extiende paralelamente al eje longitudinal, estando formada cada celda por un elemento de tipo manguito, provisto de un borde superior y un borde inferior, incluyendo el elemento de tipo manguito un número de superficies de tope alargadas, que sobresalen hacia dentro hacia el eje longitudinal y se extienden sustancialmente en paralelo con el eje longitudinal para hacer tope con la barra de combustible que va a ser recibida en la celda, y el borde inferior, visto transversalmente al eje longitudinal, presenta una forma de tipo onda con crestas de onda, que están alineadas con una superficie respectiva de dichas superficies de tope, y valles de onda ubicados entre dos superficies adyacentes de dichas superficies de tope.

En un reactor de una central nuclear del tipo definido anteriormente, un número elevado de unidades de combustible alargadas están dispuestas en el núcleo del reactor. Cada unidad de combustible incluye un número de barras de combustible alargadas. Cada barra de combustible incluye una vaina alargada y un número de pastillas de combustible provistas en una pila en la vaina. Las barras de combustible de la unidad de combustible se mantienen por medio de un número de separadores; por ejemplo, de 6 a 10 separadores, distribuidos a lo largo de la longitud de la unidad de combustible. Cada separador define celdas para recibir las barras de combustible. Así, los separadores sostienen las barras de combustible en una posición correcta en la unidad de combustible y tienen la función de garantizar que se mantenga una distancia mutua constante entre las barras de combustible durante el funcionamiento del reactor.

En un reactor de agua en ebullición, las barras de combustible se alojan normalmente en carcasas, denominadas cajas. Cada caja incluye un número relativamente elevado de barras de combustible y forma junto con estas barras de combustible el denominado conjunto de combustible, que puede extraerse del núcleo del reactor e insertarse en este. Cada conjunto de combustible puede incluir uno o varios elementos combustibles. En el documento JP7225291, se da a conocer un conjunto de combustible provisto de una de dichas unidades de combustible. En el documento US-A-5.875.223, se da a conocer un conjunto de combustible provisto de cuatro de dichas unidades de combustible.

El núcleo está sumergido en un refrigerante, normalmente, agua que funciona al mismo tiempo como refrigerante y como moderador. Las unidades de combustible y las barras de combustible están provistos en el reactor sustancialmente en sentido vertical. Normalmente, el refrigerante fluye de abajo arriba. Es importante mantener una refrigeración adecuada de las barras de combustible en el reactor. En un reactor de agua en ebullición es especialmente crucial obtener una refrigeración adecuada en la parte superior de las barras de combustible donde una parte significativa del refrigerante (agua) se ha convertido en vapor. En la parte superior del conjunto de combustible, el refrigerante se presenta en un estado de dos fases; el estado líquido fluye parcialmente como una película sobre las diferentes partes del conjunto de combustible -entre las superficies de las barras de combustible, los separadores y el lado interior de la carcasa- y parcialmente como gotas en el flujo de vapor. Si no se mantiene la película de refrigerante en las superficies de las barras de combustible, se forma una capa de vapor aislante en la barra de combustible que conduce a un rápido aumento de la temperatura, denominado secado, que puede comportar daños en las vainas.

El diseño de los separadores influye en el flujo del refrigerante y, en consecuencia, en la refrigeración de las barras de combustible. Se conocen separadores provistos de elementos de desviación destinados a desviar el refrigerante hacia las barras de combustible. Dichos elementos de desviación presentan la desventaja de que si se utilizan en gran medida, se produce un aumento sustancial en el coeficiente de caída de presión del separador. El porcentaje de vapor es más elevado en la parte superior del conjunto de combustible. Debido al alto porcentaje de vapor en la parte superior del conjunto de combustible, la caída de presión es, frecuentemente, superior en esta parte que en la parte inferior del conjunto de combustible. Cuanto mayor es la diferencia entre la caída de presión de las partes superior e inferior del conjunto de combustible, mayor es el riesgo de que el núcleo pase a ser inestable. Para conferir al conjunto

ES 2 336 338 T3

de combustible las propiedades de estabilidad adecuadas, se intenta conseguir una caída de presión baja en la parte superior del conjunto de combustible.

Existen separadores de diferentes tipos; por ejemplo, los separadores formados por láminas cruzadas, separadores en los que las celdas están formadas por elementos abiertos provistos de puntos de soporte y elementos de resorte y separadores formados por elementos de tipo manguito soldados entre sí. Los separadores que se utilizan hoy en día están fabricados normalmente de aleaciones basadas en zirconio (Zircaloy), aleaciones basadas en níquel (Inconel), combinaciones de estas aleaciones o acero inoxidable. La presente invención se refiere a un separador formado por elementos de tipo manguito.

En el documento US-A-5.875.223, se da a conocer un separador del tipo definido inicialmente. El separador conocido incluye manguitos soldados que forman las celdas mencionadas anteriormente. Cada uno de los manguitos presenta un borde inferior y un borde superior. El borde superior es paralelo a un plano mientras que el borde inferior presenta una forma de onda con crestas de onda y valles de onda. El propósito de este diseño del borde inferior es impedir que posibles partículas de residuos presentes en el refrigerante queden atrapadas en el separador y así reducir el desgaste de las barras de combustible.

El documento JP-6-148370 da a conocer un separador de manguito para un reactor de agua en ebullición. Cada manguito está provisto de salientes dirigidos hacia el interior para hacer tope con la barra de combustible que se extiende a través del manguito. Los salientes se extienden solo por una pequeña parte de la longitud del manguito. Cada manguito, además, según un ejemplo, está provisto en el extremo inferior de un bisel. Según otro ejemplo, cada manguito presenta una forma de onda en el extremo inferior del manguito.

El documento JP-7-225291 da a conocer otro separador de manguito para un reactor de agua en ebullición. Los manguitos cilíndricos circulares están provistos aquí de un extremo superior aguas abajo que está provisto de salientes triangulares o rectangulares que se extienden hacia arriba. El extremo inferior del manguito tiene una apariencia recta. Cada manguito puede incluir además proyecciones dirigidas hacia dentro, que se extienden por solo una parte de la longitud del manguito para hacer tope con la barra de combustible que se extiende a través del manguito.

La patente US nº 5.331.679 da a conocer otra variante de un separador de manguito provisto de manguitos sustancialmente cilíndricos circulares. El separador se mantiene unido mediante una banda que se extiende alrededor de la periferia exterior del separador. Cada manguito está provisto de salientes dirigidos hacia el interior relativamente cortos, que junto con el elemento de muelle forman unos puntos de tope con la barra de combustible que se extiende a través del manguito. Tanto el borde inferior como el superior pueden, según una forma de realización, presentar una forma de onda con crestas de onda y valles de onda. Las crestas de onda del borde superior parecen estar alineadas con un valle de onda respectivo del borde inferior.

En el diseño de un separador deben tenerse en cuenta varios requisitos, los cuales son por los menos parcialmente contradictorios.

- 1) El separador debe ser mecánicamente suficiente resistente para reducir la flexión y vibración de las barras de combustible y resistir fuerzas térmicas e hidráulicas potentes también en eventos de dimensionamiento, como accidentes en la central y terremotos.
- 2) El separador debe ser capaz de resistir cambios en las dimensiones axial y radial de las barras de combustible.
- 3) El separador debe proveer a las barras de combustible de suficiente superficie de tope para minimizar el desgaste local y el riesgo de defectos de las barras de combustible.
- 4) El separador debe estar provisto de una cantidad mínima de material a fin de minimizar la absorción de neutrones.
- 5) El separador estará diseñado para conferir una resistencia mínima al flujo y, por consiguiente, una caída de presión pequeña.
- 6) El separador estará diseñado de tal forma que no queden atrapados en su interior posibles partículas de residuos procedentes del refrigerante, de modo que estas partículas de residuos puedan someter a las barras de combustible a un desgaste.
- 7) El separador estará diseñado de tal forma que proporcione una refrigeración adecuada de las barras de combustible mediante una mezcla adecuada del refrigerante.
- 8) El separador estará fabricado de forma relativamente sencilla y económica.

ES 2 336 338 T3

Sumario de la invención

5 El objetivo de la presente invención es proporcionar un separador que cuente con fuerza mecánica para reducir la flexión y la vibración de las barras de combustible y para resistir fuerzas térmicas e hidráulicas potentes, y que soporte cambios en las dimensiones axial y radial de las barras de combustible.

Otro objetivo es proporcionar un separador provisto de una superficie de tope grande con las barras de combustible para minimizar el desgaste local y el riesgo de defectos de las barras de combustible.

10 Otro objetivo es proporcionar un separador que requiera una cantidad pequeña de material a fin de minimizar la absorción de neutrones.

Otro objetivo es proporcionar un separador que confiera una baja resistencia al flujo.

15 Otro objetivo es proporcionar un separador que garantice una refrigeración adecuada de las barras de combustible.

20 El objetivo se alcanza con el separador definido inicialmente, que se caracteriza porque el borde superior, visto transversalmente al eje longitudinal, presenta una forma de tipo onda con crestas de onda, que están alineadas con una superficie respectiva de dichas superficies de tope, y valles de onda ubicados entre dos superficies adyacentes de dichas superficies de tope.

25 En dicho separador, los elementos de tipo manguito están provistos de superficies de tope, que presentan una extensión axial larga que garantiza una línea de tope larga con la barra de combustible que se extiende a través del elemento de tipo manguito. La línea de tope es especialmente larga en relación con la longitud y el peso del elemento de tipo manguito. Con este contacto largo se consigue poco desgaste de la vaina de la barra de combustible.

30 Es más, cada elemento de tipo manguito presenta, en cada lado de cada superficie de tope -es decir, en los valles de onda- una extensión significativamente más corta que en las superficies de tope y las crestas de onda, en las que las superficies de tope se extiende convenientemente desde el borde superior al borde inferior de sustancialmente cada elemento de tipo manguito. Además, mediante dicho diseño se consigue una flexibilidad del elemento de tipo manguito de tal forma que este último en las superficies de tope puede moverse radialmente hacia el interior y hacia el exterior y al mismo tiempo se permite el giro de las superficies de tope alrededor de un punto central en un plano radial. El elemento de tipo manguito permite así una inclinación determinada de la barra de combustible. En consecuencia, se consigue un contacto uniforme con una barra de combustible a lo largo de toda la longitud de la superficie de tope también en una flexión hacia fuera de la barra de combustible o en otros cambios de las dimensiones axial o radial de la barra de combustible. La forma de tipo onda en el borde inferior reduce también el riesgo de obturación de posibles partículas de residuos en el separador y el desgaste de la barra de combustible.

40 Según una forma de realización de la invención, cada elemento de tipo manguito incluye por los menos cuatro de dichas superficies de tope.

Según otra forma de realización de la presente invención cada una de dichas superficies de tope está formada por una arista que sobresale hacia dentro hacia el eje longitudinal.

45 Según otra forma de realización de la invención, los elementos de tipo manguito hacen tope entre sí en el separador a lo largo de una zona de conexión que se extiende en paralelo al eje longitudinal entre uno de dichos valles de onda del borde superior y uno de dichos valles de onda del borde inferior. Convenientemente, los elementos de tipo manguito también pueden estar conectados permanentemente entre sí por medio de soldaduras, pudiendo incluir dichas soldaduras una soldadura por los cantos en dicha zona de conexión en, por los menos, uno de los bordes superior e inferior.

50 Según otra forma de realización de la invención, sustancialmente cada elemento de tipo manguito está fabricado de un material en forma de lámina, que se dobla para adoptar la forma de tipo manguito. Dicho material con forma de lámina, por ejemplo con forma de banda, puede manipularse fácilmente y dársele la forma deseada a lo largo del borde superior y de borde inferior. Tras tal modelación, el material con forma de lámina puede doblarse hasta obtener la forma de tipo manguito. Convenientemente, el material con forma de lámina puede presentar, antes de dicho doblado, una primera parte de conexión en la proximidad de un primer extremo del material con forma de lámina y una segunda parte de conexión en la proximidad de un segundo extremo del material con forma de lámina, de modo que el primer extremo se superpone al segundo extremo del elemento de tipo manguito tras dicho doblado. La primera parte de conexión y la segunda parte de conexión están preferentemente unidas de forma permanente entre sí mediante una de las soldaduras, por ejemplo por los menos una soldadura por puntos.

55 Según otra forma de realización de la invención, sustancialmente cada elemento de tipo manguito está fabricado de un material tubular, que se manipula para obtener la forma de tipo onda del borde superior y del borde inferior. Según esta forma de realización, se empieza a partir de una forma más convencional de un material tubular, que se corta a la longitud deseada, de modo que el borde superior y el borde inferior se manipulan para obtener una forma adecuada.

Según otra forma de realización de la invención, el elemento de tipo manguito, visto en la dirección del eje longitudinal, presenta cuatro lados largos sustancialmente ortogonales, de modo que cada lado largo incluye una de dichas superficies de tope. Dichos lados largos proporcionan una elasticidad adecuada al elemento de tipo manguito y especialmente de las superficies de tope que hacen tope con la barra de combustible. Cada lado largo puede incluir una de dichas crestas de onda del borde superior y una de dichas crestas de onda del borde inferior. Además, el elemento de tipo manguito, visto desde la dirección del eje longitudinal, presenta convenientemente cuatro lados cortos sustancialmente ortogonales, de forma que cada lado corto conecta dos de dichos lados largos e incluye una parte de uno de dichos valles de onda del borde superior y una parte de uno de dichos valles de onda del borde inferior. Dicha parte de borde puede ser sustancialmente recta y perpendicular al eje longitudinal y adecuada para ser soldada a una parte correspondiente de un elemento de tipo manguito adyacente.

Según otra forma de realización de la invención, el elemento de tipo manguito presenta un espesor de material que es inferior a 0,24 mm, preferentemente inferior o igual a 0,20 mm, y más preferentemente inferior o igual a 0,18 mm. Con tal espesor fino de material, se obtienen dos ventajas sustanciales; principalmente, una pequeña cantidad de material del separador, que confiere una baja absorción de neutrones, y una resistencia baja del flujo a través del separador, lo que contribuye a una baja caída de presión en el reactor. Un espesor fino del material contribuye además a conseguir la flexibilidad mencionada anteriormente del elemento de tipo manguito y a que el elemento de tipo manguito sea menos rígido, lo que facilita la introducción de las barras de combustible durante el montaje de la unidad de combustible.

La central nuclear está dispuesta de modo que permite la recirculación de un flujo refrigerante y el separador está dispuesto para ubicarse en este flujo refrigerante, de forma que el separador según otra forma de realización de la invención puede incluir por los menos una aleta para influir en el flujo refrigerante. Dicha influencia puede incluir guiar un flujo refrigerante en una dirección hacia por los menos una barra de combustible adyacente y/o crear una turbulencia en el flujo refrigerante. De tal modo, se garantiza una refrigeración adecuada y se impide la sequedad. Convenientemente, dicha aleta está formada por una parte de material, que se extiende desde la primera parte de conexión.

Dicha aleta puede proporcionarse fácilmente en el momento de la fabricación del elemento de tipo manguito y el modelado del material con forma de lámina que se dobla hasta formar el elemento de tipo manguito. En conexión con esta operación de doblado, la aleta también puede doblarse hasta adoptar un ángulo adecuado. El elemento de tipo manguito, no obstante, puede incluir también una ranura que se extiende desde por los menos uno de los bordes superior e inferior y que permite el doblado hacia fuera de una parte del elemento de tipo manguito para formar dicha aleta. Convenientemente, dicha aleta está inclinada en relación con el eje longitudinal. Además, dicha aleta puede extenderse convenientemente hacia fuera desde uno de dichos lados largos.

Según otra forma de realización de la invención, el separador, visto en la dirección del eje longitudinal, presenta una forma sustancialmente rectangular e incluye por los menos dos elementos de borde externo separados, que se extienden a lo largo de un lado respectivo del espaciador. Dichos elementos de borde contribuyen a aumentar la resistencia del separador y a mantener juntos los elementos de tipo manguito. Los elementos de borde también pueden convenientemente proporcionar superficies dispuestas para facilitar la introducción de la unidad de combustible en la carcasa mencionada inicialmente y formar un amortiguamiento hidráulico en la pared interior de la carcasa durante el funcionamiento de la planta.

Según otra forma de realización de la invención, una de dichas cuatro esquinas está reducida por la falta de un elemento de tipo manguito externo, de forma que el separador incluye un elemento de borde interior separado que se extiende a lo largo de dos de dichos lados y a lo largo de dicha esquina reducida. El elemento de borde interno puede incluir una aleta, que se encuentra en dicha esquina reducida y que está inclinada hacia arriba y hacia dentro hacia un centro del separador.

El objetivo se alcanza también por la unidad de combustible definido inicialmente, que se caracteriza porque el borde superior, visto transversalmente al eje longitudinal, presenta una forma de tipo onda con crestas de onda, que están alineadas con una superficie respectiva de dichas superficies de tope, y valles de onda, ubicados entre dos superficies adyacentes de dichas superficies de tope.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se explicará a continuación con mayor detalle mediante las distintas formas de realización y haciendo referencia a los dibujos adjuntos a la presente memoria.

La figura 1 muestra esquemáticamente una central nuclear.

La figura 2 muestra esquemáticamente un conjunto de combustible, para un reactor de agua en ebullición, con cuatro unidades de combustible.

La figura 3 muestra esquemáticamente un conjunto de combustible, para un reactor de agua a presión, con una unidad de combustible.

ES 2 336 338 T3

La figura 4 muestra una vista lateral de un separador para una unidad de combustible.

La figura 5 muestra una vista desde la parte superior del separador de la figura 4.

5 La figura 6 muestra una vista lateral de un elemento de tipo manguito del separador de la figura 4.

La figura 7 muestra una vista desde la parte superior del elemento de tipo manguito de la figura 6.

10 La figura 8 muestra una vista lateral de un material con forma de lámina para formar el elemento de tipo manguito de la figura 6.

La figura 9 muestra una vista desde la parte superior del material con forma de lámina de la figura 8.

15 La figura 10 muestra una vista lateral de un elemento de borde externo del separador de la figura 4.

La figura 11 muestra una vista desde la parte superior del elemento de borde externo de la figura 10.

La figura 12 muestra una vista lateral de un elemento de borde interno del separador de la figura 4.

20 La figura 13 muestra una vista desde la parte superior del elemento de borde interno de la figura 12.

Descripción detallada de diversas formas de realización de la invención

25 La figura 1 da a conocer esquemáticamente una central nuclear que incluye un reactor 1. El reactor 1 incluye un depósito de reactor 2 que encierra un núcleo. El núcleo 3 incluye un número de conjuntos de combustible 4, cada uno de los cuales incluye un número de barras de combustible 5 (véanse las figuras 2 y 3). Cada barra de combustible 5 incluye una vaina y un combustible nuclear en la forma de una pila de pastillas de combustible (no representadas), que se encuentran alojadas en la vaina. A través de la central nuclear, fluye un refrigerante -en este caso, agua- que
30 se calienta mediante la reacción nuclear en el combustible nuclear. El refrigerante fluye a través del núcleo 3 y en cada conjunto de combustible 4 en contacto con cada barra de combustible 5. El refrigerante calentado se transporta mediante una primera conexión 10 a una central 11 a fin de obtener energía calorífica a partir del refrigerante. La central 11 puede incluir una turbina y un condensador. El refrigerante enfriado regresa al reactor mediante una segunda conexión 12. El reactor 1 puede ser de tipo de agua en ebullición BWR, en el que el refrigerante se vaporiza en el
35 núcleo 3 y se transporta a la central 11 como vapor para accionar una turbina de vapor. El reactor 1 puede ser también del tipo de agua a presión PWR, en el que el refrigerante no se vaporiza sino que se transporta a un intercambiador de calor de la central 11 para vaporizar un medio en otro circuito que incluye una turbina.

40 La figura 2 muestra esquemáticamente un conjunto de combustible 4 para un reactor de agua en ebullición. En la forma de realización dada a conocer, el conjunto de combustible 4 incluye cuatro unidades de combustible 20, cada una de las cuales incluye una pluralidad de barras de combustible 5, y se encuentra en un espacio respectivo en una caja 21. Entre estos espacios y las cuatro unidades de combustible 20, se extienden los canales de refrigerante. Todas las unidades de combustible 20 se mantienen unidas mediante un número de separadores 30; por ejemplo, entre seis y diez separadores 30. Un conjunto de combustible 4 con este diseño principal se da a conocer en el documento inicialmente
45 mencionado US-A-5,875,223.

La figura 3 muestra esquemáticamente un conjunto de combustible 4 para un reactor de agua a presión. El conjunto de combustible 4 incluye una unidad de combustible 20, que incluye una pluralidad de barras de combustible 5. El conjunto de combustible 4 normalmente incluye una presilla superior 25, una presilla inferior 26 y un número de tubos guía 27, que se extienden entre las presillas 25 y 26 y las conectan y que pueden estar dispuestos para recibir una barra de control (no representada). Las barras de combustible 5 de la unidad de combustible 20 se mantienen juntas mediante un número de separadores 30, por ejemplo entre seis y ocho separadores 30. La unidad de combustible 20 también está conectada a los tubos guía 27 mediante los separadores 30 de una forma conocida
50 *per se*.

55 A continuación, se explicarán más detalladamente el diseño y la fabricación de los separadores 30, haciendo referencia a las figuras 4 a 13. En la forma de realización dada a conocer en las figuras 4 a 13, los separadores 30 están pensados para un conjunto de combustible 4 para un reactor 1 de tipo de agua en ebullición con cuatro unidades de combustible 20. No obstante, debe tenerse en cuenta que la invención también es aplicable a conjuntos de combustible pensados para reactores de agua en ebullición que incluyan un número diferente que cuatro unidades de combustible; por ejemplo, una unidad de combustible. La invención es aplicable también a conjuntos de combustible 4 para reactores 1 de tipo de agua a presión, véase la figura 3.

60 El separador 30 aloja un número de celdas 31, cada una de las cuales presenta un eje longitudinal x, véase la figura 6, destinado a extenderse sustancialmente de forma vertical cuando la unidad de combustible 20 se coloca en el reactor 1. Cada una de dichas celdas 31 está dispuesta, en la forma de realización dada a conocer, para recibir una barra de combustible 5, de tal forma que la barra de combustible 5 se extiende paralelamente al eje longitudinal x.

ES 2 336 338 T3

Cada celda 31 está formada por un elemento de tipo manguito 32, véanse las figuras 6 a 9, que presenta un borde superior 33 y un borde inferior 34. El elemento de tipo manguito 32 incluye además cuatro superficies de tope alargadas que están adaptadas para hacer tope con la barra de combustible 5 que se extiende a través de la celda 31.

5 Estas superficies de tope pueden estar diseñadas de formas diversas; por ejemplo, como superficies sustancialmente planas o superficies curvas, como aristas 35. En las formas de realización dadas a conocer, las superficies de tope están formadas por cuatro de dichas aristas alargadas 35 que sobresalen hacia dentro en dirección al eje longitudinal x y hacia la barra de combustible 5 que se extiende a través de la celda 31. Cada arista 35 se extiende sustancialmente en paralelo al eje longitudinal x a lo largo sustancialmente de toda la longitud del elemento de tipo manguito 32 desde el
10 borde superior 33 al borde inferior 34. Gracias al hecho de que las aristas 35 sobresalen hacia la barra de combustible se crea un espacio relativamente ancho entre la barra de combustible 5 y el elemento de tipo manguito en la proximidad de las aristas 35. De tal forma, que se garantiza una refrigeración adecuada.

15 El borde superior 33 y el borde inferior 34 presentan, visto transversalmente al eje longitudinal x, una forma de tipo onda con crestas de onda 36 y valles de onda 37. Las crestas de onda 36 del borde superior 33 están alineadas con una cresta de onda 36 respectiva del borde inferior 34 y con una arista respectiva de las aristas 35. Los valles de onda 37 del borde superior 33 están alineados con un valle de onda 37 respectivo del borde inferior. Los valles de onda 37 se encuentran entre dos aristas 35 adyacentes.

20 Cada elemento de tipo manguito 32 presenta, visto en la dirección longitudinal del eje x, cuatro lados largos 40 sustancialmente ortogonales, cada uno de los cuales incluye una de las aristas 35. Cada lado largo 40 incluye también una de las crestas de onda 36 del borde superior 33 y una de las crestas de onda 36 del borde inferior 34. Además, cada elemento de tipo manguito 32 presenta, visto en la dirección del eje longitudinal x, cuatro lados cortos 41 sustancialmente ortogonales. Cada lado corto 41 conecta dos de los lados largos 40. Cada elemento de tipo manguito
25 32 presenta, visto en la dirección del eje longitudinal x, una forma básica octagonal, véase la figura 7. No obstante, debe tenerse en cuenta que esta forma básica puede variar; por ejemplo, los elementos de tipo manguito 32 pueden presentar una forma más cilíndrica circular o más cuadrada. Cada lado corto 41 incluye una parte de uno de los valles de onda 37 del borde superior 33 y una parte de uno de los valles de onda 37 del borde inferior 34. Estas partes son sustancialmente rectas y perpendiculares al eje longitudinal x.

30 Los elementos de tipo manguito 32 hacen tope, como se aprecia en la figura 5, unos con otros en el separador 30 a lo largo de una zona de conexión formada por los lados cortos 41 de dos elementos de tipo manguito adyacentes 34. Esta zona de conexión se extiende paralelamente al eje longitudinal x entre la parte antes mencionada de uno de los valles de onda 37 de los bordes superiores 33 y la parte antes mencionada de uno de los valles de onda 37 de los
35 bordes inferiores 34. Además, los elementos de tipo manguito 32 están permanentemente conectados entre sí mediante soldaduras. Cada soldadura incluye una soldadura por los cantos en dicha zona de conexión en por los menos uno de los bordes superior 33 e inferior 34. Preferentemente, una de tales soldaduras por los cantos se provee tanto en el borde superior 33 como en el borde inferior 34. Puesto que las soldaduras por los cantos en este caso están ubicadas en los valles de onda 37 opuestos estarán relativamente próximas entre sí, lo que resulta conveniente por lo que a resistencia se refiere. Las partes sustancialmente rectas son adecuadas para la aplicación de dichas soldaduras por los cantos.

40 El separador 30 presenta, visto desde la dirección del eje longitudinal x, una forma sustancialmente cuadrada, véase la figura 5. El separador 30 incluye por los menos dos elementos de borde externos 50 separados, que se extienden a lo largo de un lado respectivo del separador 30. Uno de dichos elementos de borde externos 50 se da a conocer más detalladamente en las figuras 10 y 11. El separador 30 incluye también un elemento de borde externo
45 51 separado, que se extiende a lo largo de dos de los lados del separador 30. El elemento de borde interior 51 se da a conocer más detalladamente en las figuras 12 y 13. Los elementos de borde 50, 51 crean así un marco abierto o no cerrado que contribuye a la resistencia del separador 30 y proporciona las superficies externas 52 del separador 30. Estas superficies externas 52 facilitan la introducción de la unidad de combustible 20 en la caja 21 y forman un amortiguamiento hidráulico en la pared interior de la caja 21. Gracias al hecho de que el marco es abierto en tres de
50 sus esquinas, los elementos de tipo manguito 32 en estas esquinas pueden moverse elásticamente hacia fuera. Como se pone de manifiesto a partir de la figura 4, los elementos de borde 50, 51 presentan una extensión más larga en una dirección vertical (es decir, paralelamente al eje longitudinal x) que los elementos de tipo manguito 32. En particular, los elementos de borde 50, 51 se extienden una distancia significativa por encima de los extremos superiores de los
55 elementos de tipo manguito 32, que se encuentra en el nivel de las crestas de onda 36.

60 Como se pone de manifiesto a partir de la figura 5, una de las cuatro esquinas del separador 30 está reducida debido a la ausencia de uno elemento de tipo manguito 32 externo. La finalidad de esta reducción es crear un espacio para un canal de agua central a través de la caja 21. El elemento de borde interno 51 se extiende alrededor de la esquina reducida. El elemento de borde interno 51 está girado hacia dentro en la caja 21 hacia el canal de agua central. El elemento de borde interno 51 incluye también una aleta 53, que se encuentra en dicha esquina reducida y que está inclinada hacia arriba y hacia dentro hacia un centro del separador 30.

65 Los elementos de tipo manguito 32 están fabricados de una aleación con base de níquel, como una aleación X-750, aleación 718, aleación 650, aleación 690 o aleación 600. Los elementos de tipo manguito 32 pueden estar fabricados de una aleación basada en circonio, como diferentes tipos de aleaciones Zircaloy, acero inoxidable o una combinación de estas aleaciones. No obstante, un aspecto importante es que los elementos de tipo manguito 32 deben tener un espesor de material pequeño, inferior a 0,24 mm, inferior o igual a 0,20 mm o inferior o igual a 0,18 mm.

ES 2 336 338 T3

Según una primera forma alternativa, los elementos de tipo manguito 32 están fabricados de un material con forma de lámina que presenta la forma de una banda de lámina 60, véanse las figuras 8 y 9. La banda de lámina 60 tiene el espesor de material mencionado anteriormente. Durante la fabricación, una lámina se manipula para darle la forma de banda de lámina 60 dada a conocer en las figuras 8 y 9; por ejemplo, mediante troquelado. A continuación, la banda de lámina 60 se dobla para darle la forma de tipo manguito. La banda de lámina 60 presenta, antes de este doblado, una primera parte de conexión 61 en la proximidad de un primer extremo de la banda de lámina 60 y una segunda parte de conexión 62 en la proximidad del segundo extremo de la banda de lámina 60. La banda de lámina 60 se dobla de tal forma que, después de doblarla, la primera parte de conexión 61 se superpone a la segunda parte de conexión 62. Tras la operación de doblado, las partes de conexión 61 y 62 están conectadas entre sí mediante la aplicación de una soldadura, por ejemplo, en la forma de dos soldaduras por los cantos 63, que se extienden a través de las dos partes 61 y 62, véase la figura 6. Puesto que la banda de lámina 60 presenta un espesor pequeño de material, la superposición antes mencionada puede permitirse con el mantenimiento de una cantidad pequeña total de material del elemento de tipo manguito 32 y sin que se produzca ningún efecto negativo en la resistencia de flujo. La fabricación del elemento de tipo manguito 32 es, con este método, muy sencilla y se puede dar de modo sencillo a los bordes superior e inferior 33, 34 la forma de tipo onda dada a conocer. Otra ventaja es que el tamaño del elemento de tipo manguito 32 en relación con el diámetro externo, visto en la dirección del eje longitudinal x, puede variar fácilmente. Esto es esencial ya que los elementos de tipo manguito 32 en un separador incluyen normalmente elementos de tipo manguito 32 de diferentes diámetros.

Durante la fabricación del separador, las diferentes bandas de lámina 60 se doblan así de la manera descrita anteriormente. Convenientemente, las bandas de lámina 60 dobladas individuales se sueldan mediante la soldadura o soldaduras por puntos 63 para conservar los elementos de tipo manguito 32 juntos durante el montaje del separador 30 adecuado. No obstante, se pueden sustituir esta o estas soldaduras por puntos 63 por una conexión más o menos temporal durante el montaje del separador 30 adecuado; por ejemplo, con soldaduras fuertes. Los elementos de tipo manguito 32 se colocan a continuación en una fijación del tipo en la posición que va a tener en el separador 30. Después, los elementos de tipo manguito 32 se sueldan unos a otros mediante las soldaduras por los cantos mencionadas anteriormente a lo largo de dichas partes de los valles de onda 37. Las soldaduras por los cantos pueden convenientemente realizarse como soldadura por fusión mediante soldadura por láser o soldadura por haz de electrones.

Asimismo, se pueden colocar las bandas de lámina 60 dobladas directamente en una fijación que las mantenga durante la soldadura mediante las soldaduras por los cantos mencionadas anteriormente; es decir, sin a unión de las partes de extremo 61, 62 de las bandas de lámina 60.

Los elementos de borde 50, 51 pueden colocarse entonces en contacto con los elementos de tipo manguito 32 en la fijación mencionada anteriormente o parecida y soldados a los elementos de tipo manguito 32 en conexión con la aplicación de dichas soldaduras por los cantos. También es posible aplicar y soldar los elementos de borde 50, 51 en primer lugar una vez que los elementos de tipo manguito 32 se hayan soldado entre sí.

Según una segunda forma alternativa, el elemento de tipo manguito 32 se fabrica a partir de un material tubular provisto de un espesor de material antes mencionado. El material tubular puede cortarse con un tamaño adecuado y después el borde superior 33 y el borde inferior 34 pueden manipularse para adoptar la forma de onda dada a conocer. Las aristas dadas a conocer pueden obtenerse mediante una operación de presión o pueden estar provistas en el material tubular original.

Por los menos, algunos de los separadores 30 de la unidad de combustible 20 incluyen una o varias aletas 70 para influir en el flujo de refrigerante. Con tal aleta 70, el refrigerante puede, por ejemplo, guiarse en una dirección hacia por los menos una barra de combustible adyacente 5. Con tal aleta 70, también se puede crear una turbulencia en el flujo de refrigerante. Convenientemente, dicha aleta 70 está formada de una parte 64 de material, que se extienden desde la primera parte de conexión 61, véase la figura 8. Tal aleta 70 puede estar fabricada de forma sencilla doblando hacia fuera la parte de material 64 fuera de la primera parte de conexión 61 a lo largo de una línea de doblado 71 de tal forma que la aleta 70 se extienda hacia fuera desde uno de los lados largos 40 y esté inclinada en relación con el eje longitudinal x.

Según otra forma de realización, el elemento de tipo manguito 32 puede incluir una ranura 72, que se extiende desde el borde superior 33 y/o el borde inferior 34, véase la figura 8. La ranura 71 permite el doblado hacia el exterior de una parte de una banda de lámina 60 o del material tubular para formar la aleta 70; véase también el documento WO02/03394, que da a conocer cómo puede proporcionarse tal aleta 70.

La invención no se limita a las formas de realización dadas a conocer, sino que puede variar y modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones siguientes. Por ejemplo, debe tenerse en cuenta que la forma de onda definida puede incluir todas las formas de onda imaginables, como una onda senoidal pura, una onda cuadrada, una onda triangular, así como combinaciones de estas formas.

65

ES 2 336 338 T3

REIVINDICACIONES

1. Separador para sostener un número de barras de combustible (5) alargadas destinado a ubicarse en una central nuclear, en el que el separador (30) incluye un número de celdas (31), cada una de las cuales presenta un eje longitudinal (x) y está dispuesta para recibir una barra de combustible (5) de tal forma que la barra de combustible se extiende paralelamente al eje longitudinal (x), estando formada cada celda (31) por un elemento de tipo manguito (32), provisto de un borde superior (33) y un borde inferior (34), incluyendo el elemento de tipo manguito (32) un número de superficies de tope (35), que sobresalen hacia dentro en dirección al eje longitudinal (x) y se extienden sustancialmente de forma paralela al eje longitudinal (x) para hacer tope con la barra de combustible (5) que va a ser recibida en la celda (31), y el borde inferior (34), visto transversalmente al eje longitudinal (x), presenta una forma de tipo onda con unas crestas de onda (36), que están alineadas con una superficie respectiva de dichas superficies de tope (35), y unos valles de onda (37) ubicados entre dos superficies adyacentes de dichas superficies de tope (35), **caracterizado** porque el borde superior (33), visto transversalmente al eje longitudinal (x), presenta una forma de tipo onda con unas crestas de onda (36), que están alineadas con una superficie respectiva de dichas superficies de tope (35) y unos valles de onda (37) ubicados entre dos superficies adyacentes de dichas superficies de tope (35).
2. Separador según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichas superficies de tope (35) alargadas se extienden desde el borde superior (33) hasta el borde inferior (34).
3. Separador según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque cada elemento de tipo manguito (32) incluye por los menos cuatro de dichas superficies de tope (35).
4. Separador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque cada una de dichas superficies de tope está formada por una arista (35) respectiva que sobresale hacia dentro en dirección al eje longitudinal (x).
5. Separador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los elementos de tipo manguito (32) hacen tope entre sí en el separador (30) a lo largo de una zona de conexión que se extiende paralelamente al eje longitudinal (x) entre uno de dichos valles de onda (37) del borde superior (33) y uno de dichos valles de onda (37) del borde inferior (34).
6. Separador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los elementos de tipo manguito (32) están permanentemente conectados entre sí mediante unas soldaduras.
7. Separador según las reivindicaciones 5 y 6, **caracterizado** porque dichas soldaduras incluyen una soldadura por los cantos en dicha zona de conexión en por los menos uno de los bordes superior (33) e inferior (34).
8. Separador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque sustancialmente cada elemento de tipo manguito (32) está fabricado a partir de un material en forma de lámina (60), que se dobla para adoptar la forma de tipo manguito.
9. Separador según la reivindicación 8, **caracterizado** porque el material en forma de lámina (60), antes de doblarse, presenta una primera parte de conexión (61) en la proximidad de un primer extremo del material con forma de lámina (60) y una segunda parte de conexión (62) en la proximidad de un segundo extremo del material con forma de lámina (60), en el que el primer extremo se superpone al segundo extremo del elemento de tipo manguito (32) tras dicho doblado.
10. Separador según la reivindicación 9, **caracterizado** porque la primera parte de conexión (61) y la segunda parte de conexión (62) están permanentemente conectadas entre sí mediante por los menos una soldadura.
11. Separador según la reivindicación 10, **caracterizado** porque dicha soldadura incluye una soldadura por puntos (63).
12. Separador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque sustancialmente cada elemento de tipo manguito (32) está fabricado a partir de un material tubular que se manipula para que el borde superior (33) y el borde inferior (34) adopten una forma de onda.
13. Separador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el elemento de tipo manguito (32), visto en la dirección del eje longitudinal (x), presenta cuatro lados largos (40) sustancialmente ortogonales, en el que cada lado largo incluye una de dichas superficies de tope (35).
14. Separador según la reivindicación 13, **caracterizado** porque cada lado largo (40) incluye una de dichas crestas de onda (36) del borde superior (33) y una de dichas crestas de onda del borde inferior (34).
15. Separador según cualquiera de las reivindicaciones 13 y 14, **caracterizado** porque el elemento de tipo manguito (32), visto en la dirección del eje longitudinal (x), presenta cuatro lados cortos (41) sustancialmente ortogonales, en el que cada lado corto conecta dos de dichos lados largos (40) e incluye una parte de uno de dichos valles de onda (37) del borde superior (33) y una parte de uno de dichos valles de onda (37) del borde inferior (34).

ES 2 336 338 T3

16. Separador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el elemento de tipo manguito (32) presenta un espesor de material, que es inferior a 0,24 mm.
17. Separador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el elemento de tipo manguito (32) presenta un espesor de material, que es inferior o igual a 0,20 mm.
18. Separador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el elemento de tipo manguito (32) presenta un espesor de material, que es inferior o igual a 0,18 mm.
19. Separador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la central nuclear está dispuesta de tal modo que permite la recirculación de un flujo refrigerante y en el que el separador (3) está dispuesto para situarse en este flujo refrigerante, **caracterizado** porque el separador (30) incluye por los menos una aleta (79) para influir en el flujo refrigerante.
20. Separador según las reivindicaciones 9 y 19, **caracterizado** porque dicha aleta (70) está formada por una parte (64) del material, que se extiende desde la primera parte de conexión (61).
21. Separador según cualquiera de las reivindicaciones 19 y 20, **caracterizado** porque el elemento de tipo manguito (32) incluye una ranura (71) que se extiende desde por los menos uno de los bordes superior (33) e inferior (34) y que permite el doblado hacia fuera de una parte del elemento de tipo manguito (32) para formar dicha aleta (70).
22. Separador según cualquiera de las reivindicaciones 20 y 21, **caracterizado** porque dicha aleta (70) está inclinada en relación con el eje longitudinal (x).
23. Separador según las reivindicaciones 13 y 19, **caracterizado** porque dicha aleta (70) se extiende hacia fuera desde uno de dichos lados largos (40).
24. Separador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el separador (30), visto en la dirección del eje longitudinal (x), presenta una forma sustancialmente rectangular e incluye por los menos dos elementos de borde externos (50) separados, que se extienden a lo largo de un lado respectivo del separador (30).
25. Separador según la reivindicación 24, **caracterizado** porque una de las cuatro esquinas de la forma rectangular está reducida por la falta de un elemento de tipo manguito (32) externo, y porque el separador (30) incluye un elemento de borde interno (51) separado, que se extiende a lo largo de dos de dichos lados y a lo largo de dicha esquina reducida.
26. Separador según la reivindicación 25, **caracterizado** porque el elemento de borde interno (51) incluye una aleta (53), que se encuentra en dicha esquina reducida y que está inclinada hacia arriba y hacia dentro en dirección al centro del separador (30).
27. Unidad de combustible para una central nuclear que incluye un número de barras de combustible (5) alargadas y un número de separadores (30) para sostener las barras de combustible, en la que los separadores (30) incluyen un número de celdas (31), cada una de las cuales presenta un eje longitudinal (x) y está dispuesta para recibir una de dichas barras de combustible (5) de tal forma que la barra de combustible se extiende paralelamente al eje longitudinal (x), estando formada cada celda (31) por un elemento de tipo manguito (32), provisto de un borde superior (33) y un borde inferior (34), incluyendo el elemento de tipo manguito (32) un número de superficies de tope (35) alargadas, que sobresalen hacia dentro en dirección al eje longitudinal (x) y se extienden sustancialmente de forma paralela al eje longitudinal (x) para hacer tope con la barra de combustible (5) que va a ser recibida en la celda (31), y el borde inferior (34), visto transversalmente al eje longitudinal (x), presenta una forma de tipo onda con unas crestas de onda (36), que están alineadas con una superficie respectiva de dichas superficies de tope (35), y unos valles de onda (37), situados entre dos superficies adyacentes de dichas superficies de tope (35), **caracterizada** porque el borde superior (33), visto transversalmente al eje longitudinal (x), presenta una forma de tipo onda con unas crestas de onda (36), que están alineadas con una superficie respectiva de dichas superficies de tope (35) y unos valles de onda (37) situados entre dos superficies adyacentes de dichas superficies de tope (35).

Fig 1

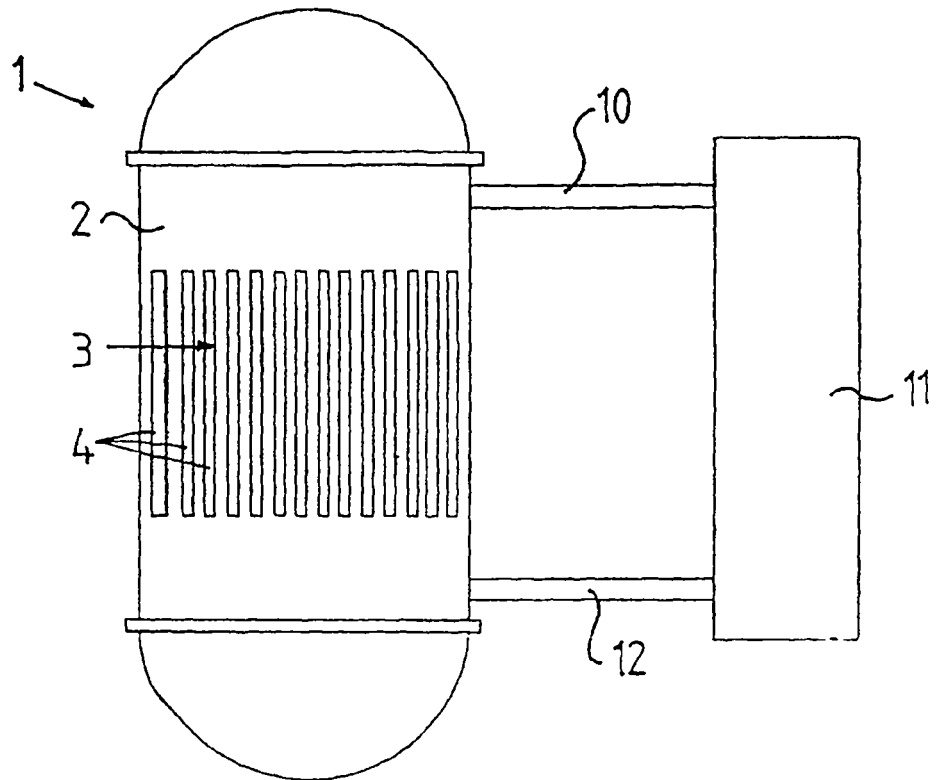


Fig 2

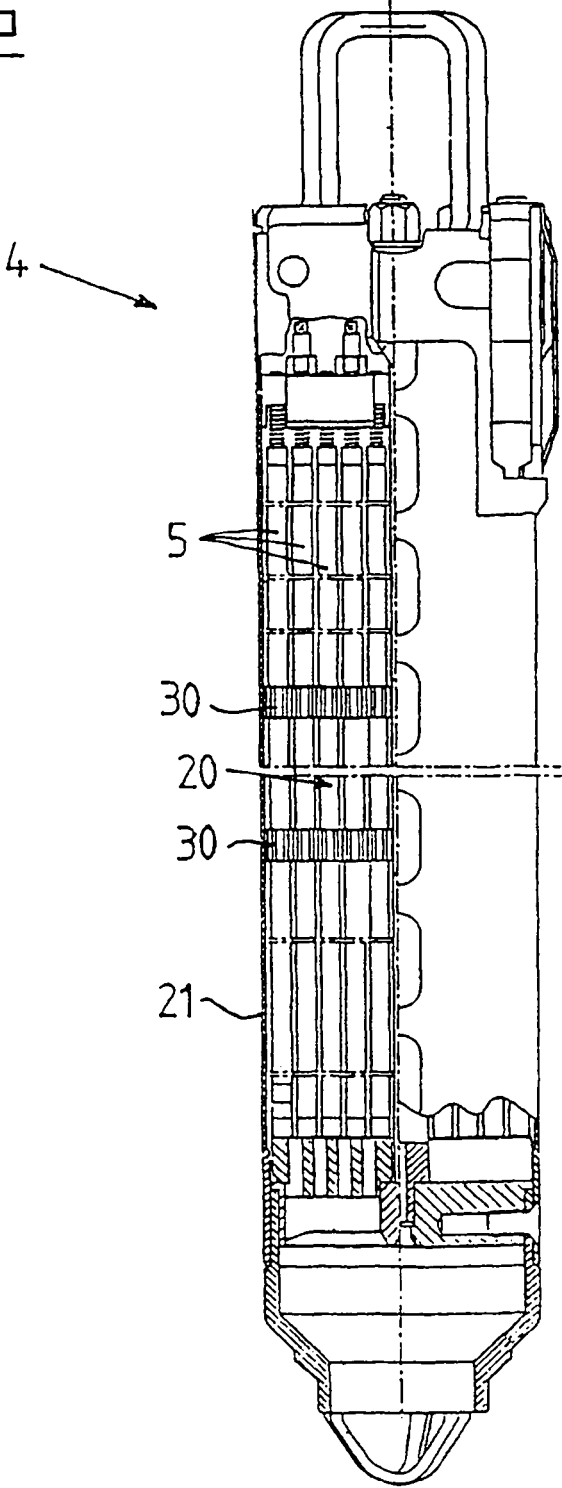


Fig 3

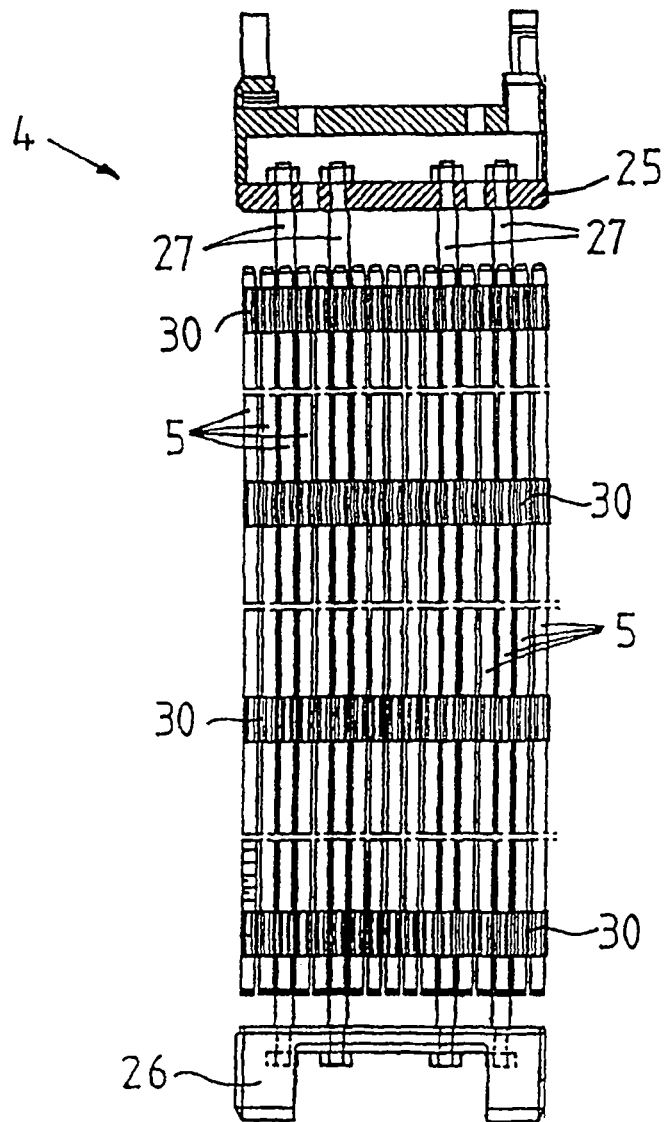


Fig 4

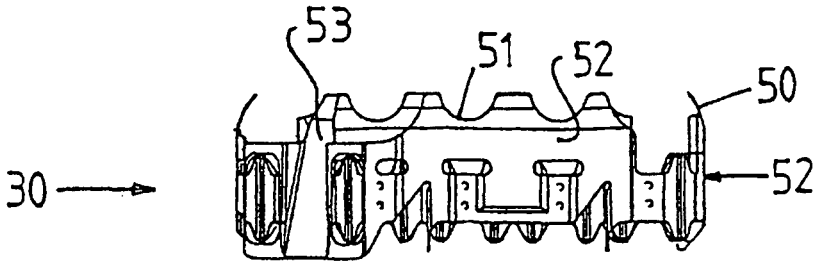
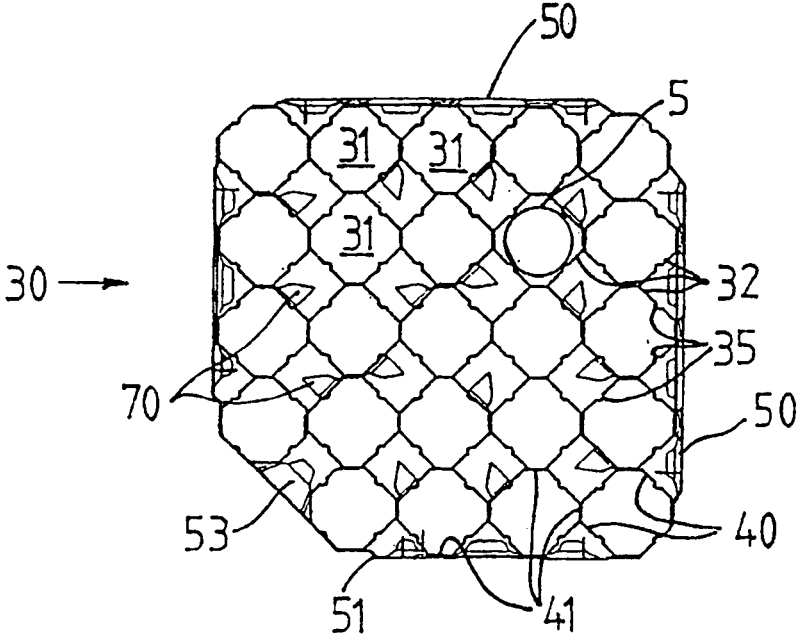


Fig 5



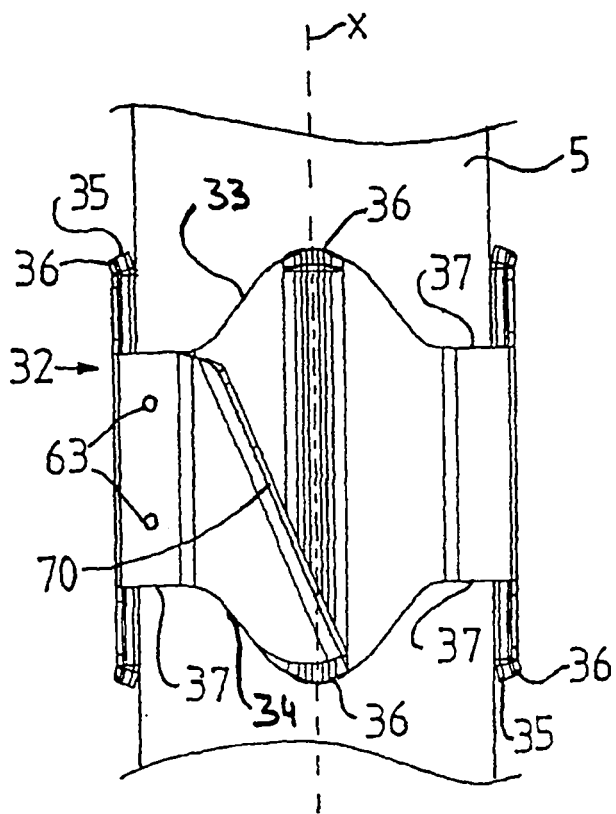


Fig 6

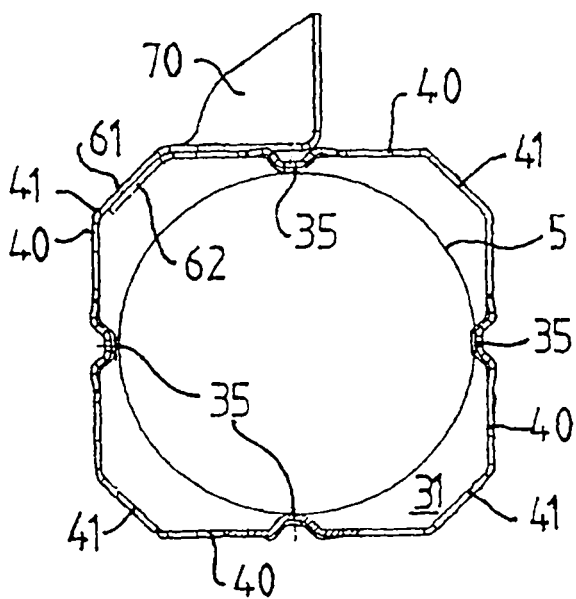


Fig 7

Fig 8

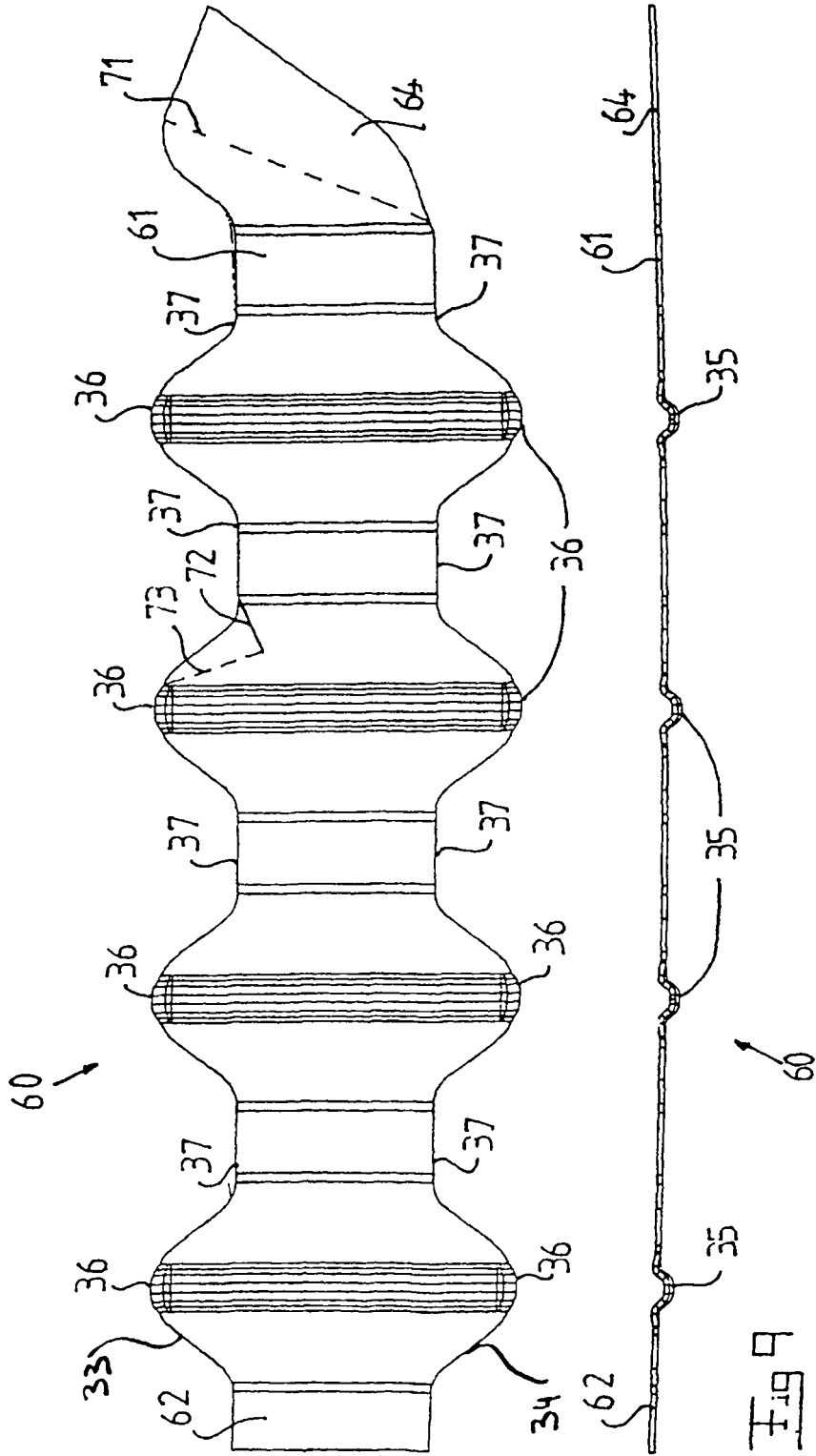


Fig 10

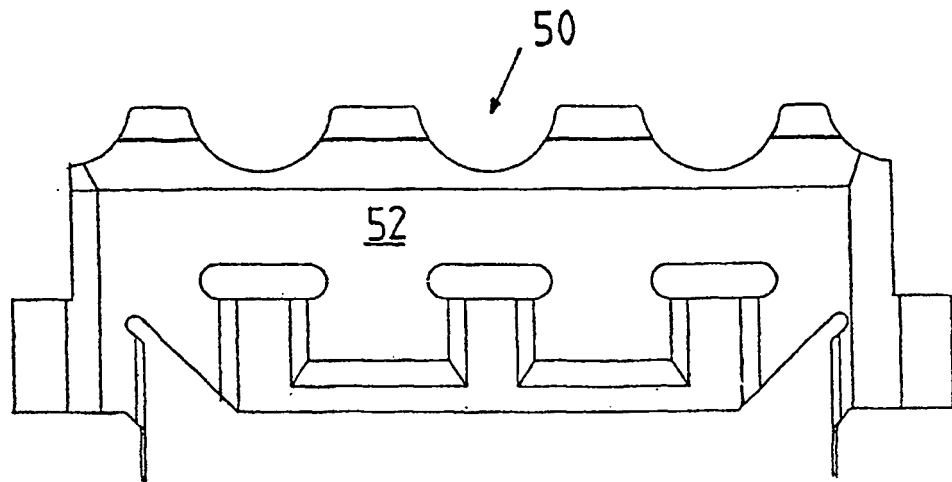
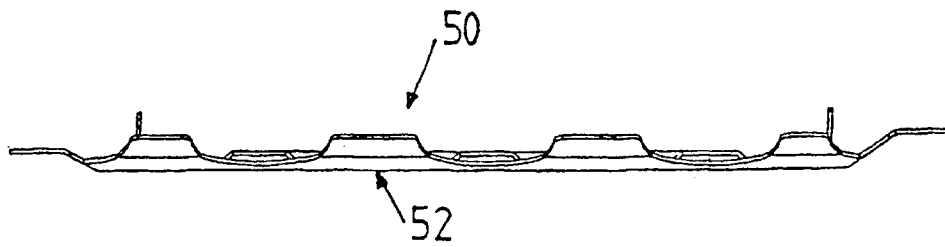


Fig 11



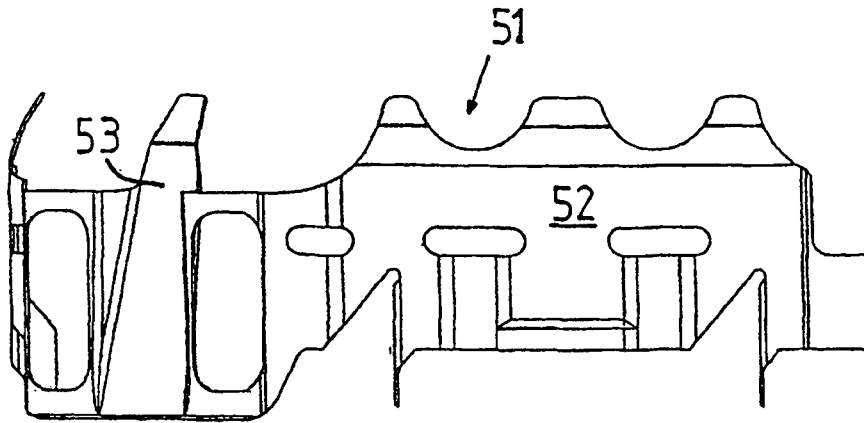


Fig 12

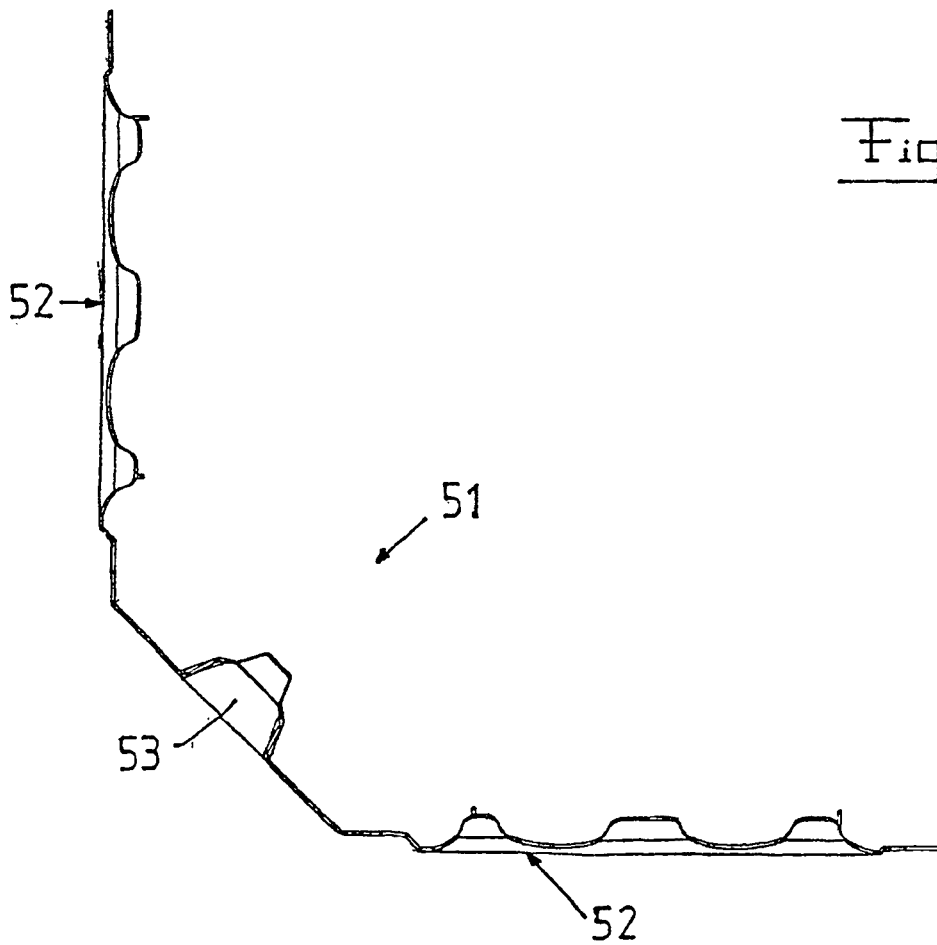


Fig 13