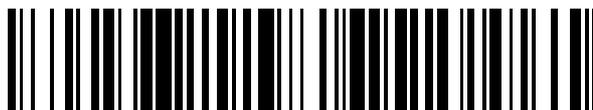


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 486 740**

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: **21.01.2011 E 11000472 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2365490**

54 Título: **Estructura de soporte de varilla de combustible anticorrosión de resorte fraccionado**

30 Prioridad:

16.02.2010 US 706166

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

19.08.2014

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)
1000 Westinghouse Drive
Cranberry Township, Pennsylvania16066, US**

72 Inventor/es:

**EVANS, PAUL MARCUS;
BRODERS, RICHARD P.;
MARZEAN, MICHAEL ANTHONY;
WINEGARDNER, MICHAEL y
REPARAZ, ADOLFO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 486 740 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

Estructura de soporte de varilla de combustible anticorrosión de resorte fraccionado

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 reactores nucleares que tienen conjuntos de combustible que emplean rejillas.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 En la mayoría de reactores nucleares refrigerados por agua, el núcleo del reactor consiste en un gran número de conjuntos de varillas alargadas. En los reactores nucleares de agua a presión (PWR), estos conjuntos de combustible incluyen, normalmente, una pluralidad de varillas de combustible contenidas en un conjunto organizado por medio de una pluralidad de rejillas separadas axialmente en la longitud del conjunto de combustible y fijadas a una pluralidad de envolturas del conjunto de combustible. Normalmente, las envolturas reciben varillas de control o instrumentación en las mismas. Hay unas toberas superior e inferior en extremos opuestos del conjunto de combustible y están fijadas a los extremos de las envolturas que se extienden ligeramente por encima y por debajo de los extremos de las varillas de combustible.

15 Las rejillas, como se conoce en la técnica relevante, son utilizadas para mantener de forma precisa 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 células aproximadamente cuadradas que aceptan, individualmente, las varillas de combustible en las mismas. Dependiendo de la configuración de las envolturas, las envolturas pueden ser recibidas en las células que están dimensionadas igual que aquellas que reciben varillas de combustible en las mismas, o en células de tubo relativamente mayores definidas en los flejes intercalados. Los flejes intercalados proporcionan puntos de fijación a las envolturas, permitiendo, de esta manera, que sean colocados en ubicaciones separadas a lo largo de la longitud del conjunto de combustible.

20 Convencionalmente, los flejes intercalados están configurados de forma que cada una de las células por las que pasan las varillas de combustible incluyen uno o más resortes relativamente elásticos y una pluralidad de pestañas relativamente rígidas. Los resortes y las pestañas pueden estar formados en el metal de los flejes intercalados y se proyectan hacia fuera desde los mismos al interior de las células a través de las que pasan las varillas de combustible. Entonces, los resortes y las pestañas de cada célula de varilla de combustible hacen contacto con la varilla correspondiente de combustible que se extiende a través de la célula. Los flejes externos de la rejilla están fijados entre sí y rodean periféricamente los flejes internos de la rejilla para impartir una resistencia y rigidez a la rejilla y para definir células individuales de varillas 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 Convencionalmente, al nivel de la célula individual, normalmente se proporciona el soporte de la varilla de combustible por medio de una combinación de pestañas rígidas de soporte y resortes flexibles como se ha mencionado anteriormente. Se han utilizado 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 célula también varía. La disposición típica es de dos resortes y de cuatro pestañas por célula. Se necesita determinar con cuidado la geometría de las pestañas y de los resortes para proporcionar un soporte adecuado de las varillas 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 del refrigerante y de las temperaturas de operación muy altas y las pastillas en el interior de la varilla también cambian su diámetro mediante densificación y aumento del volumen. El diámetro externo del envainado también aumenta, debido a la formación de una capa de óxido. Como resultado de estos cambios de dimensiones y de propiedades del material, es un gran reto mantener un soporte adecuado de las varillas durante la vida de un conjunto de combustible.

35 Bajo el efecto del flujo axial y del flujo cruzado inducidos por gradientes térmico y de presión en el interior del reactor y otras perturbaciones del flujo, tales como ondas estacionarias y remolinos, las varillas de combustible, que son cuerpos esbeltos, vibran continuamente con amplitudes relativamente pequeñas. Si la varilla no está soportada de forma apropiada, esta amplitud muy pequeña de vibración puede dar lugar a un movimiento relativo entre los puntos de soporte y el envainado. Si la presión ejercida por la varilla deslizante sobre la pestaña relativamente pequeña y las superficies 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 se elimina mediante abrasión hasta que se perfora finalmente la pared de la varilla. Este fenómeno es conocido como corrosión por roce entre rejilla y varilla y en 2006 era 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 del refrigerante para reducir la máxima temperatura del envainado. Dado que el calor generado por cada varilla no es uniforme, existen gradientes térmicos en el refrigerante. Un parámetro importante en el diseño del conjunto de combustible es mantener una transferencia eficaz de calor de las varillas al refrigerante. Cuanto mayor sea la cantidad de calor eliminado por unidad de tiempo, mayor será la energía generada. A temperaturas lo suficientemente elevadas del refrigerante, la tasa de calor que puede ser eliminada por unidad de área de envainado en un tiempo dado se reduce abruptamente de forma significativa. Este fenómeno se denomina Límite de la ebullición nucleada o LEN. Si, dentro de los parámetros de operación del reactor, la temperatura del refrigerante alcanzase el punto de LEN, la temperatura de la superficie del envainado aumentaría rápidamente para evacuar el calor generado en el interior de la varilla y una oxidación rápida del envainado daría lugar a una rotura del envainado. Es evidente que se necesita evitar el LEN para evitar fallos de combustible. 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 reducir la temperatura máxima del refrigerante mediante un mezclado del refrigerante en el conjunto permite la generación de mayores cantidades de energía 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 la 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 en casos de accidente sin perder la función y 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 corrosión localizada rápida del envainado.

Mantener un flujo refrigerante sustancialmente equilibrado a través de los conjuntos de combustible en el núcleo es un objetivo deseable para mantener una transferencia sustancialmente uniforme de calor. 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 devuelvan 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 la célula de la rejilla para colocar una varilla de combustible nuclear en el conjunto de red. Cuanto más alta sea la pestaña y cuanto más se proyecte al interior de la célula de la rejilla, más rígida será la pestaña. Esta mayor rigidez puede tener como resultado que la varilla de combustible sea arañada o raspada durante la carga de la varilla. Una pestaña más rígida también aumenta el riesgo de corrosión por roza 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, la rozadura y el potencial de corrosión por roce.

40 Por lo tanto, es deseable proporcionar una rejilla mejorada que exhiba una transferencia eficaz de calor y un mejor soporte 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 una rejilla mejorada que tenga un número de ventajas de fabricación.

45 **Sumario de la invención**

Se consiguen los anteriores objetivos por medio de una rejilla mejorada de conjunto de combustible nuclear que tiene una primera pluralidad de flejes alargados paralelos separados y una segunda pluralidad de flejes alargados paralelos separados colocados ortogonalmente con respecto a la primera pluralidad de flejes alargados paralelos separados. Las pluralidades primera y segunda de flejes alargados paralelos separados están alineadas en un patrón de red regular, de forma que la intersección de cada conjunto de cuatro flejes adyacentes define una célula, algunos de los cuales soportan varillas de combustible, formando una extensión de cada uno de los flejes primero y segundo que rodean cada célula una pared de la célula. Preferentemente, los flejes están intercalados en sus intersecciones en un patrón de huevera. Un fleje circundante rodea el perímetro exterior de la pluralidad primera y segunda de flejes alargados paralelos separados y está fijado en las intersecciones con el fleje interior. Al menos una pared de las células que soportan las varillas de combustible tiene un resorte alargado verticalmente que se extiende al interior de la célula. El resorte alargado verticalmente tiene una hendidura vertical que separa la porción más extendida del resorte en dos ligamentos orientados verticalmente, siendo redondeada la porción más extendida de los ligamentos en dos direcciones para proporcionar dos puntos de contacto coplanarios de soporte para varillas de combustible.

En una realización, cada pared de la célula que soporta las varillas de combustible incluye el resorte alargado verticalmente a la misma altura. Los resortes forman ocho puntos de contacto coplanarios de soporte para las varillas de combustible.

5 En otra realización más, el resorte alargado está formado separado del fleje desde el que se extiende. El resorte está fijado a la pared en una porción extrema vertical superior e inferior del resorte.

10 En una tercera realización, el resorte alargado verticalmente está formado separado del fleje desde el que se extiende. El fleje tiene unas aberturas superior e inferior en la pared a través de las que se fija el resorte a un segundo resorte que se extiende en una dirección opuesta al interior de una célula adyacente que soporta otra varilla de combustible. Preferentemente, las aberturas superior e inferior en la pared son bien ranuras o bien muescas verticales en la parte superior y en la parte inferior del fleje.

Preferentemente, cada uno de los ligamentos tiene un tramo que se extiende lateralmente acercándose mutuamente, no llegando los tramos a hacer contacto mutuo. Los extremos opuestos de los tramos se extienden ligeramente más al interior de la célula, de forma que el punto de contacto con la varilla de combustible que pasa a través de la célula correspondiente esté en los tramos.

15 En otra realización más, una porción inferior del resorte que se extiende al interior de la célula está conectada al fleje aproximadamente a media altura de la pared. La porción del resorte que se extiende por debajo de la altura media de la pared se extiende entonces en la dirección opuesta al interior de una célula adyacente. Preferentemente, la hendidura vertical en el resorte no se extiende hasta la parte superior o la parte inferior del resorte. En una
20 realización adicional más, una pared opuesta de la célula que soporta las varillas de combustible, en la que se extiende un resorte, tiene al menos una pestaña que se extiende al interior de la célula para oponerse al resorte.

Breve descripción de los dibujos

Se puede alcanzar 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:

25 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 sección, de un conjunto de combustible que emplea la rejilla de varillas de combustible de la presente invención; ilustrándose el conjunto en forma reducida verticalmente con partes cortadas en aras de la claridad;
30 la Figura 3 es una vista en perspectiva del resorte fraccionado de la presente invención soldado por resistencia a una pared de una célula de la rejilla del conjunto de combustible que soporta las varillas de combustible;
la Figura 4 es una variación de la vista en perspectiva mostrada en la Figura 3 con un resorte soldado en porciones extremas superior e inferior a través de muescas en los extremos superior e inferior de la pared a un
35 segundo resorte que se extiende en la dirección opuesta al interior de una célula adyacente;
la Figura 5 es una variación de la vista en perspectiva mostrada en la Figura 4 en la que el resorte está soldado en porciones extremas superior e inferior a un segundo resorte que se extiende al interior de una célula adyacente a través de ranuras superior e inferior en la pared de la célula;
la Figura 6 es una vista en perspectiva de una célula de soporte de varilla de combustible que emplea los resortes de la presente invención en las cuatro paredes con una varilla de combustible soportada entre los
40 mismos;
la Figura 7 es una vista en planta de la célula de soporte de varilla de combustible de la Figura 6;
la Figura 8 es una vista en alzado lateral de una porción de la varilla de combustible en contacto con una porción extendida del resorte de la presente invención;
la Figura 9 es una vista en perspectiva de otra realización del resorte de la presente invención;
45 la Figura 10 es una vista en perspectiva de una célula de soporte de varilla de combustible que emplea resortes de una realización adicional de la presente invención mostrada soportando una sección de una varilla de combustible;
la Figura 11 es una vista en planta de la Figura 10;
la Figura 12 es una vista frontal de una pared de la célula ilustrada en la Figura 10;
la Figura 13 es una vista lateral de la pared de la célula ilustrada en la Figura 12; y
50 la Figura 14 es una vista en perspectiva de la pared de la célula de soporte de varilla de combustible según una realización adicional de la presente invención.

Descripción de la realización preferente

55 Se utilizan rejillas espaciadoras de combustible nuclear en conjuntos de combustible para colocar las varillas de combustible nuclear. La colocación precisa de las varillas de combustible nuclear es crítica para garantizar un

rendimiento apropiado nuclear, térmico e hidráulico de un núcleo de un reactor. Muchas rejillas espaciadoras convencionales están compuestas por flejes rígidos rectos que están intercalados entre sí para formar una red de tipo huevera que tiene una pluralidad de células aproximadamente cuadradas, muchas de las cuales soportan varillas de combustible. Se puede encontrar en la Figura 1 un ejemplo de tal rejilla convencional 10 de combustible.

5 Hay colocado un conjunto paralelo separado de flejes rígidos 12 de longitud idéntica ortogonalmente con respecto a una segunda pluralidad de los flejes paralelos separados 14 de la rejilla de longitud idéntica y están rodeados por un fleje 18 de borde, estando soldado cada uno de los flejes en sus intersecciones. Las células 16 soportan las varillas de combustible mientras que las células 20 soportan tubos de guía y un tubo de instrumentación. Debido a que las varillas de combustible deben mantener una separación o distancia entre sí, estos flejes rectos 12 y 14 de rejilla en las ubicaciones que rodean a las células 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 al interior de la célula 16 para hacer contacto con las varillas de combustible y sujetarlas 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 cuidadoso 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 el conjunto tándem de rejillas en el conjunto de combustible.

Con referencia a la Figura 2, se muestra una vista en alzado de un conjunto de combustible representado en forma reducida verticalmente que está designada, en general, mediante el número 40 de referencia. El conjunto 40 de combustible es del tipo utilizado en un reactor de agua a presión y básicamente incluye una estructura extrema inferior o tobera inferior 42 para soportar el conjunto de combustible sobre una placa inferior (no mostrada) del núcleo en la región del núcleo del reactor y un número de manguitos o tubos 44 de guía que se extienden longitudinalmente y un manguito 46 de instrumentación que se prolonga hacia arriba desde la tobera inferior 42. El conjunto 40 de combustible incluye, además, una pluralidad de rejillas transversales 10, construidas según la presente invención, y mostradas parcialmente con más detalle en las Figuras 3-14. Las rejillas 10 están separadas axialmente a lo largo de los manguitos guía 44, y están soportadas por los mismos. El conjunto 40 de combustible también incluye una pluralidad de varillas alargadas 36 de combustible separadas transversalmente y soportadas en un conjunto organizado por medio de las rejillas 10. Además, el conjunto 40 de combustible tiene un tubo 46 de instrumentación ubicado en el centro del mismo y una estructura o tobera extrema superior 48 fijado a los extremos superiores de los manguitos guía 44. Con tal disposición de piezas, el conjunto 40 de combustible forma una unidad integral con capacidad para ser manipulada convenientemente sin dañar el conjunto de piezas.

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

Para controlar el procedimiento de fisión, varias varillas 58 de control son amovibles de forma recíproca en los manguitos guía 44 ubicados en posiciones predeterminadas en el conjunto 40 de combustible. Específicamente, la tobera superior 48 tiene asociado con la misma un mecanismo 60 de control del haz de varillas, que tiene un miembro de cubo cilíndrico roscado internamente 62 con una pluralidad de uñas o brazos 64 que se extienden radialmente, de forma que el mecanismo 60 de control sea 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 una forma bien conocida.

Como se ha mencionado anteriormente, el diseño del área de contacto entre las paredes laterales de las células de la rejilla que soportan las varillas de combustible y la superficie del envainado de las varillas es crítico para garantizar que haya suficiente fuerza para fijar las varillas contra vibraciones perjudiciales sin arañar el envainado. Tradicionalmente, el soporte de las varillas de combustible en la rejilla espaciadora se lleva a cabo utilizando una configuración de dos pestañas separadas verticalmente y un resorte opuesto en cada una de las dos direcciones, lo que tiene como resultado, de esta manera, una estructura de soporte de contacto de seis puntos. A pesar de muchas variaciones sobre este concepto, se ha demostrado que es difícil encontrar un diseño que sea sistemáticamente inmune a roturas de varillas inducidas por corrosión por roce. Un ensayo reciente de ciclo de flujo ha indicado que soportes coplanarios (es decir, soportes a la misma altura axial en una célula dada de rejilla) proporcionarán un sistema de soporte de varillas más resistente a la corrosión por roce. Además, se ha teorizado que más de seis puntos de contacto en una célula dada proporcionarán un margen adicional a la corrosión por roce. La presente invención, diversas realizaciones de la cual se ilustran en las Figuras 3-14, proporciona ocho puntos de contacto en una célula de rejilla a la vez que se mantiene un sistema coplanario de soportes de varillas. En una serie de realizaciones, el fleje base proporciona la resistencia de la estructura de rejilla para fines sísmicos/de LOCA (accidente con pérdida de refrigerante), mientras que los resortes fijados proporcionan la estructura de soporte de

varillas. En otra serie de realizaciones, el resorte fraccionado de la presente invención es una parte integral del fleje base. Por lo tanto, la presente invención puede estar subdividida en dos categorías principales de resortes fraccionados que son integrales al fleje base y los resortes fraccionados que están separados pero están fijados al fleje base, o están capturados por el mismo. Cada una de las realizaciones de la presente invención utiliza la misma configuración básica de resorte fraccionado.

Los conceptos de la presente invención emplean dos componentes principales, en concreto, el fleje base 12/14 que forma las paredes 28 de las células de rejilla y los resortes fraccionados 26 que pueden bien estar separados, pero fijados o bien integrales al fleje base 12-14. Cada una de las realizaciones de la presente invención utiliza el mismo resorte fraccionado básico 26 como se muestra en la Figura 3, aunque hay algunas variaciones en el diseño del resorte que serán descritas con respecto a las Figuras 9 y 14. La Figura 3 muestra un fleje base continuo 12/14 excepto por las hendiduras 30 empleadas para intercalar los flejes ortogonales 12 y 14 en una configuración de huevera. En la realización mostrada en la Figura 3, los resortes en las paredes de las células que soportan las varillas de combustible están soldadas por resistencia a las paredes 28 de la célula en las porciones superior e inferior 32 de los resortes 26. Una hendidura vertical alargada central 38 en el resorte 26 se extiende desde un punto separado por debajo de la soldadura superior 32 hasta una ubicación separada por encima de la soldadura inferior 32; extendiéndose la hendidura vertical sustancialmente sobre la porción central del resorte que se prolonga al interior de la célula de soporte de varilla de combustible. Por lo tanto, la hendidura vertical central 38 divide la porción vertical central del resorte en dos ligamentos 34 que están redondeados tanto en una dirección horizontal como en una vertical para proporcionar dos puntos de contacto de soporte por resorte para la varilla de combustible. Esta configuración permite una elevada resistencia al aplastamiento, dado que se puede utilizar todo el fleje base para soportar las cargas sísmicas/de LOCA. La Figura 4 ilustra otra realización de la presente invención en la que se dota al fleje base de muescas 66 recortadas en la parte superior e inferior del fleje 12/14, de forma que se puedan soldar entre sí características adosadas 26 de resorte a ambos lados del fleje 12/14 en 32, de forma que sean capturadas entre la extensión vertical de la pared 28 entre las muescas 66. Esta realización proporciona una reducción en la caída de presión y una estructura de resorte más blanda, dado que la estructura de resorte soldado puede alargarse durante la carga.

La Figura 5 ilustra otra configuración de fleje base con ranuras alargadas 68 cortadas en el fleje base 12/14. Las ranuras 68 permiten que las características 26 de resorte sean soldadas entre sí en 32, lo que también permite una estructura de resorte más blanda, similar a la mostrada en la Figura 4. La realización ilustrada en la Figura 5 es deseable porque proporciona una ubicación para fijar paletas de mezclado y también proporciona una mayor resistencia al aplastamiento que la configuración ilustrada en la Figura 4. Se debería apreciar que aunque se muestran los resortes soldados por resistencia bien a un resorte opuesto en una célula adyacente, como se ilustra en la Figura 5, o bien al fleje base, como se ilustra en la Figura 4, se podrían utilizar otras formas de fijación, tales como una conexión mecánica, por ejemplo, un remache o tornillo.

La Figura 6 muestra una célula 16 de soporte de varilla de combustible con resortes fraccionados 26 en las cuatro paredes que proporciona un soporte coplanario de ocho puntos de contacto para la varilla 36 de combustible soportada en la misma. Sin embargo, se debería apreciar que aunque es preferente el soporte de ocho puntos ilustrado en la Figura 6, se pueden emplear los resortes fraccionados 26 en combinación con pestañas, como se describirá con respecto a la Figura 14 y que también se puede emplear una combinación de los mismos. Por ejemplo, se pueden emplear los resortes fraccionados en dos paredes opuestas y se pueden emplear un resorte fraccionado y una o más pestañas opuestas en las otras dos paredes, aunque es preferente el soporte coplanario de ocho puntos ilustrado en la Figura 6. La Figura 7 muestra una vista en planta del soporte de ocho puntos ilustrado en la Figura 6, y la Figura 8 proporciona una vista lateral del punto de contacto que los ligamentos 34 del resorte hacen con las varillas 36 de combustible debido a que la superficie de los ligamentos está redondeada en dos direcciones.

La Figura 9 ilustra otra realización del resorte 26 en la que las hendiduras centrales 38 están ampliadas por encima y por debajo de la región central de los ligamentos 34 para formar recortes 70 de ventana. La hendidura central 38 continúa a través de la porción central del resorte para definir dos tramos 72 que se extienden lateralmente que se oponen entre sí y forman la extensión del resorte 26 más alejada de la pared 28 para proporcionar las dos ubicaciones de contacto de la varilla de combustible. Los tramos 72 que se extienden lateralmente permiten que los ligamentos 34 giren para proporcionar un resorte más blando. Se debería apreciar que las realizaciones ilustradas en las Figuras 3-5 y 9 son similares porque cada una tiene soportes coplanarios de varillas en vez de la configuración tradicional de dos pestañas y de resorte. Además, cada uno de los conceptos tiene un radio de curvatura en dos direcciones que permite un punto de soporte como se muestra en las Figuras 7 y 8.

Las Figuras 10-13 muestran una variante distinta del mismo concepto, siendo integral el resorte fraccionado 26 al fleje base 12/14 en lugar de que haya un resorte separado que esté fijado al fleje base como se muestra en las Figuras 3-9. La Figura 10 proporciona una vista en perspectiva de una célula 16 de soporte de varilla de combustible con una varilla 36 de combustible soportada en la misma. Los resortes fraccionados coplanarios 26 se extienden al interior de la célula 16 desde la mitad inferior de las paredes 28 de la célula e invierten su dirección en la mitad superior de la pared de la célula para extenderse al interior de las células adyacentes 16 de soporte de combustible. Los resortes fraccionados están conectados a la pared 28 de la rejilla en la parte inferior de la pared, en una

ubicación a media altura y en la parte superior de la pared. En la Figura 11 se proporciona una vista en planta de la realización ilustrada en la Figura 10 y en la Figura 12 se proporciona una vista frontal de una pared 28. Las ranuras 74 sirven para reducir la caída de presión y proporcionan una protección contra deformaciones. En la Figura 13 se ilustra una vista lateral y muestra claramente el resorte fraccionado 26 que se extiende al interior de dos células adyacentes 16 de soporte de varilla de combustible. Como en las realizaciones anteriores, los ligamentos 34 tienen un radio de curvatura de ambas direcciones. La realización mostrada en las Figuras 10-13 simplifica la fabricación dado que hay menos piezas y proporciona una caída de presión menor dado que el diseño no incorpora tres grosores de material. Esta configuración también proporciona ocho puntos coplanarios de contacto entre la rejilla y la varilla de combustible. Con esta configuración, se mantiene el soporte de varilla de combustible a distintas alturas en las células adyacentes de la rejilla, lo que puede ayudar a reducir adicionalmente la caída de presión. Sin embargo, este fleje debe ser más alto que los diseños presentados en las Figuras 3-9, dado que la altura del fleje debe acomodar ambos resortes.

La Figura 14 muestra una configuración alterna que incorpora los resortes fraccionados con un concepto tradicional de “dos pestañas y un resorte”. Como en las otras realizaciones, los ligamentos 34 de resorte están redondeados en dos direcciones para proporcionar un punto de soporte y las pestañas pueden estar redondeadas de forma similar para proporcionar ocho puntos de soporte aunque no coplanario.

El diseño de soporte de varillas de combustible de la presente invención proporcionar varios beneficios con respecto a los sistemas tradicionales de soporte de varillas de “dos pestañas y un resorte”. Por ejemplo, el diseño de la presente invención proporciona un punto de pivote para la varilla, que permite que la varilla gire durante una vibración inducida por el flujo en vez de estar limitada rotativamente por la configuración tradicional de “dos pestañas y un resorte”. Esto permite que la varilla disipe su energía, en vez de que se resista la energía de vibración por medio de la resistencia a la rotación de la configuración de “dos pestañas y un resorte”. Además, la división en el centro de la célula permite, de forma eficaz, que dos resortes soporten la varilla en cada lado de la célula. Esto tiene como resultado ocho puntos de soporte de la varilla en una célula dada. Este sistema de soporte de ocho puntos de contacto de varillas ayudará a limitar el tamaño eficaz de célula de la rejilla al limitar la cantidad que puede moverse la varilla en las direcciones ortogonales en el plano de la rejilla, lo que proporcionará un margen adicional a la corrosión por roce. Además, el radio de curvatura en el resorte en el eje de la varilla impedirá que la varilla de combustible impacte sobre un borde duro, tal como el borde de un resorte o pestaña convencional, aumentando de esta manera la resistencia del diseño a la corrosión por roce. Contar con dos puntos de contacto al igual que una superficie curvada sobre el resorte tendrá como resultado menos rozaduras y arañazos más superficiales sobre la varilla de combustible durante la carga de las varillas. La carga de las pestañas ha sido un problema para algunos diseños, y, habitualmente, los arañazos de desgaste indican que la superficie de la pestaña no es completamente plana. Con la naturaleza curvada de la característica de soporte de las varillas de la presente invención, se elimina cualquier preocupación de que la estructura de soporte no sea perpendicular a la varilla.

El uso del fleje base con los resortes fijados simplifica de forma significativa el procedimiento de fabricación. Muchos de los flejes convencionales tienen características de formación muy complejas. Los flejes con un porcentaje tan elevado del fleje formado de esa manera tienden a tener dificultades para mantener su estabilidad dimensional. Con el diseño de la presente invención, tanto el fleje base como los resortes separados son características formadas de forma sencilla que pueden ser fabricadas e inspeccionadas fácilmente. El procedimiento de fabricación puede simplificarse aún más mediante un procedimiento de troquelado progresivo en el que se introducen simultáneamente tanto el material del fleje base como el material del resorte en el troquel y subsiguientemente se troquela y se suelda como un procedimiento continuo. El uso del fleje base proporciona una resistencia adicional al aplastamiento de la rejilla para consideraciones sísmicas/de LOCA. Se puede optimizar el grosor del material para los resortes separados para conseguir la rigidez deseada del resorte. Además, los conceptos ilustrados en las Figuras 4 y 5 proporcionan un medio para reducir la rigidez del resorte, minimizando también, de esta manera, la producción de rozaduras y los arañazos de las varillas durante la carga de las varillas. El resorte separado puede ser fabricado de un material que tiene una aleación distinta, una dirección distinta del grano o un procesamiento distinto (es decir, una mayor cantidad de trabajo en frío) para sacar provecho de las propiedades de crecimiento diferencial entre el fleje base y el resorte. Un crecimiento diferencial es beneficioso dado que puede ser utilizado para minimizar el espacio libre entre la rejilla y la varilla de combustible con combustión elevada. En el caso de la realización mostrada en la Figura 9, se deriva la rigidez del resorte mediante un mecanismo distinto que el de las otras realizaciones dado que los ligamentos del resorte pueden girar para proporcionar un movimiento de la superficie de contacto de la varilla, lo que tiene como resultado un resorte más blando. En el caso del resorte integral al fleje base (Figuras 10-13), se simplifica aún más la fabricación, dado que solo hay implicada una parte.

Aunque se han descrito con detalle realizaciones específicas de la invención, los expertos en la técnica apreciarán que se podrían desarrollar diversas modificaciones y alternativas a aquellos detalles a la luz de las enseñanzas generales de la divulgación. En consecuencia, las realizaciones alternativas están concebidas para que solo sean ilustrativas y no limitantes en cuanto al ámbito de la invención, al que debe otorgarse el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

LISTA DE REFERENCIA

ES 2 486 740 T3

10	Rejillas	58	Varillas de control
12	Flejes de rejilla	60	Mecanismo de control del haz de varillas
14	Flejes ortogonales de rejilla	62	Cubo del accionador de varillas
16	Células de varillas de combustible	64	Uñas
18	Fleje de borde	66	Muecas en el fleje base
20	Células del tubo de guía	68	Ranuras alargadas en el fleje base
22	Resortes	70	Ventanas del resorte
24	Pestañas	72	Tramos laterales
26	Resorte fraccionado	74	Ranuras externas en el resorte integral
28	Pared de la célula		
30	Hendiduras intercaladas		
32	Soldaduras por resistencia		
34	Ligamentos de resorte		
36	Varillas de combustible		
38	Hendidura vertical de resorte		
40	Conjunto de combustible		
42	Tobera inferior		
44	Tubos de guía		
46	Manguito de instrumento		
48	Tobera superior		
50	Pastillas de combustible		
52	Tapón extremo superior de cierre de la varilla de combustible		
54	Tapón extremo inferior de cierre de la varilla de combustible		
56	Resorte del plenum		

REIVINDICACIONES

1. Una rejilla de un conjunto de combustible nuclear que comprende:
 - una primera pluralidad de flejes alargados paralelos separados (12)
 - una segunda pluralidad de flejes alargados paralelos separados (14) colocados de forma ortogonal con respecto a dicha primera pluralidad de flejes alargados paralelos separados (12) y alineados en un patrón de red regular, de forma que la intersección de cada conjunto de cuatro flejes adyacentes (12, 14) define una célula (16), algunos de los cuales soportan varillas (36) de combustible con una extensión de cada uno de los flejes primero y segundo (12, 14) que rodean cada célula (16) que forma una pared de la célula; en la que al menos una pared (28) de las células (16) que soportan las varillas (36) de combustible tiene un resorte alargado verticalmente que se extiende al interior de la célula(16),
 - caracterizada porque**
 - dicho resorte alargado verticalmente (26) tiene una hendidura vertical (38) que separa la porción más extendida del resorte en dos ligamentos orientados verticalmente (34), siendo redondeada la porción más extendida de los ligamentos (34) en dos direcciones para proporcionar dos puntos de contacto coplanarios de soporte para una varilla (36) de combustible.
2. La rejilla de un conjunto de combustible nuclear de la Reivindicación 1, en la que cada pared (28) de la célula (16) que soporta la varilla (36) de combustible incluye el resorte alargado verticalmente (26) a la misma altura para formar ocho puntos de contacto coplanarios de soporte para la varilla (36) de combustible.
3. La rejilla de un conjunto de combustible nuclear de la Reivindicación 1, en la que el resorte alargado verticalmente (26) está formado separado del fleje (12, 14) desde el que se extiende y está fijado a la pared (28) en porciones extremas vertical superior e inferior del resorte (26).
4. La rejilla de un conjunto de combustible nuclear de la Reivindicación 1, en la que el resorte alargado verticalmente (26) está formado separado del fleje (12, 14) desde el que se extiende y el fleje tiene una abertura superior e inferior en la pared (28) a través de la que se fija el resorte (26) a un segundo resorte (26) que se extiende en una dirección opuesta al interior de una célula adyacente (16) que soporta otra varilla (36) de combustible.
5. La rejilla de un conjunto de combustible nuclear de la Reivindicación 4, en la que las aberturas superior e inferior en la pared (28) son ranuras verticales.
6. La rejilla de un conjunto de combustible nuclear de la Reivindicación 4, en la que las aberturas superior e inferior en la pared (28) son muescas en una parte superior y en una parte inferior del fleje (12, 14).
7. La rejilla de un conjunto de combustible nuclear de la Reivindicación 1, en la que cada uno de los ligamentos (34) tiene un tramo (72) que se extiende lateralmente de forma mutua no llegando los tramos (72) a hacer contacto entre sí y extendiéndose ligeramente más al interior de la célula (16), de forma que el punto de contacto con una varilla (36) de combustible que pasa a través de la célula correspondiente (16) esté en los tramos (72).
8. La rejilla de un conjunto de combustible nuclear de la Reivindicación 1, en la que una porción inferior del resorte (26) que se extiende al interior de la célula (16) está conectada al fleje (12, 14) a aproximadamente media altura de la pared (28) y luego se extiende en la dirección opuesta al interior de una célula adyacente (16).
9. La rejilla de un conjunto de combustible nuclear de la Reivindicación 1, en la que la hendidura vertical (38) no se extiende hasta una parte superior o parte inferior del resorte (26).
10. La rejilla de un conjunto de combustible nuclear de la Reivindicación 1, en la que una pared opuesta (28) de la célula (16) que soporta varillas (36) de combustible, en la que se extiende el resorte (26), tiene al menos una pestaña que se extiende al interior de la célula (16) para oponerse al resorte (26).
11. Un conjunto de combustible nuclear que tiene al menos una rejilla espaciadora (10) como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

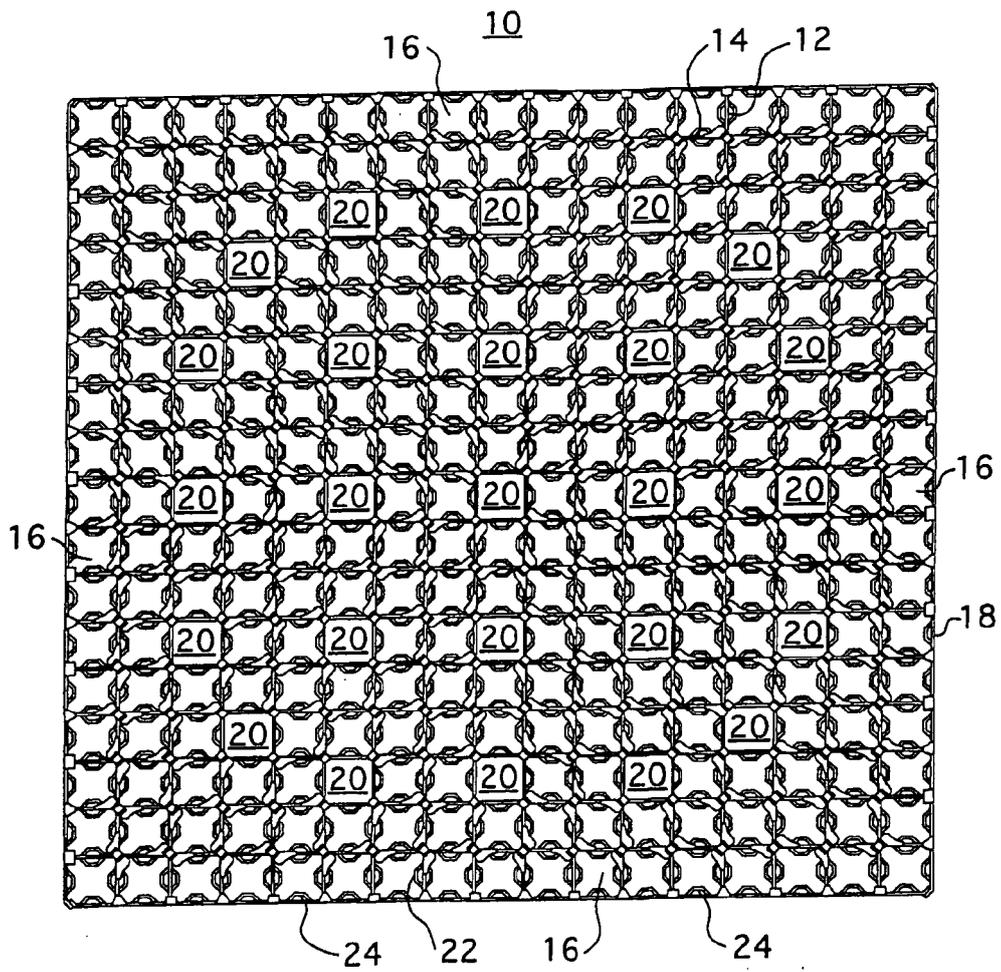


FIG. 1 Técnica anterior

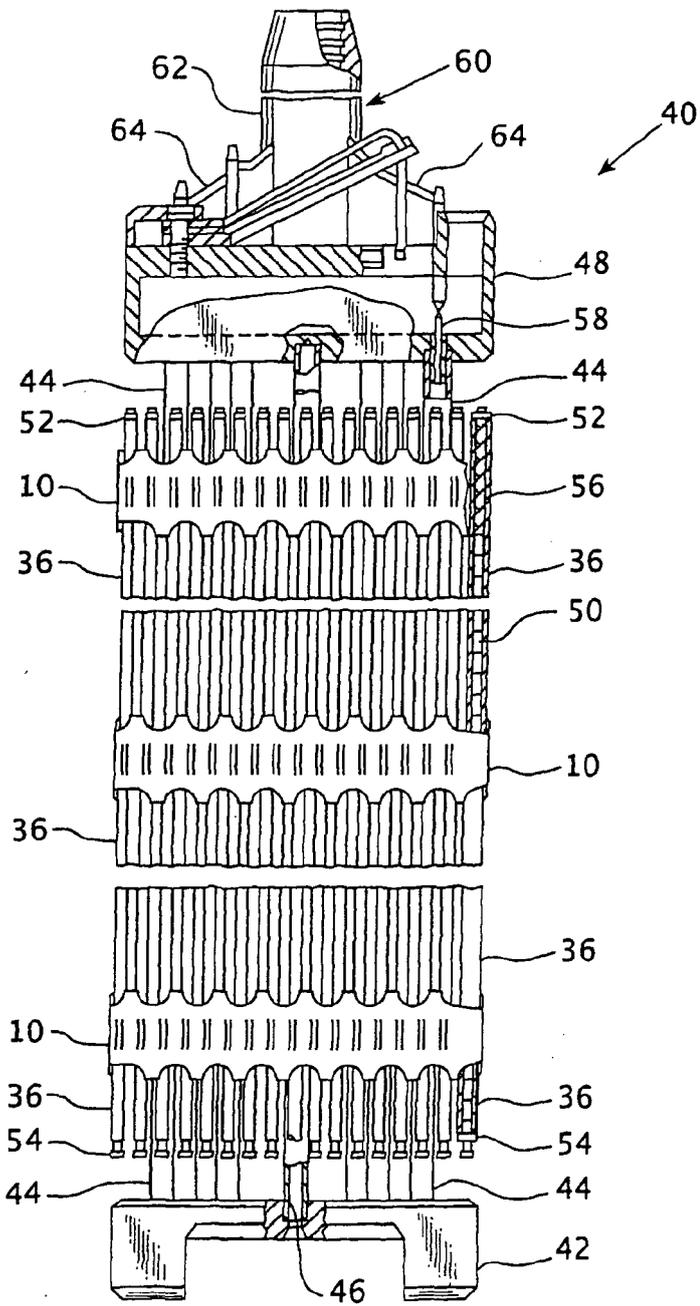


FIG. 2

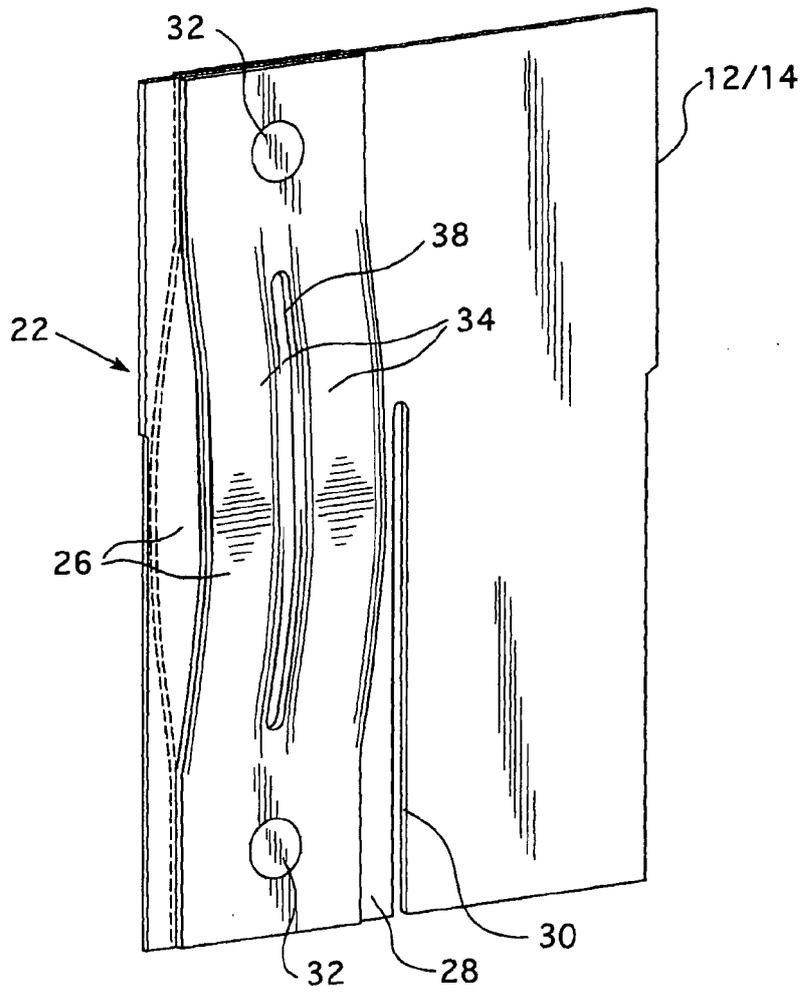


FIG. 3

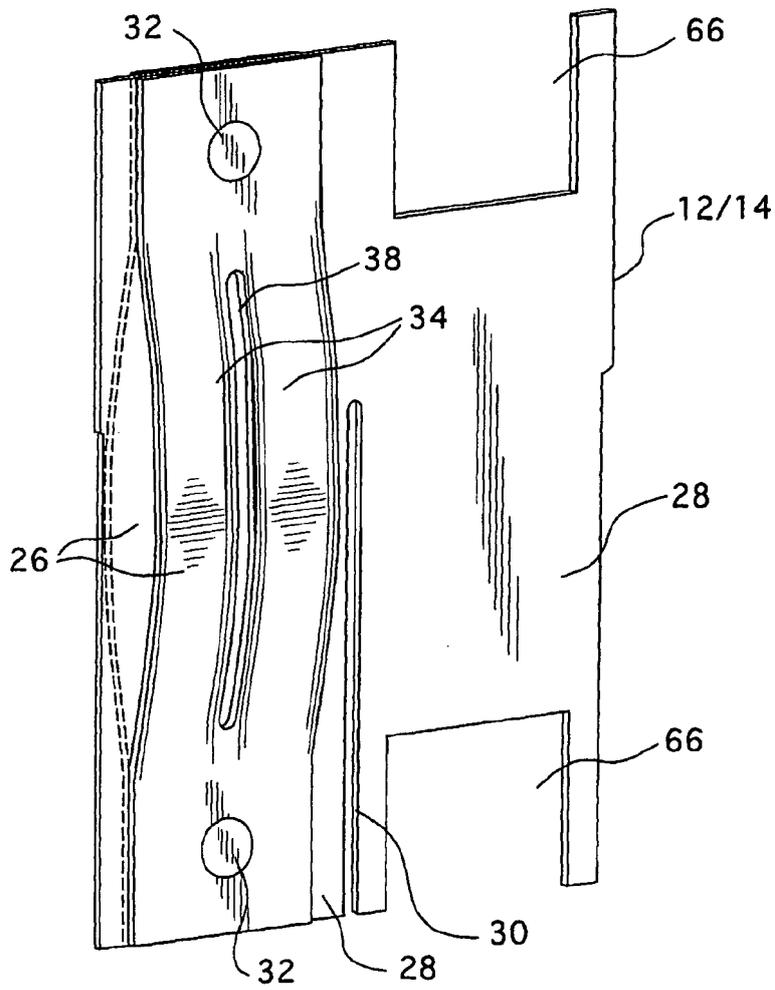


FIG. 4

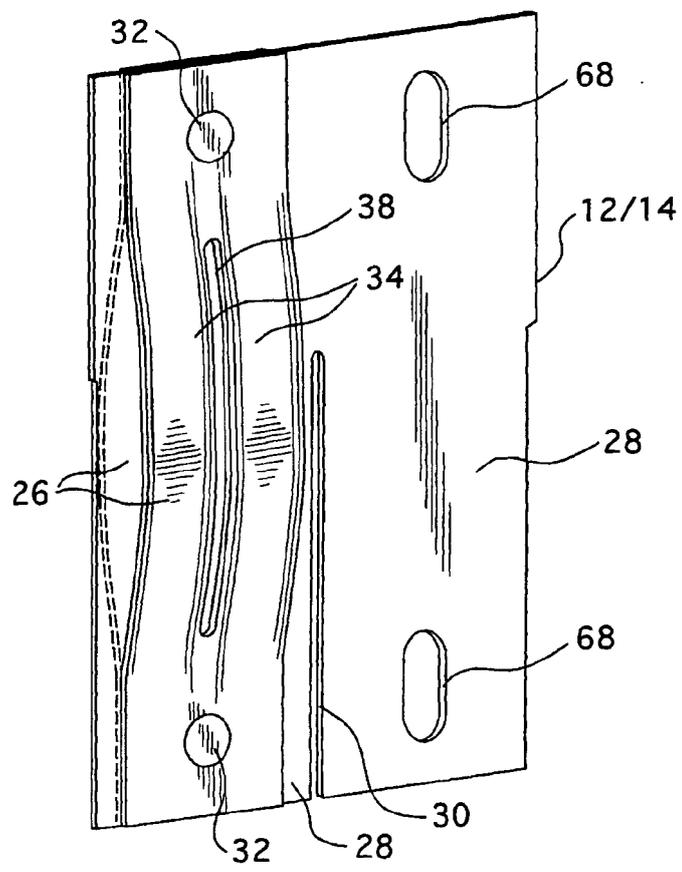


FIG. 5

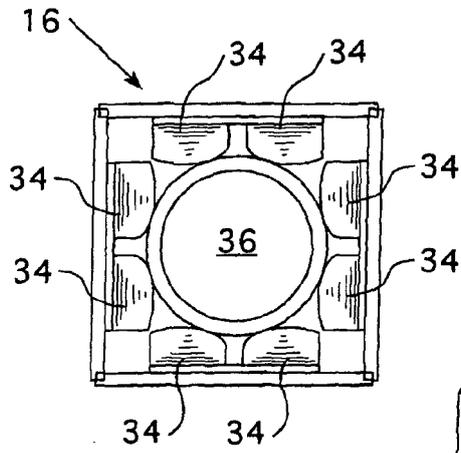


FIG. 7

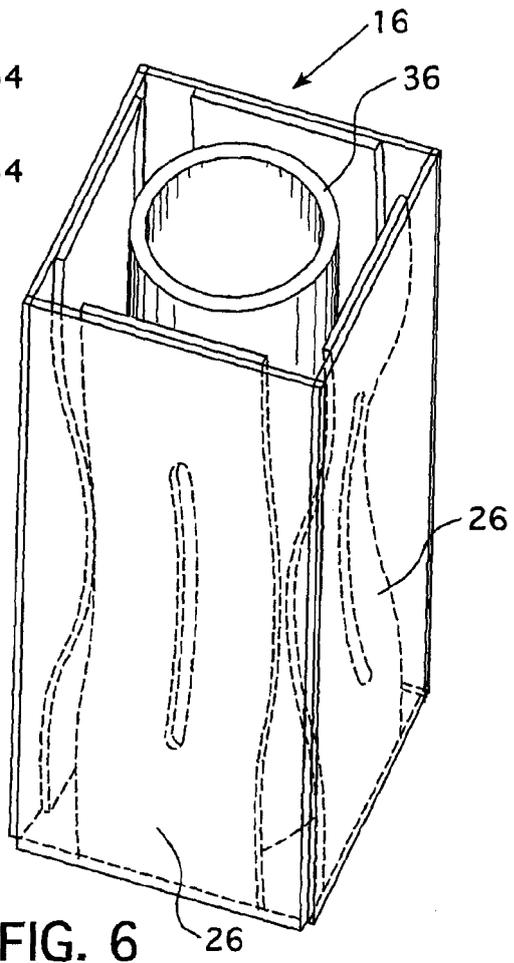


FIG. 6

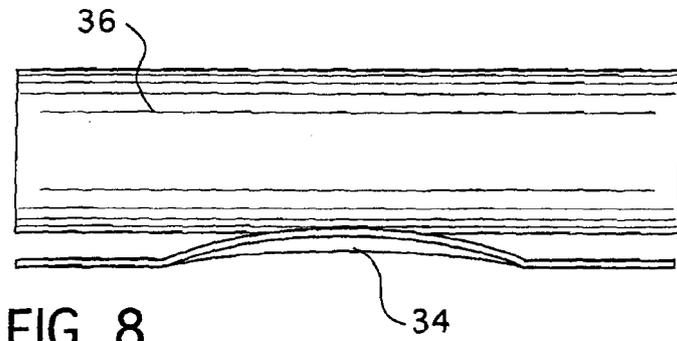


FIG. 8

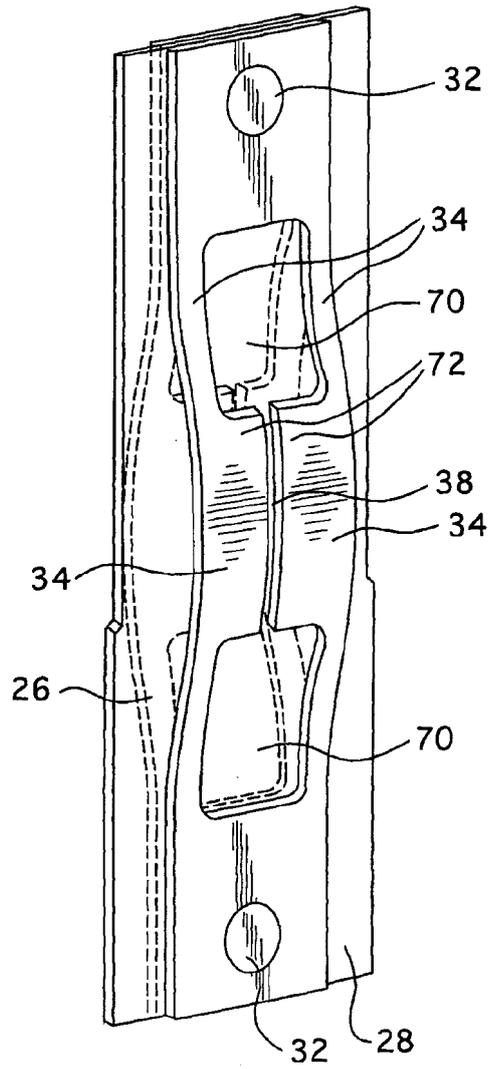


FIG. 9

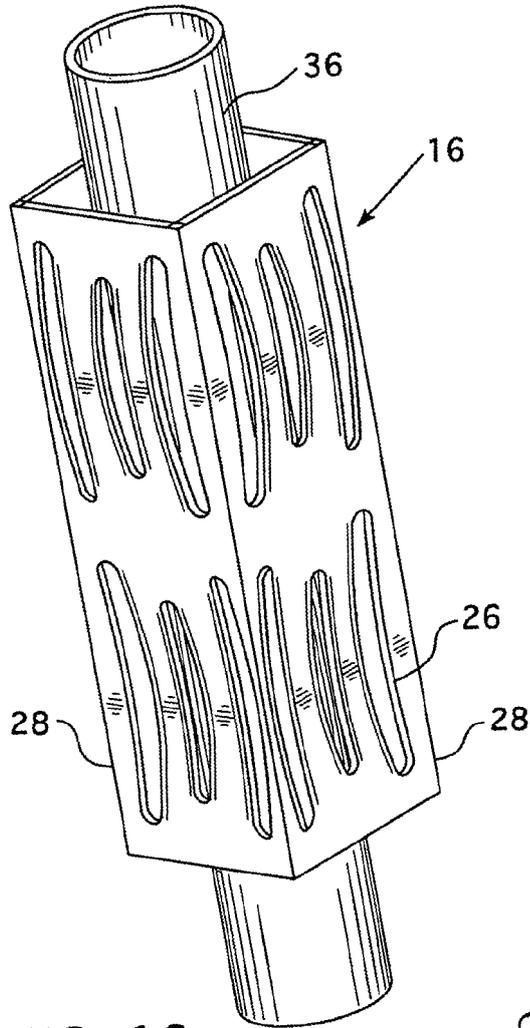


FIG. 10

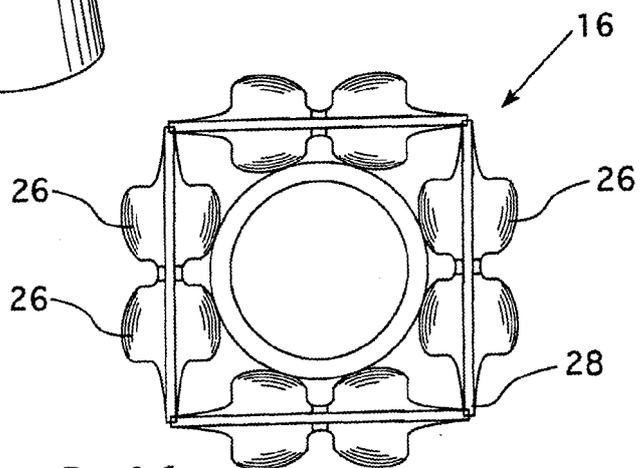


FIG. 11

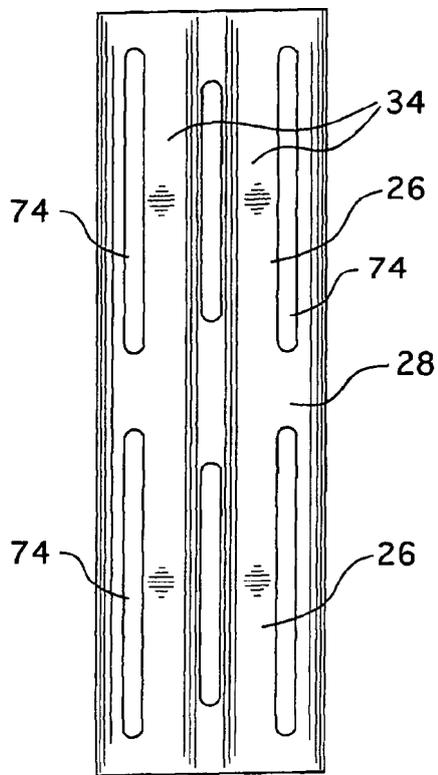


FIG. 12

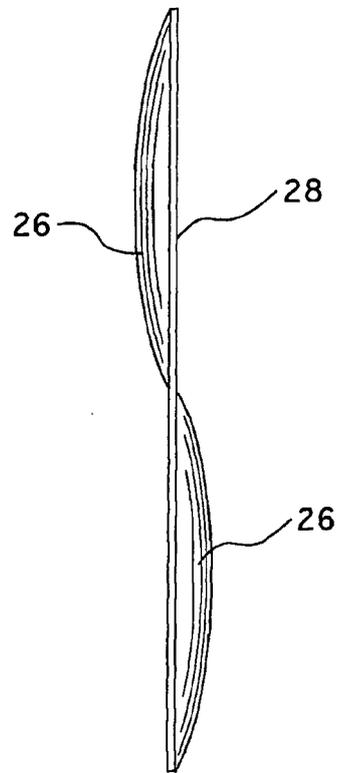


FIG. 13

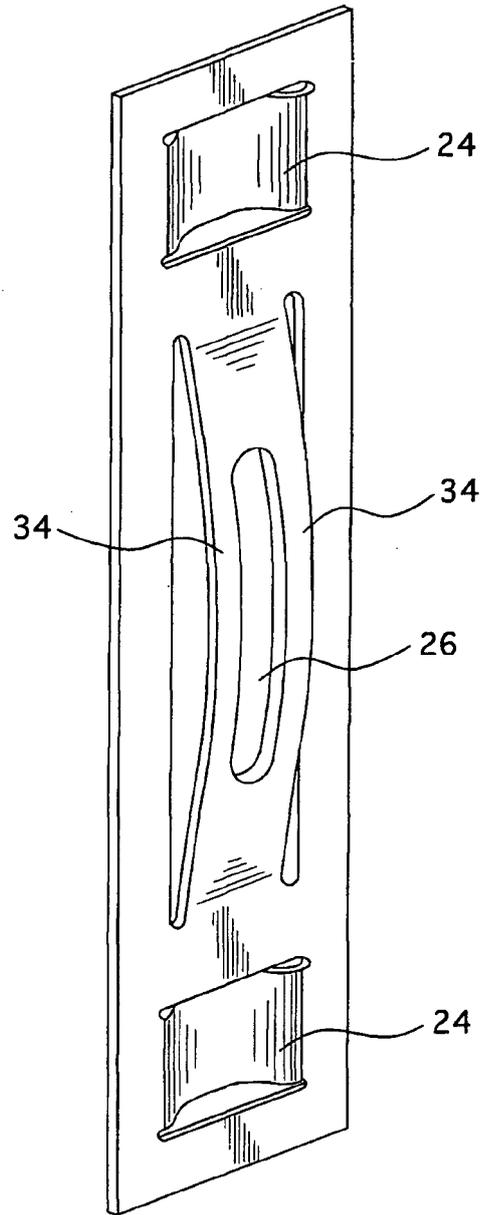


FIG. 14