

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 502 533**

51 Int. Cl.:

G21C 3/352 (2006.01)

G21C 3/356 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2010 E 10703159 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.07.2014 EP 2411984**

54 Título: **Conjunto de combustible nuclear con rejillas dotadas de pestañas pivotantes**

30 Prioridad:

27.03.2009 US 412411

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.10.2014

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)
1000 Westinghouse Drive
Cranberry Township, Pennsylvania 16066, US**

72 Inventor/es:

BOONE, MICHAEL L.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 502 533 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Conjunto de combustible nuclear con rejillas dotadas de pestañas pivotantes

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

- 5 La presente invención versa, en general, acerca de reactores nucleares y, más en particular, acerca de cualquier reactor nuclear que tiene un conjunto de combustible con una rejilla mejorada.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 En la mayoría de reactores nucleares refrigerados por agua, el núcleo del reactor comprende un gran número de conjuntos alargados de combustible. En los reactores nucleares de agua a presión (PWR), estos conjuntos de combustible incluyen, normalmente, una pluralidad de varillas de combustible sujetas en una matriz organizada por medio de una pluralidad de rejillas separadas axialmente en toda la longitud del conjunto de combustible y fijadas a una pluralidad de tubos guía alargados del conjunto de combustible. Normalmente, los tubos guía reciben varillas de control o instrumentación en los mismos. Unas toberas superior e inferior en extremos opuestos del conjunto de combustible están fijadas a los extremos de los tubos guía que se extienden ligeramente por encima y por debajo de los extremos de las varillas de combustible.

15 Las rejillas, como son conocidas en la técnica relevante, son utilizadas para mantener con precisión la separación y el soporte entre las varillas de combustible en el núcleo del reactor, proporcionar un soporte lateral para las varillas de combustible e inducir la mezcla del refrigerante. Un tipo de diseño convencional de rejilla incluye una pluralidad de flejes intercalados que forman conjuntamente una configuración de huevera que tiene una pluralidad de celdas aproximadamente cuadradas que aceptan individualmente las varillas de combustible en las mismas. Dependiendo de la configuración de los tubos guía, los tubos guía pueden ser recibidos bien en las celdas que están dimensionadas igual que aquellas que reciben varillas de combustible en las mismas, o en celdas de tubos guía relativamente mayores definidas en los flejes intercalados. Los flejes intercalados proporcionan puntos de fijación para los tubos guía, permitiendo, de esta manera, su posicionamiento en ubicaciones separadas en toda la longitud del conjunto de combustible.

20 Los flejes están configurados de forma que las celdas a través de las cuales pasan las varillas de combustible incluyan uno o más resortes relativamente flexibles y una pluralidad de pestañas relativamente rígidas. Los resortes y las pestañas pueden estar formados del metal de los flejes intercalados y se proyectan hacia fuera desde los mismos al interior de las celdas a través de las cuales pasan las varillas de combustible. Entonces, los resortes y las pestañas de cada celda de varilla de combustible hacen contacto con la varilla de combustible correspondiente que se extiende a través de la celda. Los flejes externos de la rejilla están fijados entre sí y rodean periféricamente los flejes internos de la rejilla para impartir resistencia y rigidez a la rejilla y para definir celdas individuales de varilla de combustible en torno al perímetro de la rejilla. Normalmente, los flejes internos están soldados o bronzesoldados en cada intersección y los flejes internos también están soldados o bronzesoldados a los flejes periféricos o externos que definen el perímetro externo del conjunto.

25 En el ámbito de la celda individual, normalmente se proporciona el soporte de varilla de combustible por medio de la combinación de pestañas rígidas de soporte y resortes flexibles, como se ha mencionado anteriormente. Se han utilizado, o se utilizan en la actualidad, muchas variaciones de la geometría de soporte de resorte-pestaña, incluyendo resortes diagonales, resortes con forma de "I", resortes en voladizo, pestañas horizontales y verticales, etc. El número de resortes por celda también varía. La disposición típica es de dos resortes y de cuatro pestañas por celda. La geometría de las pestañas y de los resortes necesita ser determinada meticulosamente para proporcionar un soporte adecuado de varilla durante la vida del conjunto.

30 Durante la irradiación, la fuerza inicial del resorte se relaja más o menos rápidamente, dependiendo del material del resorte y del entorno de irradiación. El diámetro del envainado también cambia como resultado de la presión muy elevada del refrigerante y de las temperaturas de operación y las pastillas de combustible en el interior de la varilla también cambian su diámetro mediante densificación y aumento de volumen. El diámetro exterior del envainado también aumenta, debido a la formación de una capa de óxido. Como resultado de estos cambios dimensionales y de propiedades de material, supone un gran desafío mantener un soporte adecuado de las varillas durante la vida de un conjunto de combustible.

35 Bajo el efecto de un flujo axial y de un flujo cruzado inducidos por gradientes térmico y de presión en el reactor y otras alteraciones de flujo, tales como ondas estacionarias y turbulencias, las varillas de combustible, que son cuerpos delgados, vibran continuamente con amplitudes relativamente pequeñas. Si no se soporta de forma apropiada la varilla, esta amplitud de vibración muy pequeña puede dar lugar a un movimiento relativo entre los puntos de soporte y el envainado. Si la presión ejercida por la varilla deslizante sobre las superficies relativamente pequeñas de pestaña y de soporte de rejilla es lo suficientemente elevada, se puede eliminar mediante abrasión una pequeña capa de corrosión sobre la superficie del envainado, exponiendo el metal de la base al refrigerante. Según

se forma una nueva capa de corrosión sobre la superficie recién expuesta de envainado, también es eliminada mediante abrasión hasta que se perfora en última instancia la pared de la varilla. Este fenómeno es conocido como vibrocorrosión interfacial localizada y en 2006 fue la causa principal de fallos de combustible en los reactores PWR.

5 Las rejillas de soporte también proporcionan otra función importante en el conjunto, la de la mezcla de refrigerante para reducir la temperatura máxima de refrigeración. Dado que el calor generado por cada varilla no es uniforme, existen gradientes térmicos en el refrigerante. Un parámetro importante en el diseño de los conjuntos de combustible es mantener una transferencia de calor eficaz desde las varillas hasta el refrigerante. Cuanto mayor sea la cantidad de calor eliminada por unidad de tiempo, mayor será la potencia que se genera. A temperaturas del refrigerante suficientemente altas, la tasa de calor que puede ser eliminada por unidad de área de envainado en un tiempo dado se reduce bruscamente de forma significativa. Este fenómeno es conocido como límite de ebullición nucleada o LEN. Si dentro de los parámetros de la operación del reactor, la temperatura del refrigerante alcanzase el punto del LEN, la temperatura superficial del envainado aumentaría rápidamente para evacuar el calor generado en el interior de la varilla y una oxidación rápida del envainado daría lugar a un fallo del envainado. Dado que el LEN, si se produce, tiene lugar en el punto en el que el refrigerante se encuentra a su temperatura máxima, se colige que la reducción de la temperatura máxima del refrigerante mediante el mezclado del refrigerante en el conjunto permita la generación de mayores cantidades de potencia sin alcanzar condiciones de LEN. Normalmente, se consigue el mezclado mejorado utilizando paletas de mezclado en el lado de flujo descendente de la estructura de rejilla. La eficacia del mezclado depende de la forma, del tamaño y de la ubicación de las paletas de mezclado con respecto a la varilla de combustible.

20 Otras funciones importantes de la rejilla incluyen la capacidad para soportar una manipulación y una operación normal con cargas previstas para casos de accidente sin perder la función y para evitar “puntos calientes” en las varillas de combustible debidos a la formación de bolsas de vapor entre las varillas de combustible y los puntos de soporte, que pueden producirse cuando no hay disponible localmente suficiente refrigerante para evacuar el calor generado en la varilla. Las bolsas de vapor provocan un sobrecalentamiento de la varilla de combustible hasta el punto de rotura mediante una coerción localizada rápida del envainado.

Mantener un flujo refrigerante sustancialmente equilibrado a través de los conjuntos de combustible a través del núcleo es un objetivo deseable para mantener una transferencia de calor sustancialmente uniforme. Cualquier cambio en el diseño del conjunto de combustible puede alterar la caída de presión y afectar al equilibrio relativo en la resistencia a la fluencia a través del núcleo entre los diversos tipos de conjuntos de combustible. Los cambios en el diseño de la rejilla que reducen la caída de presión son deseables debido a que tales cambios permiten que un diseñador del conjunto de combustible introduzca otras mejoras que restauren el equilibrio de caída de presión entre los conjuntos de combustible.

35 Como se ha mencionado anteriormente, las pestañas y los resortes de los flejes de la rejilla se proyectan al interior de una ubicación de las celdas de la rejilla para colocar una varilla de combustible nuclear en la matriz reticular. Cuanto más alta sea la pestaña y más se proyecte hacia el interior de la celda de la rejilla, más rígida será la pestaña. Esta mayor rigidez puede tener como resultado que las varillas de combustible sean arañadas o raspadas durante la carga de varillas. Una pestaña más rígida también aumenta el riesgo de corrosión por rozamiento entre pestaña y varilla debido a mayores esfuerzos de contacto de la varilla de combustible. Por lo tanto, el diseñador de las pestañas necesita proporcionar una rigidez adecuada para colocar la varilla de combustible, pero minimizar la rigidez para reducir los arañazos, el raspado y el potencial de corrosión por rozamiento.

En los documentos US 4 585 616, US 2006/0227925A1 y US 6 310 931B1 se encuentra la técnica anterior relevante.

45 El documento US 4 585 616 da a conocer una rejilla espaciadora de combustible nuclear, teniendo los flejes de la rejilla pestañas formadas cada una por una banda perforada de anchura uniforme por toda su longitud, teniendo cada pestaña una plataforma superior que hace contacto con la varilla de combustible y dos patas de pedestal que conectan la plataforma superior con la pared del fleje de la rejilla. La pestaña se extiende entre dos recortes paralelos de ventana que tienen lados rectos paralelos y extremos longitudinales redondeados.

50 El documento US 2006/0227925A1 da a conocer una rejilla espaciadora de varillas de combustible que tiene pestañas alargadas cortadas por troquel del fleje de la rejilla que tiene una placa superior que forma un canal cóncavo que hace contacto con la varilla de combustible, teniendo el canal de la pestaña aproximadamente la misma curvatura que la superficie externa de la varilla de combustible.

El documento US 6 310 932 B1 da a conocer una rejilla espaciadora que tiene pestañas cortadas por troquel de los flejes de la rejilla, teniendo las pestañas la misma anchura en toda su longitud, con dos recortes longitudinales estrechos de ventana en cada lado de cada pestaña.

55 Por lo tanto, es deseable proporcionar una rejilla mejorada que exhiba una transferencia de calor eficaz y un soporte mejorado de las varillas de combustible con menos potencial de arañar o raspar las varillas de combustible cuando son cargadas en el conjunto. Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar tal rejilla mejorada que tenga un número de ventajas de fabricación.

Sumario de la invención

Se consiguen los anteriores objetivos por medio de una rejilla mejorada de conjunto de combustible nuclear según se define en las reivindicaciones adjuntas. La rejilla tiene una primera pluralidad de flejes alargados paralelos separados y una segunda pluralidad de flejes alargados paralelos separados colocados de forma ortogonal con respecto a la primera pluralidad de flejes alargados paralelos separados. Las pluralidades primera y segunda de flejes alargados paralelos separados están alineados con un patrón regular, de forma que la intersección de cada conjunto de cuatro flejes adyacentes defina una celda, algunas de las cuales soportan varillas de combustible, formando una extensión de cada uno de los flejes primero y segundo que bordean cada celda una pared de la celda. Preferentemente, los flejes están intercalados en sus intersecciones con un patrón de huevera. Un fleje de borde rodea el perímetro exterior de las pluralidades primera y segunda de flejes alargados paralelos separados y está fijado en las intersecciones con los flejes interiores. Al menos una pared de las celdas que soportan varillas de combustible tiene una pestaña que se extiende desde la pared hacia el interior de la celda a partir de un recorte con forma de "hueso de perro" en la pared de la celda.

En una realización, la pestaña tiene bordes corriente arriba y corriente abajo que hacen contacto con la varilla de combustible cuando se carga la varilla de combustible en la rejilla, estando los bordes corriente arriba y corriente abajo redondeados en una dirección alejada de la varilla de combustible para evitar que cualquier superficie abrupta haga contacto con la varilla según se carga o descarga la varilla. Los bordes redondeados están formados mediante forjado radial. Preferentemente, las pluralidades primera y segunda de flejes tienen una dimensión axial que se extiende por toda la dimensión alargada del fleje y el recorte con forma de "hueso de perro" se extiende paralelo a la dimensión axial.

En una realización, el recorte con forma de "hueso de perro" comprende tres recortes separados que están apilados en una relación separada a lo largo de la altura de la pared de la celda con un recorte central con una forma tradicional de "hueso de perro" que comprende una varilla central que tiene un lóbulo en ambos extremos, un recorte superior que comprende una mitad de una forma tradicional de "hueso de perro" dividida a lo largo de la varilla y a través de los lóbulos con los lóbulos orientados hacia el recorte central y un recorte inferior que comprende una mitad de una forma tradicional de "hueso de perro" dividida a lo largo de la varilla y a través de los lóbulos con los lóbulos orientados hacia el recorte central. De forma deseable, la pestaña, en una vista lateral, es un soporte con una plataforma encima que se extiende al exterior sobre el soporte.

Breve descripción de los dibujos

Se puede obtener una comprensión adicional de la invención a partir de la siguiente descripción de la realización preferente cuando sea leída junto con los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 es una vista en planta desde arriba de una rejilla convencional de conjunto de combustible de un reactor de agua a presión;

la Figura 2 es una vista en alzado, parcialmente en corte, de un conjunto de combustible que emplea la rejilla de varillas de combustible de la presente invención; ilustrándose el conjunto en forma verticalmente acortada con piezas cortadas en aras de la claridad;

la Figura 3 es una vista lateral de una pared de un fleje de la rejilla que muestra dos pestañas apiladas verticalmente;

la Figura 4 es una vista en planta de las pestañas mostradas en la Figura 3;

la Figura 5A es una vista esquemática de una de las pestañas de las Figuras 3 y 4 que está a punto de encontrarse con una varilla de combustible que está siendo cargada en la celda correspondiente de la rejilla;

la Figura 5B es una ilustración esquemática de la Figura 5A, habiendo avanzado la varilla de combustible para acoplarse con la pestaña; y

la Figura 5C es una ilustración esquemática de la disposición mostrada en las Figuras 5A y 5B con la punta de la varilla de combustible cargada más allá de la pestaña.

Descripción de la realización preferente

Las rejillas espaciadoras de combustible nuclear son utilizadas en conjuntos de combustible para colocar varillas de combustible nuclear. La colocación precisa de las varillas de combustible nuclear es crítica para garantizar un rendimiento nuclear y termohidráulico apropiado del núcleo de un reactor nuclear. Una rejilla espaciadora ideal de combustible nuclear debería:

1. Ser sencilla y barata de fabricar;
2. Permitir la reconstitución de la varilla de combustible y una carga sencilla de las varillas de combustible;
3. Mantener la geometría del conjunto de combustible durante la vida útil del conjunto de combustible;
4. Tener un diseño de menor caída de presión, y, no obstante, fomentar el mezclado del refrigerante y la transferencia de calor; y
5. Tener una baja absorción de neutrones.

Muchas rejillas espaciadoras convencionales están compuestas de flejes rectos de rejilla que están intercalados entre sí para formar una configuración de huevera que tiene una pluralidad de celdas aproximadamente cuadradas, muchas de las cuales soportan varillas de combustible. En la Figura 1 se puede encontrar un ejemplo de tal rejilla convencional 10 de combustible. Una matriz paralela separada de flejes 12 de rejilla de igual longitud está colocada ortogonalmente con respecto a una segunda pluralidad de flejes paralelos separados 14 de rejilla de igual longitud y está rodeada por un fleje 18 de borde, estando soldado cada uno de los flejes en sus intersecciones. Las celdas 16 soportan las varillas de combustible mientras que las celdas 20 soportan tubos guía y un tubo de instrumentación. Debido a que las varillas de combustible deben mantener una separación o espaciado mutuos, estos flejes rectos 12 y 14 de rejilla en las ubicaciones que bordean las celdas 16 que soportan las varillas de combustible tienen resortes 22 y/o pestañas 24 que están estampados en los lados de los flejes 12 y 14 para proyectarse hacia el interior de las celdas 16 para hacer contacto con las varillas de combustible y mantenerlas firmemente en su posición. Las características estampadas en los flejes 12 y 14 de la rejilla, es decir, los resortes 22 y las pestañas 24, requieren un diseño meticuloso y una fabricación precisa para garantizar que se mantiene una fuerza adecuada para fijar las varillas de combustible cuando se considera en combinación con las otras rejillas en la matriz tándem de rejillas por todo el conjunto de combustible.

Con referencia a la Figura 2, se muestra una vista en alzado de un conjunto de combustible representado en forma acortada verticalmente y designándose, en general, por el número de referencia 40. El conjunto 40 de combustible es del tipo utilizado en un reactor de agua a presión y básicamente incluye una estructura extrema inferior o una tobera inferior 42 para soportar el conjunto de combustible en una placa inferior (no mostrada) del núcleo en la región del núcleo del reactor y un número de tubos 44 o manguitos guía que se extienden longitudinalmente que se prolongan hacia arriba desde la tobera inferior 42. El conjunto 40 incluye, además, una pluralidad de rejillas transversales 10, construidas según la presente invención, y mostrado parcialmente con más detalle en las Figuras 3, 4 y 5. Las rejillas 10 están separadas axialmente a lo largo de los manguitos guía 44, y están soportadas por los mismos. El conjunto 40 también incluye una pluralidad de varillas alargadas 36 de combustible colocadas transversalmente y soportadas en una matriz organizada por medio de las rejillas 10. Además, el conjunto 40 tiene un tubo 46 de instrumentación ubicado en el centro del mismo y una tobera 48 o estructura extrema superior fijado en los extremos superiores de los manguitos guía 44. Con tal disposición de piezas, el conjunto 40 de combustible forma una unidad integral con capacidad de ser manipulada convenientemente sin dañar el conjunto de piezas.

Como se ha mencionado anteriormente, se mantienen las varillas 36 de combustible y la matriz de las mismas en el conjunto 40 en una relación mutuamente separada por medio de las rejillas 10 separadas en toda la longitud del conjunto de combustible. Cada varilla 36 de combustible incluye pastillas 50 de combustible nuclear y los extremos opuestos de las varillas 36 están encerradas por medio de tapones extremos superior e inferior 52 y 54 de cierre, para sellar herméticamente la varilla. Habitualmente, se dispone un resorte 56 del *plenum* entre el tapón extremo superior 52 de cierre y las pastillas 50 de combustible para mantener las pastillas de combustible en una relación apilada apretada en la varilla 36. Las pastillas 50 de combustible compuestas de material fisil son responsables para crear la potencia reactiva del PWR. Se bombea un refrigerante/moderador líquido, tal como agua o boro que contiene agua, hacia arriba a través de los conjuntos de combustible del núcleo para extraer calor generado en el mismo para la producción de trabajo útil.

Para controlar el procedimiento de fisión, varias varillas 58 de control son amovibles en vaivén en los manguitos guía 44 ubicados en posiciones predeterminadas en el conjunto 40 de combustible. Específicamente, la tobera superior 48 tiene asociada con la misma un mecanismo 60 de control de haces de varillas, que tiene un miembro cilíndrico roscado internamente 62 con una pluralidad de uñas o brazos 64 que se extienden radialmente, de forma que el mecanismo 60 de control es operable para mover las varillas 58 de control verticalmente en los manguitos guía 44 para controlar, de ese modo, el procedimiento de fisión en el conjunto 40 de combustible, todo ello de forma bien conocida.

Como se ha mencionado anteriormente, el diseño del área de contacto entre las paredes laterales de las celdas de la rejilla que soportan las varillas de combustible y la superficie del envainado de las varillas es crítico para garantizar que hay suficiente fuerza para fijar las varillas contra vibraciones perjudiciales sin arañar el envainado. Con ese fin, la presente invención proporciona un diseño de rejilla con pestañas pivotantes blandas que utiliza un recorte de ventana con forma de "hueso de perro" y un forjado radial de bordes perpendiculares al flujo de refrigerante para minimizar la caída de presión y reducir la susceptibilidad de que la varilla de combustible tenga fugas durante la operación del reactor. La característica de forjado radial elimina el material típico elevado/por endurecimiento mecánico común con bordes biselados históricamente de pestaña que dan lugar al arañar/raspar de las varillas de combustible. Un forjado radial permite que la varilla de combustible pase suavemente sobre el borde redondeado a la sección plana de contacto con la varilla de la pestaña. La característica con forma simétrica de "hueso de perro" proporciona a la pestaña más oportunidad de pivotar durante la carga de la varilla, lo que tiene como resultado un alineamiento mejorado entre la pestaña y la varilla de combustible, minimizando, de ese modo, los arañazos. La forma de "hueso de perro" también permite que una pestaña con un área grande de contacto sea más blanda que una pestaña típica, lo que reduce los esfuerzos de contacto y el desgaste de corrosión por rozamiento durante las operaciones del reactor.

La forma de “hueso de perro” también aumenta la resistencia del troquel durante la fabricación, dado que permite que se utilice más material en el troque, lo que tiene como resultado menos esfuerzo y desgaste del troquel y reduce la carga necesaria para desplazar la pestaña durante la formación, reduciendo, de esta manera, los costes de fabricación. La forma de “hueso de perro” reduce la rigidez de la pestaña asociada con el contacto entre pestaña y varilla, dado que la ventana fue recortada con la forma del radio de perfil de la pestaña, lo que tiene como resultado una minimización del desgaste entre pestaña y varilla debido a menores esfuerzos de contacto durante operaciones del reactor.

En la Figura 3 se ilustra una porción de un fleje 12 de la rejilla que contiene el diseño de rejilla de pestaña pivotante blanda de la presente invención, aunque se debería apreciar que el diseño de la pestaña de la presente invención 26 puede ser aplicado a uno o ambos flejes 12 y 14. Se muestran dos pestañas tales 28 y 30 en la anchura de la celda única 16 ubicada en una pared 32 de la celda. La disposición 28 y 30 de la pestaña se extiende desde la pared 32 al interior de la celda 16 desde un recorte con forma de “hueso de perro” en la pared 32 de la celda 16. El recorte con forma de “hueso de perro” de la disposición 28 y 30 de pestaña comprende, preferentemente, tres recortes separados 66, 68 y 70. Los tres recortes separados están apilados en una relación separada a lo largo de la altura de la pared 32 de la celda 16 con el recorte central 66 en una forma tradicional de “hueso de perro” que comprende una varilla central 34 con un lóbulo 38 en ambos extremo. El recorte superior 68 comprende una mitad de una forma tradicional de “hueso de perro” dividida a lo largo de la varilla 34 y a través de los lóbulos 38 con los lóbulos orientados hacia el recorte central 66. El recorte inferior 70 comprende una mitad de una forma tradicional de “hueso de perro” dividida a lo largo de la varilla 34 y a través de los lóbulos 38 con los lóbulos orientados hacia el recorte central 66. Preferentemente, los bordes horizontales 72 que hacen contacto con la varilla de combustible están sometidos a forjado radial para producir un borde redondeado 72 que se dobla alejándose de la varilla de combustible y presenta una transición suave para el borde de la varilla de combustible cuando hace contacto con la pestaña 28 y 30.

La Figura 4 es una vista en planta de la pared 32 de la celda que muestra un perfil de la pestaña superior 30.

La Figura 5 es una serie de esquemas que muestran la varilla de combustible siendo cargada en la celda 16 y su interacción, desde una vista lateral, con una pestaña 30 cuando se acopla la punta de la varilla, se desliza por la pestaña 30, y pasa sobre la misma. Aunque se ilustra una vista lateral esquemática de la pestaña, se debería apreciar que la pestaña 28 se comportará de la misma forma. La “F” significa la fuerza que está siendo aplicada a la varilla 36 de combustible para cargar la varilla en el conjunto. En la Figura 5A se muestra la varilla 36 acercándose a la pestaña que se ilustra en un estado estático. En la Figura 5B la varilla 36 de combustible se acopla con la parte superior o plataforma 76 que está soportada por la pata 78 de pedestal de la pestaña 30 y pivota la plataforma hacia abajo en el lado que hace contacto con la varilla 36 de combustible para reducir la presión sobre la varilla de combustible y evitar arañar o raspar la varilla. En la Figura 5C el soporte 76 vuelve a una orientación horizontal según pasa la punta de la varilla 36 de combustible para adaptarse a la línea del envainado de la pared lateral de la varilla 36 de combustible. Aunque no se muestra con detalle el forjado radial 72, su forma será apreciada fácilmente por una persona con un nivel normal de dominio de la técnica.

Por lo tanto, el forjado radial reduce los esfuerzos de contacto durante la carga de la varilla y la forma de la ventana de “hueso de perro” de la pestaña permite que la pestaña pivote durante la carga de la varilla, minimizando ambos el raspado y los arañazos. Cuando se aplica el recorte de ventana de “hueso de perro” en el radio del perfil formado de pestaña, tiene como resultado la reducción de la rigidez de la pestaña, lo que minimiza el desgaste relacionado con el contacto entre pestaña y varilla. Los beneficios adicionales de la forma de “hueso de perro” son que:

- Aumenta la resistencia del troquel, lo que aumentará la vida del inserto para el troquel;
- Reduce la carga necesaria para desplazar la pestaña, dado que se reduce el área por los extremos de la forma de “hueso de perro” donde comienza el radio del perfil; y
- Aumenta la distancia desde la zona afectada por el calor de la soldadura entre flejes, minimizando los efectos térmicos sobre la pestaña, tales como la deformación o desalineación de la pestaña.

El forjado radial de los bordes de la pestaña en contacto con las varillas de combustible que son ortogonales con respecto al eje de las varillas de combustible, es un procedimiento que utiliza una fuerza extrema para desplazar el material con una reducción en el grosor de la pieza a trabajar que redondea los bordes del material y elimina el material típico elevado/por endurecimiento común con bordes biselados históricamente de pestaña que dan lugar a un arañazo de las varillas de combustible.

Aunque se han descrito en detalle realizaciones específicas de la invención, los expertos en la técnica apreciarán que se podrían desarrollar diversas modificaciones y alternativas a esos detalles a la luz de las enseñanzas generales de la divulgación. Por ejemplo, aunque la realización preferente está dirigida a una rejilla mejorada para un conjunto de combustible de un reactor de agua a presión, los principios de la presente invención también podrían ser aplicados a un reactor de agua en ebullición. Además, aunque la realización preferente emplea dos pestañas apiladas separadas 28 y 30 debería apreciarse que se pueden combinar las dos pestañas en una única pestaña alargada, que se extiende desde recortes modificados de “hueso de perro”, aunque, cuanto más alta sea la pestaña y más se proyecte hacia el interior de la celda de la rejilla, más rígida es la pestaña, se pueden utilizar otras

correcciones para adaptar la rigidez a la deseada. En consecuencia, se pretende que las realizaciones particulares divulgadas anteriormente solo sean ilustrativas y no limitantes en cuanto al alcance de la invención, al que se debe dar la amplitud de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una rejilla de conjunto de combustible nuclear que comprende:

5 una primera pluralidad de flejes alargados paralelos separados (12), una segunda pluralidad de flejes alargados paralelos separados (14) colocados ortogonalmente con respecto a una primera pluralidad de flejes alargados paralelos separados (12) y alineadas en un patrón regular, de forma que la intersección de cada conjunto de cuatro flejes adyacentes defina una celda, algunas (16) de las cuales soportan varillas (36) de combustible, con una extensión de cada uno de los flejes primero y segundo (12, 14) que bordean cada celda formando una pared de la celda (16),

10 en la que al menos una pared (32) de las celdas (16) que soportan varillas (36) de combustible tiene una disposición de pestañas (30) que se extiende desde la pared (32) al interior de la celda desde los recortes de ventana con forma de "hueso de perro" en la pared (32) de la celda (16), teniendo la pestaña (30) una plataforma (76) de acoplamiento a la varilla de combustible soportada por patas (78) de pedestal de la pestaña.
2. La rejilla de conjunto de combustible nuclear de la reivindicación 1, en la que la disposición de pestañas (30) tiene un primer borde que hace contacto con la varilla (36) de combustible cuando es cargada la varilla de combustible en la rejilla (10) en la que el primer borde está redondeado en una dirección que se aleja de la varilla (36) de combustible.
3. La rejilla de conjunto de combustible nuclear de la reivindicación 2, en la que la disposición de pestañas (30) tiene un segundo borde que está redondeado en una dirección que se aleja de la varilla (36) de combustible.
- 20 4. La rejilla de conjunto de combustible nuclear de la reivindicación 2, en la que sustancialmente todos los bordes de la disposición de pestañas (30) que hacen contacto con la varilla (36) de combustible que son ortogonales con respecto a un eje de la varilla de combustible están redondeados en la dirección que se aleja de la varilla de combustible.
- 25 5. La rejilla de conjunto de combustible nuclear de la reivindicación 1, en la que las pluralidades primera y segunda de flejes (12, 14) tienen una dimensión axial que se extiende a lo largo de la dimensión alargada de los flejes (12, 14) y los recortes con forma de "hueso de perro" que se extienden paralelos con respecto a la dimensión axial.
- 30 6. La rejilla de conjunto de combustible nuclear de la reivindicación 5, en la que un recorte con forma de "hueso de perro" de la disposición de pestañas comprende tres recortes separados que están separados a lo largo de una altura de la pared de la celda con un recorte central (66) en una forma tradicional de "hueso de perro" que comprende una varilla central con un lóbulo (38) en cada extremo, un recorte superior (68) que comprende una mitad de una forma tradicional de "hueso de perro" dividida a lo largo de la varilla y a través de los lóbulos con los lóbulos (38) orientados hacia el recorte central (66) y un recorte inferior (70) que comprende una mitad de una forma tradicional de "hueso de perro" dividida a lo largo de la varilla y a través de los lóbulos con los lóbulos (38) orientados hacia el recorte central (66).
- 35 7. La rejilla de conjunto de combustible nuclear de la reivindicación 6, en la que la disposición (28, 30) de pestañas comprende pestañas primera y segunda (28, 30), en la que la primera pestaña (30) formada entre el recorte central y el recorte superior y la segunda pestaña (28) está formada entre el recorte central (66) y el recorte inferior (70).
- 40 8. La rejilla de conjunto de combustible nuclear de la reivindicación 1, en la que la disposición de pestañas (28, 30) en una vista lateral comprende pedestales (78) con una plataforma (76) encima que se extiende hacia el exterior sobre los pedestales (78).
- 45 9. Un conjunto de combustible nuclear que tiene una pluralidad de rejillas (10) dispuestas en una matriz separada a lo largo de una matriz paralela separada de varillas (36) de combustible nuclear, comprendiendo al menos una de las rejillas (10) las características de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

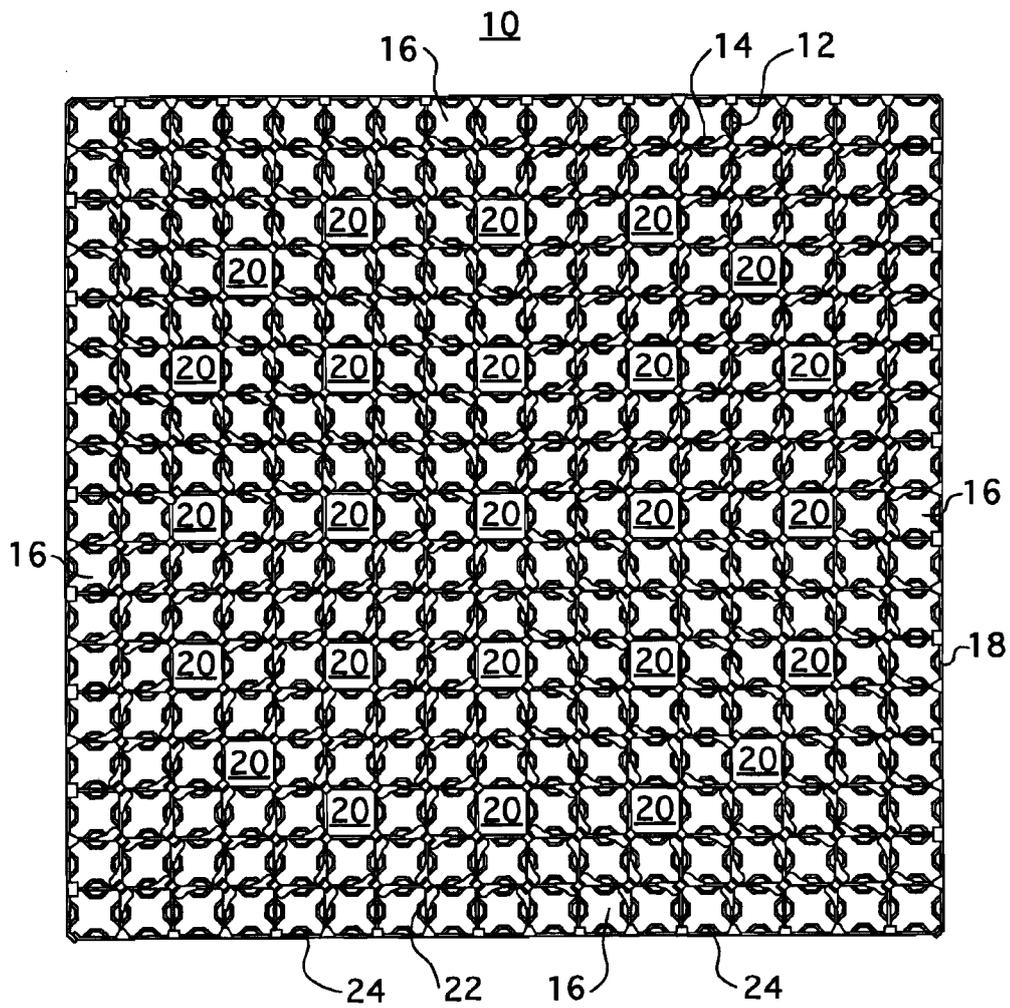


FIG. 1 Técnica anterior

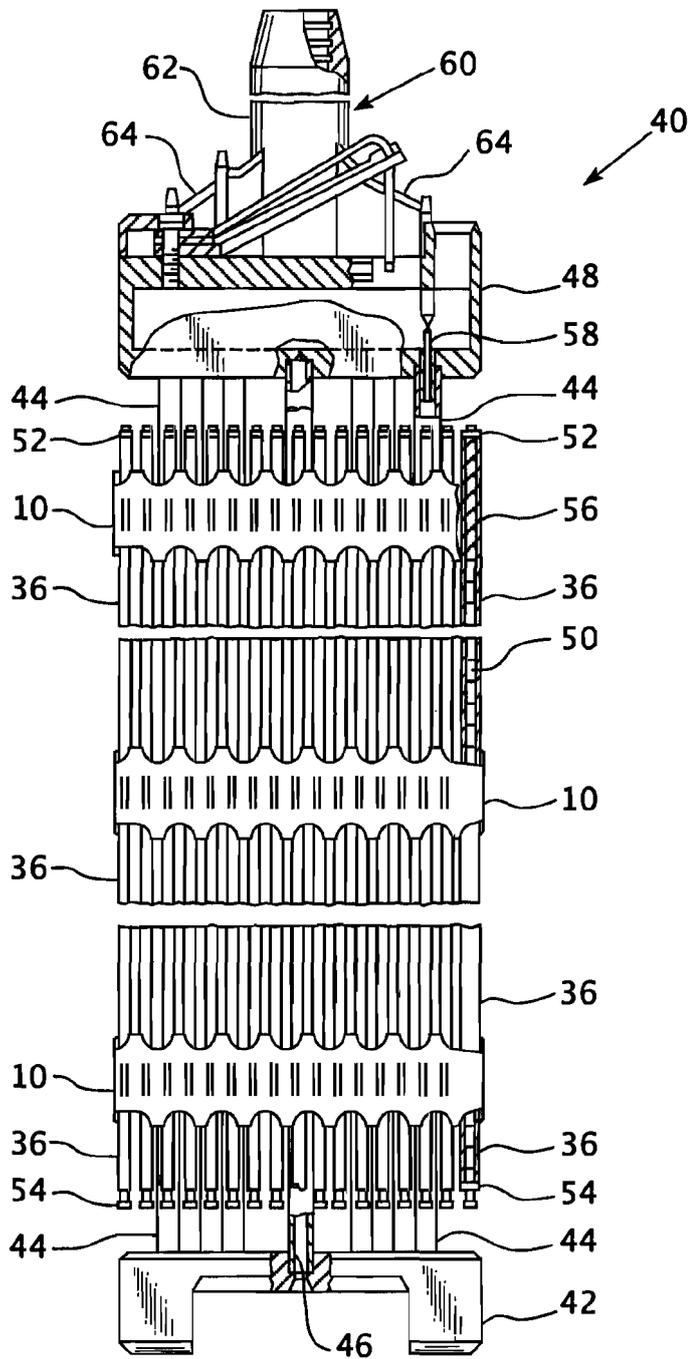


FIG. 2

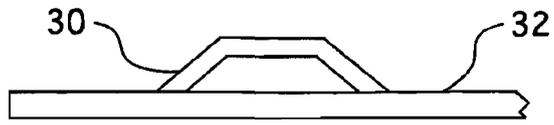


FIG. 4

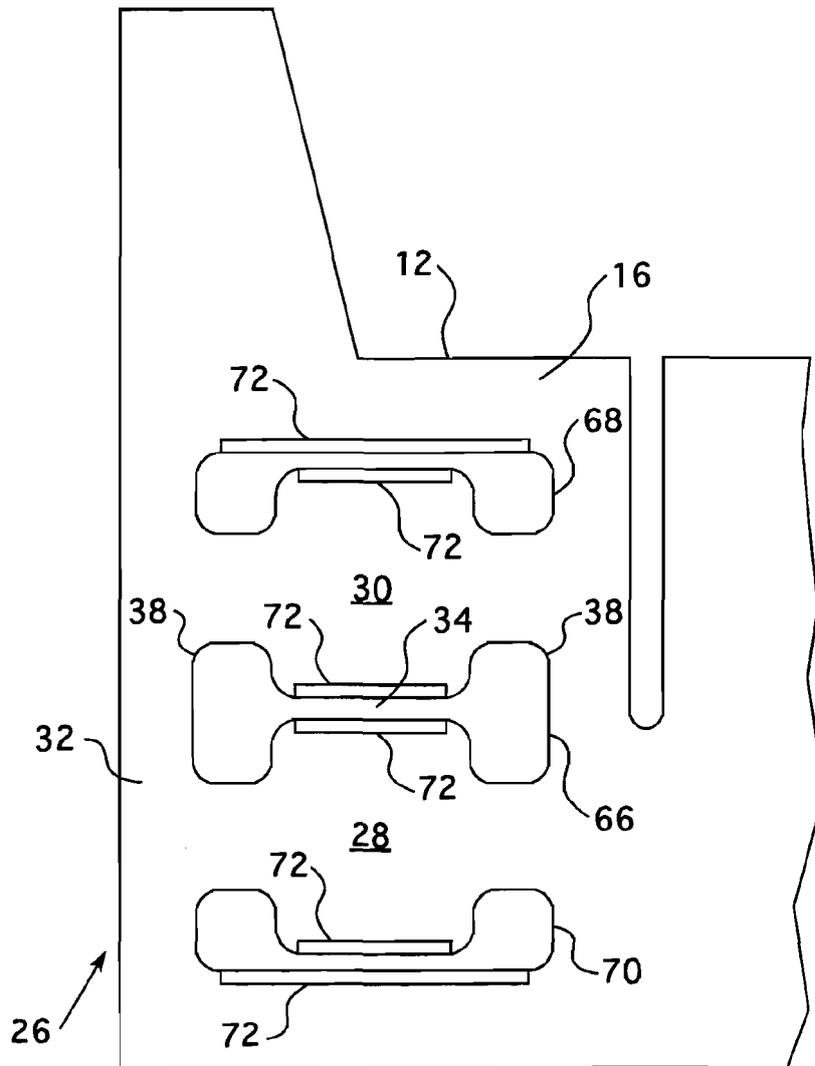


FIG. 3

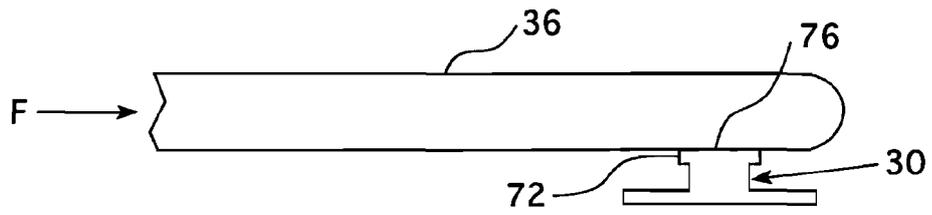


FIG. 5C

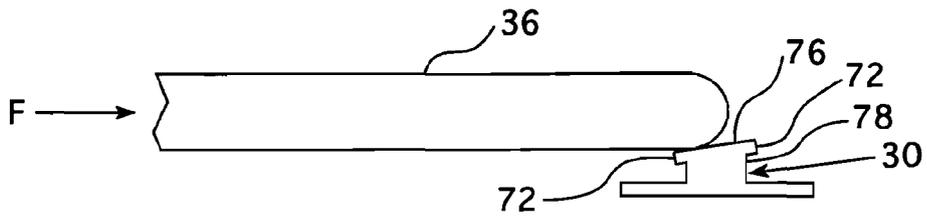


FIG. 5B

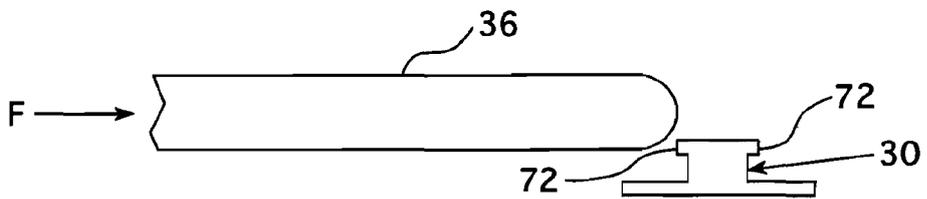


FIG. 5A