

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 988 832**

51 Int. Cl.:

G21C 3/344 (2006.01)

G21C 3/356 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2019** **E 19208774 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2024** **EP 3822988**

54 Título: **Celda de rejilla tubular**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
21.11.2024

73 Titular/es:

WESTINGHOUSE ELECTRIC SWEDEN AB
(100.0%)
721 63 Västerås, SE

72 Inventor/es:

RIZNYCHENKO, OLEKSIY

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 988 832 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

Celda de rejilla tubular

5

Campo de la técnica

La presente invención se refiere a una celda de rejilla tubular que se dispondrá en un conjunto de rejilla. El conjunto de rejilla está destinado a un haz de combustible nuclear para un reactor nuclear, más concretamente un reactor de agua en ebullición o un reactor de agua a presión.

10

Antecedentes

Son conocidos haces de combustible para reactores de agua en ebullición y reactores de agua a presión. Estos incluyen una pluralidad de barras de combustible paralelas y verticales posicionadas y sostenidas por conjuntos de rejilla a lo largo de su longitud. Durante su funcionamiento, el refrigerante circula hacia el haz de combustible a través del elemento estructural del haz de combustible inferior hacia arriba del haz de combustible y sale del haz de combustible por el elemento estructural superior.

15

Las barras de combustible son largas, delgadas y flexibles. Bajo la dinámica del refrigerante, estas barras sufrirían vibraciones y entrarían en contacto abrasivo entre sí. Por lo tanto, se utilizan los denominados conjuntos de rejilla separadores (en adelante denominados conjuntos de rejilla tubular) para mantener las barras de combustible en su relación diseñada de lado a lado en el interior del haz de combustible.

20

Las celdas de rejilla con características de soporte de barras de combustible se utilizan actualmente en diferentes diseños de combustible nuclear, tienen una sección transversal no circular y están formadas por correas con resorte estampado y marcas o por tubos con características de soporte de barras de combustible formadas y conocidos como "diseño de férula". Un ejemplo de este denominado "diseño de férula" se describe en el documento US-5371768.

25

Las férulas en los separadores de férulas constituyen cilindros específicos que tienen topes típicamente emparejados en un lado de las férulas y resortes de polarización de las barras de combustible en el otro lado de las férulas. El diámetro interior de las férulas excede el diámetro exterior de las barras de combustible, de modo que la barra de combustible, cuando es presionada por el resorte, queda centrada con respecto a la férula. Cuando las férulas se mantienen unidas en una matriz, se obtiene una separación rígida y altamente satisfactoria de las barras de combustible.

30

Otro documento relacionado es el EP-0769784 que describe un separador para un haz de combustible nuclear para un reactor nuclear de agua ligera, más particularmente un reactor de agua en ebullición o un reactor de agua a presión, y un haz de combustible nuclear que comprende separadores. El haz de combustible comprende un haz de elementos alargados que se mantienen retenidos y fijados mediante una serie de separadores dispuestos en una relación separada entre sí a lo largo del haz. Los separadores comprenden una serie de celdas para fijar mutuamente los elementos alargados. Un refrigerante está adaptado para fluir desde abajo y hacia arriba a través del haz de combustible normalmente dispuesto en vertical y, durante una reacción nuclear, para refrigerar los elementos alargados dispuestos en el conjunto.

40

Otro documento más es el US-2011/0080988 que describe diseños de haces de combustible que utilizan tipos de separadores mezclados.

45

El documento US5263071 describe un separador en forma de manguito tubular que tiene soportes fijos y medios elásticos. Hay cuatro soportes, dos de los cuales están dispuestos en un plano superior y dos en un plano inferior, que junto con la ballesta situada a medio camino entre los pares de soportes forman cinco puntos de contacto con la barra de combustible. Los manguitos se pueden disponer en una rejilla para formar un separador.

50

El documento US5331679 describe férulas tubulares utilizadas como espaciadores de combustible. La disposición consta de dos pares de proyecciones en la parte superior e inferior de la férula. Entre las proyecciones hay un resorte de bucle colocado en un recorte, de modo que las barras de combustible tendrán un contacto de cinco puntos. Las férulas se pueden soldar por puntos entre sí para formar un separador. Los puntos de soldadura se encuentran en la parte superior e inferior de la férula.

55

El documento US5069864 describe un separador que consta de férulas que tienen dos topes superiores y dos topes inferiores que se extienden hacia dentro de la férula y un resorte insertado en una ranura. El resorte es un componente separado y no está integrado en la pared de la férula.

60

65

El documento US3801452 describe una rejilla separadora que consta de férulas tubulares. Las férulas individuales tienen dos pares de elementos de soporte y un resorte de arco para proporcionar un contacto de cinco puntos con la barra de combustible. El documento US3664924 muestra una disposición alternativa para conseguir cinco puntos de contacto, en la que una rejilla separadora tiene cuatro arcos y un elemento de resorte que entra en contacto con cada barra de combustible.

El documento JP H01 212394 describe una celda redonda para soportar una barra de agua que está compuesta por un elemento cilíndrico y una muesca en forma de U para montar un resorte laminado para sujetar una barra de combustible.

El documento US5361288 se refiere a un separador con resortes de Zircaloy integrados para ser aplicado en un haz de combustible nuclear para reactores nucleares de agua en ebullición.

Aunque muchas de las celdas y conjuntos de rejillas tubular conocidos cumplen con altos estándares de calidad, aún hay espacio para mejoras con respecto a lograr mejores propiedades laterales que los diseños existentes, al tiempo que ofrecen una rigidez de celda mejorada y una baja resistencia hidráulica. Por lo tanto, el objeto de la celda de rejilla tubular y del conjunto de rejilla según la presente invención es lograr una celda de rejilla tubular y un conjunto de rejilla mejorados que tengan mejores propiedades laterales que el diseño existente, que tengan una rigidez del conjunto de rejilla mejorada y una baja resistencia hidráulica.

Breve descripción

El objetivo anterior se consigue mediante una celda de rejilla tubular y un conjunto de rejilla según la reivindicación independiente.

Las realizaciones preferidas se establecen en las reivindicaciones dependientes.

La solución propuesta proporciona mejores propiedades laterales que los diseños existentes, ofreciendo una rigidez de la celda mejorada y una baja resistencia hidráulica.

De acuerdo con la presente invención, la celda de rejilla tubular está provista de una sección transversal circular con un resorte de "hoja" y dos pares de elementos de soporte horizontales colocados a 120 grados de distancia y ubicados por encima y por debajo del resorte, proporcionando un sistema de contacto de cinco puntos para soportar la barra de combustible. Las celdas de la rejilla tubular en un conjunto de rejilla están soldadas en las secciones superior e inferior de la carcasa de la celda para formar una rejilla con paso triangular o cuadrado entre las barras de combustible.

Las dos secciones sólidas superior e inferior por encima de los elementos de soporte superiores y por debajo de los elementos de soporte inferiores proporcionan un área de contacto rígida entre celdas adyacentes que, junto con toda la geometría de la celda tubular, minimiza el impacto en las características de soporte de la barra de combustible de una sola celda debido a la posible fuerza de impacto lateral. Este es uno de los beneficios de la celda tubular propuesta que mejora las propiedades laterales del conjunto de la rejilla en comparación con los diseños existentes. Otra ventaja del diseño de la celda es un resorte de láminas y hoyuelos horizontales que proporcionan un sistema de soporte de barra de combustible estable de cinco puntos de contacto con unas características de rigidez de celda mejoradas. Además, la rejilla hecha a partir de celdas tubulares presenta un bloqueo minimizado que reduce la resistencia hidráulica de la rejilla y mejora las características termo-hidráulicas del combustible. De esta manera, la celda de rejilla tubular y el conjunto de rejilla presentados en este documento conseguirán lo siguiente:

- La celda de rejilla tubular tiene una geometría que minimiza el impacto en las características de soporte de la barra de combustible de una sola celda debido a la posible fuerza de impacto lateral. De este modo, se mejoran las propiedades laterales del conjunto de rejilla y la capacidad de mantener la separación lateral entre las barras de combustible bajo un impacto lateral en comparación con los diseños existentes.

- Las características de rigidez mejoradas de la celda se consiguen por el diseño de la celda que comprende un resorte de láminas y hoyuelos horizontales para proporcionar un sistema de soporte de barra de combustible de cinco puntos de contacto.

- El diseño del conjunto de la rejilla tiene un bloqueo minimizado que reduce la resistencia hidráulica de la rejilla y mejora las características termo-hidráulicas del combustible. Esto se debe en parte a la estructura abierta de los elementos de apoyo.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista lateral que ilustra esquemáticamente una celda de rejilla tubular según una realización de la presente invención.

La figura 2 es una vista a lo largo del eje A que ilustra esquemáticamente una celda de rejilla tubular según una realización de la presente invención.

5 La figura 3 muestra dos vistas en perspectiva de una celda de rejilla tubular según una realización de la presente invención.

La figura 4 es una vista desde arriba de un conjunto de rejilla tubular según una realización con un paso triangular entre barras de la presente invención.

10 La figura 5 es una vista desde arriba de un conjunto de rejilla tubular según otra realización con una disposición de entramado cuadrado de la presente invención.

La figura 6 muestra una ilustración esquemática de un haz de barras de combustible provisto de conjuntos de rejilla según la presente invención.

Descripción detallada

15 A continuación, se describirán en detalle la celda de rejilla tubular, así como el conjunto de rejilla y el haz de combustible, con referencia a las figuras adjuntas. A lo largo de las figuras los elementos tienen las mismas referencias. Además, los elementos y las figuras no están necesariamente a escala, sino que se pone énfasis en ilustrar los principios de la invención.

20 Con referencia a las figuras 1 y 2, ahora se describirá en detalle la celda de rejilla tubular 2. La celda de rejilla tubular 2 está estructurada para ser montada en un conjunto de rejilla 4 (véase las figuras 4-5) que incluye una pluralidad de celdas de rejilla tubular y está destinada a contener una pluralidad de barras de combustible alargadas 6 en un haz de barras de combustible 8 (véase la figura 6) en un reactor nuclear. La celda de rejilla
25 tubular 2 tiene forma de cilindro, una sección transversal esencialmente circular y una extensión alargada a lo largo de un eje longitudinal A, y tiene una longitud L, y ese eje A tiene una dirección esencialmente vertical durante su uso normal.

30 La celda de rejilla tubular comprende una carcasa de celda 10 que define una abertura superior 12 y una abertura inferior 14 (véase la figura 3) configuradas para recibir una barra de combustible 6 (ver figura 4).

35 La carcasa de celda 10 comprende, a lo largo del eje longitudinal A, una sección inferior 16, una sección superior 18 y una sección intermedia 20 dispuesta entre las secciones superior e inferior. Las secciones inferior y superior pueden estar dispuestas simétricamente con respecto a la sección intermedia como se representa en la figura 3.

40 La sección intermedia 20 está provista de dos pares de elementos de soporte 22, cada uno de los cuales tiene una extensión dirigida radialmente hacia dentro, uno de dichos pares está dispuesto cerca de una parte superior de la sección intermedia 20, y el otro de dichos pares está dispuesto cerca de una parte inferior de la sección intermedia 20.

45 Los elementos de soporte 22 de cada par están dispuestos en un mismo plano perpendicular al eje A y están posicionados aproximadamente a 120 grados de distancia entre sí, y los elementos de soporte 22 de un par están dispuestos por encima de los elementos de soporte 22 del otro par.

50 La sección intermedia 20 también está provista de un elemento elástico 24 configurado para generar una fuerza elástica en una dirección radial hacia adentro para soportar una barra de combustible. El elemento elástico está dispuesto entre dichos planos de los pares de elementos de soporte y a una distancia esencialmente igual de los planos de los elementos de soporte 22. El elemento elástico 24 está posicionado
55 aproximadamente a 120 grados de distancia de los elementos de soporte visto a lo largo del eje A. El elemento elástico puede tener forma de un resorte de láminas unido a la pared de la carcasa y mostrar una forma arqueada hacia adentro. Cuando se inserta una barra de combustible 6 en la celda de la rejilla, véase la celda central de la figura 4, el elemento elástico 24 está estructurado para impulsar la barra de combustible hacia adentro en una dirección radial contra los elementos de soporte 22.

60 La sección superior 18 y la sección inferior 16 tienen respectivamente una longitud L1 y L2 a lo largo del eje A mayor que 0,1L y menor que 0,3L, es decir, $0,1L < L1(L2) < 0,3L$. En una realización, L1 y L2 son iguales. Además, las secciones superior e inferior están provistas de una pared de carcasa sólida, con un espesor uniforme y sin aberturas, hendiduras ni protuberancias.

Las paredes de carcasa sólidas de las secciones superior e inferior mejorarán las propiedades laterales del conjunto de rejilla que está formado por una pluralidad de celdas de rejilla tubulares soldadas entre sí. La soldadura se realiza en las secciones superior e inferior, por ejemplo, mediante soldadura láser.

Según una realización, cada una de las secciones superior 18 e inferior 16 está provista de un número predeterminado de elementos de soldadura 26 estructurados para soldar cuando se unen celdas de rejilla próximas entre sí. Preferiblemente, cada elemento de soldadura es una protuberancia que se extiende desde la pared de la carcasa a lo largo del eje A.

5

Preferentemente, la celda de rejilla tubular 2 comprende cuatro o seis elementos de soldadura.

Si se disponen cuatro elementos de soldadura 26 en cada sección superior 18 e inferior 16, las celdas de rejilla tubular se disponen ventajosamente en el conjunto de rejilla como se ilustra en la figura 5, en una red cuadrada.

10

Si en cambio se disponen seis elementos de soldadura 26 en cada sección superior 18 e inferior 16, las celdas de rejilla tubular se disponen ventajosamente en el conjunto de rejilla como se ilustra en la figura 4, en una disposición triangular.

15

Tener en cuenta que en las figuras 4 y 5 solo se muestra una pequeña parte del conjunto de la rejilla.

Según una realización, los elementos de soporte 22 están provistos de una estructura abierta en la dirección longitudinal a lo largo del eje A, lo que permite que el refrigerante pase fácilmente. Preferentemente, el elemento de soporte tiene una forma de arco en un plano perpendicular al eje A, y está unido en cada uno de sus extremos a una superficie interior de la pared de la carcasa.

20

Según otra realización más, la pared de la carcasa tubular de la sección intermedia está provista de aberturas en posiciones en las que se disponen los elementos de soporte y el elemento elástico (véase, por ejemplo, la figura 3).

25

La presente invención también se refiere a un conjunto de rejilla 4 que comprende una pluralidad de celdas de rejilla tubular 2 como se ha definido anteriormente. La pluralidad de celdas de la rejilla tubular está dispuesta ventajosamente en una matriz triangular (véase la figura 4) o en una red cuadrada (véase la figura 5).

30

Además, la presente invención se refiere a un conjunto de haces de combustible 8 que comprende al menos dos conjuntos de rejilla 4 dispuestos para sujetar firmemente un haz de barras de combustible 6. En la figura 6 se ilustra esquemáticamente un haz de combustible 8 a modo de ejemplo que comprende cuatro conjuntos de rejilla.

35

La presente invención no se limita a las realizaciones preferidas descritas anteriormente. Se pueden emplear diversas alternativas, modificaciones y equivalencias. Por lo tanto, las realizaciones anteriores no deben tomarse como limitativas para el alcance de la invención, que está definido por las reivindicaciones adjuntas.

40

REIVINDICACIONES

1. Una celda de rejilla tubular (2) para un conjunto de rejilla (4) que incluye una pluralidad de celdas de rejilla tubular y destinada a contener una pluralidad de barras de combustible alargadas (6) en un haz de combustible (8) en un reactor nuclear, la celda de rejilla tubular (2) tiene forma de cilindro, tiene una sección transversal esencialmente circular y una extensión alargada a lo largo de un eje longitudinal A, y tiene una longitud L, y ese eje A tiene una dirección esencialmente vertical durante su uso normal;
 - la celda de rejilla tubular comprende una carcasa de celda (10) que comprende una pared de carcasa tubular que define una abertura superior (12) y una abertura inferior (14) configuradas para recibir una barra de combustible (6),
 - la carcasa de celda (10) comprende, a lo largo del eje longitudinal A, una sección inferior (16), una sección superior (18) y una sección intermedia (20) situada entre las secciones superior e inferior;
 - la sección intermedia (20) está provista de dos pares de elementos de soporte (22) cada uno de los cuales tiene una extensión dirigida radialmente hacia adentro, uno de dichos pares está dispuesto cerca de una parte superior de la sección intermedia (20), y el otro de dichos pares está dispuesto cerca de una parte inferior de la sección intermedia (20), los elementos de soporte (22) de cada par están dispuestos en un mismo plano que es perpendicular al eje A y están posicionados aproximadamente a 120 grados de distancia visto a lo largo del eje A, y los elementos de soporte (22) de un par están dispuestos por encima de los elementos de soporte (22) del otro par, la sección intermedia (20) está provista además de un elemento elástico (24) configurado para generar una fuerza elástica en una dirección radial hacia adentro, el elemento elástico está dispuesto entre dichos planos de los pares de elementos de soporte y a una distancia esencialmente igual de los planos de los elementos de soporte (22), y posicionado aproximadamente a 120 grados de distancia de los elementos de soporte visto a lo largo del eje A, y **caracterizada** por el hecho de que la sección superior (18) y la sección inferior (16) tienen respectivamente una longitud L1 y L2 a lo largo del eje A que es mayor que 0,1L y menor que 0,3L, es decir, $0,1L < L1 (L2) < 0,3L$, y está provista de una pared de carcasa sólida, que tiene un espesor uniforme y sin aberturas, hendiduras o protuberancias, excepto por elementos de soldadura opcionales que se extienden desde la pared de la carcasa a lo largo del eje A, en donde las paredes de carcasa sólidas de las secciones superior e inferior mejoran las propiedades laterales del conjunto de rejilla que está formado por una pluralidad de celdas de rejilla tubular soldadas entre sí, y en donde las secciones superior e inferior están estructuradas tal que la soldadura puede realizarse en las secciones superior e inferior, por ejemplo, mediante soldadura láser.
2. Celda de rejilla tubular (2) según la reivindicación 1, en la que cada una de las secciones superior (18) e inferior (16) está provista de un número predeterminado de elementos de soldadura (26) estructurados para soldadura, por ejemplo, soldadura láser, al unir celdas de rejilla colindantes entre sí.
3. Celda de rejilla tubular (2) según la reivindicación 1 ó 2, en la que cada elemento de soldadura es una protuberancia que se extiende desde la pared de la carcasa a lo largo del eje A.
4. Celda de rejilla tubular (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende cuatro o seis elementos de soldadura (26).
5. Celda de rejilla tubular (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que dichos elementos de soporte (22) están provistos de una estructura abierta en la dirección longitudinal a lo largo del eje A que permite el paso de refrigerante.
6. Celda de rejilla tubular (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que dicho elemento de soporte (22) tiene forma de arco en un plano perpendicular al eje A, y está unido en cada uno de sus extremos a una superficie interior de la pared de la carcasa.
7. Celda de rejilla tubular según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que la pared de la carcasa tubular de la sección intermedia (20) está provista de aberturas en posiciones en las que están dispuestos los elementos de soporte (22) y el elemento elástico (24).
8. Un conjunto de rejilla (4) que comprende una pluralidad de celdas de rejilla tubular (2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
9. Un haz de combustible (8) que comprende al menos dos conjuntos de rejilla (4) según la reivindicación 8.
10. Un reactor nuclear que comprende al menos un haz de combustible (8) según la reivindicación 9.

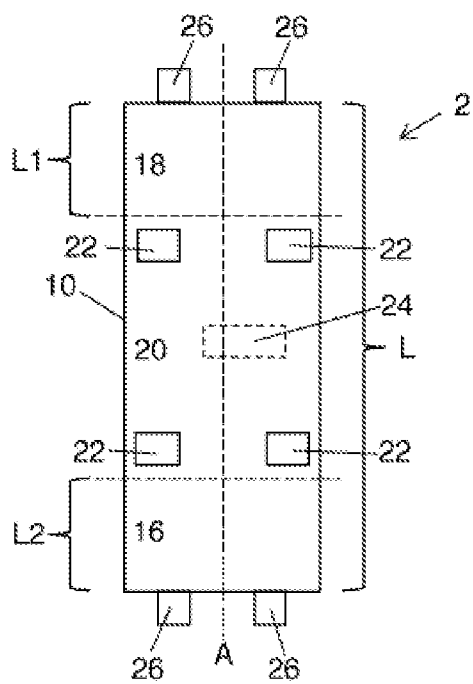


FIG. 1

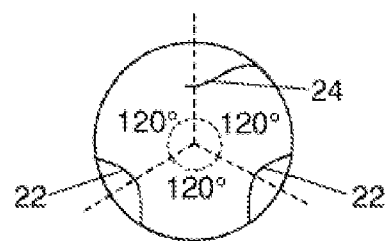


FIG. 2

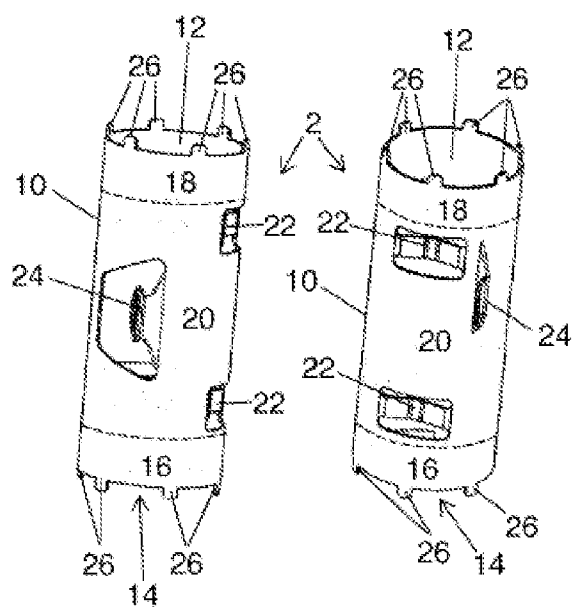


FIG. 3

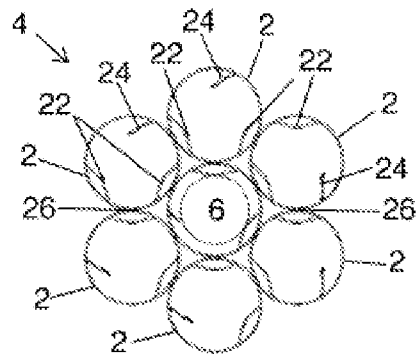


FIG. 4

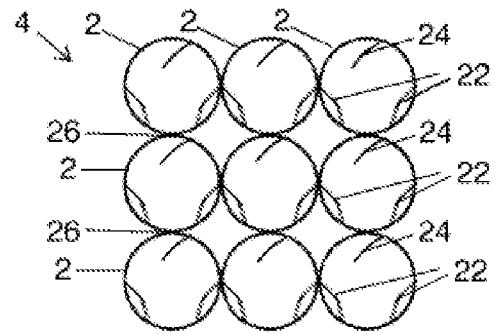


FIG. 5

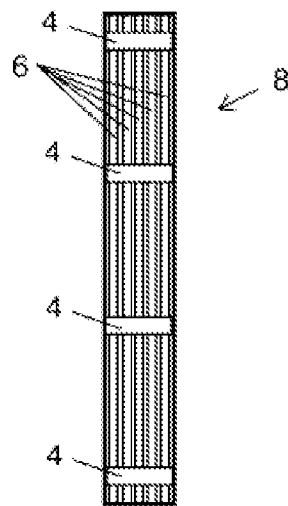


FIG. 6