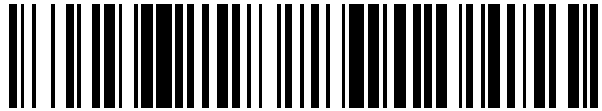


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 061**

51 Int. Cl.:

**G21C 3/18** (2006.01)

**G21C 3/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2011 PCT/US2011/066343**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.07.2012 WO12094152**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2011 E 11854930 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 2661751**

54 Título: **Montaje de resorte de plenum de barra de combustible nuclear**

30 Prioridad:

**06.01.2011 US 985430**

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

**16.06.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ALESHIN, YURIY;  
GREEN, STEPHEN, H.;  
ATWOOD, ANDREW y  
SHAH, HEMANT**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 767 061 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

Montaje de resorte de plenum de barra de combustible nuclear

**Antecedentes****1. Campo técnico**

- 5 La presente invención pertenece, en general, a una estructura de los elementos internos de reactor nuclear y, más concretamente, a componentes tales como barras combustibles que emplean un ingrediente activo con una vaina que está sujeta en posición por un resorte de plenum.

**2. Técnica relacionada**

- 10 El lado primario de los sistemas de generación de energía por reactor nuclear que son enfriados con agua a presión comprende un circuito cerrado que está aislado y en relación de intercambio de calor con un lado secundario para la producción de energía útil. El lado primario comprende la vasija del reactor que engloba una estructura interna del núcleo que soporta una pluralidad de conjuntos combustibles que contienen material fisiónable el circuito primario dentro de los generadores de vapor de cambio d calor, el volumen interno de una presurización, bombas y tubos para la circulación del agua presurizada; los tubos conectan cada uno de los generadores y las bombas de vapor a la vasija del reactor independientemente. Cada una de las partes del lado primario comprende un generador de vapor, una bomba y un sistema de tubos que están conectados a la vasija por un bucle del lado primario.

- 15 A los fines de la ilustración, la Figura 1 muestra un sistema primario de reactor nuclear simplificado, que incluye una vasija 10 de presión del reactor genéricamente cilíndrica que presenta una cabeza 12 de cierre que engloba un núcleo 14 nuclear. Un líquido refrigerante del reactor como por ejemplo agua, es bombeado al interior de la vasija 10 por la bomba 16 a través del núcleo 14 donde la energía térmica es absorbida y es descargada a un intercambiador de calor 18, típicamente designado como generador de vapor, en el que el calor es transferido hacia un circuito de utilización (no mostrado), como por ejemplo un generador de turbina accionada por vapor. El refrigerante del reactor es a continuación devuelto a la bomba 16, completando el bucle primario. Típicamente la pluralidad de bucles antes descritos están conectados a una única vasija 10 del reactor mediante la tubería 20 de refrigerante del reactor.

- 25 Un diseño de reactor ejemplar se muestra con mayor detalle en la Figura 2. Además del núcleo 14 compuesto por una pluralidad de conjuntos 22 combustible coextendidos, verticales, paralelos a los fines de la presente descripción, las demás estructuras internas de la vasija pueden dividirse en los componentes internos 24 inferiores y los componentes internos 26 superiores. En diseños convencionales, la función de los componentes internos inferiores es soportar, alinear y guiar los componentes del núcleo y el instrumental así como dirigir el flujo por dentro de la vasija. Los componentes internos superiores restringen o aportan una restricción secundaria para los conjuntos 22 combustibles (solo se muestran dos de ellos por razones de sencillez en esta figura), y el instrumental y los componentes de soporte y guía, por ejemplo las barras 28 de control. En el reactor ejemplar mostrado en la Figura 2, el refrigerante entra en la vasija 10 del reactor a través de una o más toberas 30 de entrada, fluye por abajo a través de un conducto anular entre la vasija y el barrilete 32 del núcleo, efectúa un giro de 180° en un plenum 34 inferior, pasa hacia arriba a través de una placa 37 de soporte inferior y de una placa 36 del núcleo sobre la cual los conjuntos 22 combustibles están asentados y de un lado a otro de los conjuntos. En algunos diseños, la placa 37 de soporte inferior y la placa 36 del núcleo inferior son reemplazadas mediante una estructura única, la placa de soporte del núcleo inferior tiene la misma elevación que la placa 37. El refrigerante fluye a través del núcleo y alrededor del área 38 es típicamente del orden de 1.516 m<sup>3</sup> por minuto para una planta de cuatro bucles (en general el caudal es de aproximadamente de 379 m<sup>3</sup> por minuto por bucle), a una velocidad de aproximadamente 6,10 metros por segundo. La caída de presión resultante de las fuerzas de fricción tiende a provocar que los conjuntos combustible se eleven movimiento que es restringido por los elementos internos superiores, incluyendo una placa 40 presión circular del núcleo. El refrigerante que sale del núcleo 14 fluye a lo largo de la cara inferior de la placa 40 superior del núcleo y hacia arriba a través de una pluralidad de perforaciones. El refrigerante a continuación fluye hacia arriba y radialmente hacia una o más toberas 44 de salida.

- Los componentes internos 26 superiores pueden ser soportados desde la vasija o de la cabeza de la vasija e incluye un montaje 46 de soporte superior. Las cargas son transmitidas entre el montaje 46 de soporte superior y la placa 40 superior de núcleo a través de una pluralidad de columnas 48 de soporte. Una columna de soporte está alineada encima de los conjuntos 22 combustibles y de las perforaciones 42 seleccionados en la placa 40 superior del núcleo.

- 50 Las barras 28 de control móviles de forma rectilínea típicamente incluyen un eje de accionamiento y un montaje 52 de cruceta de barras tóxicas de neutrones que son guiadas a través de los componentes internos 26 superiores y hacia el interior de los conjuntos 22 combustibles alineados mediante los tubos 54 de guía de las barras de control. Los tubos de guía están unidos de manera fija en un extremo con el montaje 46 de soporte superior y están conectados al otro extremo a la parte superior de la placa 40 superior del núcleo mediante un ajuste de fuerza de pasador dividido dentro de la parte superior de la placa superior del núcleo. La configuración de pasador permite el fácil montaje y sustitución del tubo de guía en el caso de que sea necesario y asegura que las cargas del núcleo, particularmente debidas a situaciones accidentadas sísmicas o de gran carga sean absorbidas fundamentalmente por las columnas 48 de soporte y no por los tubos 54 de guía. Esta disposición de columnas de soporte contribuye a

retardar la deformación de los tubos de guía en condiciones de accidentes lo que podría afectar negativamente a la capacidad de inserción de las barras de control.

La figura 3 es una vista en alzado, representado en forma verticalmente acortada, de un conjunto combustible que se designa globalmente mediante la referencia numeral 22. El conjunto 22 combustible es del tipo utilizado en un reactor de agua a presión y presenta un esqueleto estructural que, en su extremo inferior incluye una tobera 58 inferior. La tobera 58 inferior soporta el conjunto combustible 22 sobre la placa de soporte 36 inferior del núcleo, en la región del núcleo del reactor nuclear. Además, de la tobera 58 inferior, el esqueleto estructural del conjunto 22 combustible incluye también una tobera 62 superior en su extremo y una pluralidad de manguitos 54 de guía que se extienden longitudinalmente entre las toberas 58 y 62 inferior y superior y, en los extremos opuestos están rígidamente fijados a aquellos.

El conjunto 22 combustible incluye además una pluralidad de rejillas 64 transversales axialmente separadas a lo largo de y montadas sobre los manguitos 54 de guía (también designados como tubos de guía) y una disposición organizada de barras 66 combustibles alargadas separadas transversalmente y soportadas por las rejillas 64. Aunque no se puede apreciar en la Figura 3, las rejillas 64 están convencionalmente formadas a partir de unas bandas octogonales que están intercaladas adoptando una forma de patrón de huevera con la superficie de contacto adyacente de cuatro bandas que definen aproximadamente unas celdas de soporte cuadradas a través de las cuales las barras 66 de combustible son soportadas en relación transversalmente separada unas respecto de otras. En muchos diseños convencionales, unos resortes y unas pestañas están estampados dentro de las paredes opuestas de las bandas que forman las celdas de soporte. Los resortes y las pestañas se extienden radialmente por dentro de las celdas de soporte y capturan las barras combustibles entre ellas; ejercen presión sobre la vaina de las barras combustibles para mantener en posición las barras. Así mismo, el conjunto 22 presenta un tubo 68 de instrumental situado en su centro que se extiende entre y está montado sobre las toberas 58 y 62 inferior y superior. Con dicha disposición de partes, el conjunto 22 combustible forma una unidad integral capaz de ser cómodamente manipulada sin dañar el conjunto de las partes.

Como se indicó anteriormente, las barras 66 combustibles en la disposición de estas dentro del conjunto 22 son mantenidas en relación separada unas respecto de otras por las rejillas 64 separadas a lo largo de la longitud del conjunto combustible. Cada barra 66 combustible incluye una pluralidad de pastillas 70 de combustible nuclear y está cerrada por sus extremos opuestos por unos tapones 72 y 74 terminales superior e inferior. Las pastillas 70 se mantienen en una pila mediante un resorte 76 de plenum dispuesto entre el tampón 72 terminal superior y la parte superior de la pila de pastillas. Las pastillas 70 de combustible, compuestas por material fisiónable, son responsables de la creación de la energía reactiva del reactor. La vaina que rodea las pastillas funciona como barrera para impedir que los productos secundarios de la fisión entren en el refrigerante y contaminen aún más el sistema del reactor.

Para controlar el proceso de fisión, una pluralidad de barras 78 de control pueden desplazarse en vaivén por dentro de los manguitos 54 de guía situados en posiciones predeterminadas en el conjunto 22 combustible. En concreto, un mecanismo 80 de control de agrupación de las barras, situado por encima de la tobera 62 superior, soporta las barras 78 de control. El mecanismo de control presenta un miembro 82 de cubo cilíndrico internamente roscado con una pluralidad de aletas o brazos 52 que se extienden radialmente. Cada brazo 52 está conectado a las barras 78 de control de manera que el mecanismo 80 de barras de control puede funcionar para desplazar las barras de control verticalmente dentro de los manguitos 54 de guía para de esta forma controlar el proceso de fisión del conjunto 22 combustible, bajo la potencia motriz de los ejes 50 de accionamiento de las barras de control que están acoplados a los cubos 80 de las barras de control, todo ello en la forma conocida.

Según se indicó anteriormente, los conjuntos combustible son sometidos a fuerzas hidráulicas que sobrepasan el peso de las barras combustibles y, por tanto, ejercen unas fuerzas considerables sobre las barras combustibles y sobre los conjuntos combustibles. Así mismo, existe una turbulencia considerable en el refrigerante del núcleo provocada por las paletas de mezcla dispuestas sobre las superficies superiores de las correas de las muchas rejillas, que facilitan la transferencia de calor desde la vaina de la barra combustible hasta el refrigerante. Las fuerzas y la turbulencia de flujo sustanciales pueden provocar graves vibraciones de la vaina de la barra combustible si no se restringe el movimiento de las barras combustibles.

Recientemente, se ha expresado la preocupación acerca de las pequeñas astillas de pastillas encontradas en el plenum de las barras combustibles en una fracción de barras combustibles que, siguiendo el camino de retroceso llenan y cierran de forma estanca durante la fabricación. Una investigación propone que un mecanismo responsable para el astillado de las pastillas superiores es la distribución no uniforme de la presión sobre la superficie superior de las pastillas de combustible. Se llegó a la conclusión de que la espira terminal del resorte del plenum no efectúa un contacto perfecto con la pastilla superior. Esto conduce a que una cierta parte de la superficie de las pastillas superiores experimenten una carga axial significativa lo que podría provocar el astillado. Este efecto fue confirmado durante las pruebas de presión efectuadas. Debe destacarse que el resorte del plenum no puede habilitar una distribución de presión uniforme sobre la superficie superior de la pastilla con la que está en contacto debido al área de contacto limitada correspondiente a la geometría de la espira terminal del resorte. Una vista más nítida del resorte 76 del plenum se puede obtener con referencia a la Figura 4 la cual muestra claramente la geometría 84 de la espira terminal.

5 El documento JP S60 156489 U da a conocer un miembro reactivo para su uso en un núcleo nuclear que incorpora un separador entre el extremo inferior de un resorte del plenum y la superficie superior del elemento activo, dispersando una fuerza del resorte a lo largo de una porción de mayor tamaño de la superficie superior del elemento activo de la que se aplicaría por el resorte de manera directa. El separador presenta una cabeza sustancialmente plana encarada hacia la superficie superior del elemento activo y un lado opuesto que se extiende en dirección axial de una dimensión alargada de la vaina presentando el lado opuesto una porción distal que se extiende por su interior y que está fijado al resorte y un diámetro de la porción distal es inferior a un diámetro de la cabeza sustancialmente plana.

10 El documento GB 1 439 207 A (véase también el miembro de familia CH560447) describe un elemento combustible que incorpora un resorte de retención de combustible en un plenum terminal del tubo de vaina provisto de un miembro de barrera de un material diferente del resorte entre el extremo de este último y el tapón terminal.

15 El documento DE 42 18 023 A1 se refiere a una barra de combustible para un reactor nuclear (PWR o BWR). El tubo de revestimiento está cerrado herméticamente a su extremo inferior y superior por medio de unas tapas de acero. Una columna de pastillas de combustible con pastillas de combustible inferior y superior se mantiene en posición mediante taponos de metal por debajo y por arriba de las pastillas de combustible. Entre los taponos de metal superior y la tapa final existe un resorte de compresión.

20 El documento JP S64 29797 A describe un elemento combustible nuclear que presenta un cuerpo metálico elástico que está montado dentro de una separación anular entre las pastillas de combustible y la vaina. El cuerpo metálico elástico está elaborado a partir de un acero inoxidable austenítico y tiene una forma de valla de fibras. Las pastillas quedan así de esta manera soportadas en la posición central de la vaina y se eliminan la fluctuación de la distribución del calor generado y la distribución de la absorción de neutrones.

Por consiguiente, se desea un medio mejorado para contener las pastillas de combustible dentro de la vaina de elementos combustible que procure una presión uniforme sobre la superficie de la pastilla superior.

25 Así mismo, se desea un diseño mejorado que facilite la instalación de las consecuencias límite de los errores improbables de la instalación y minimicen los problemas de rendimiento potenciales.

### **Sumario de la invención**

30 Estos y otros objetos se consiguen mediante un miembro reactivo alargado mejorado, como por ejemplo un elemento combustible o barra de control, para su uso en un núcleo nuclear. El miembro reactivo está formado a partir de una vaina tubular que se extiende sustancialmente a lo largo de la entera extensión del miembro reactivo con un tapón terminal superior que cierra herméticamente un extremo superior de una cavidad hueca central de la vaina tubular y un tapón terminal inferior que cierra herméticamente un extremo inferior de la cavidad hueca central de la vaina tubular. Un elemento activo sustancialmente ocupa una porción inferior de la cavidad hueca central y un resorte sustancialmente se extiende entre el tapón terminal superior y una superficie superior del elemento activo, empujando el elemento activo hacia el tapón terminal inferior. Un separador está situado entre un extremo inferior del resorte y la superficie superior del elemento activo, distribuyendo la fuerza del resorte a lo largo de una porción de mayor amplitud de la superficie superior del elemento activo de la que se aplicaría directamente por el resorte.

40 En una forma de realización, el resorte es un resorte de torsión rectificando. De acuerdo con la invención, el resorte está mecánicamente fijado al separador. El separador tiene una cabeza sustancialmente plana encarada hacia la superficie superior del elemento activo y un lado opuesto que se extiende en dirección axial de la dimensión alargada de la vaina estando el lado opuesto fijado al resorte. De modo preferente, una porción distal del lado opuesto presenta una anchura inferior a la anchura de la cabeza y un filete se forma entre la anchura de la cabeza y la anchura de la porción distal.

45 En otra disposición, una abertura se extiende a través de la cabeza desde una cara orientada hacia la superficie superior del elemento activo pasando por el separador y saliendo por el extremo distal del lado opuesto. De modo preferente, al menos una porción de la abertura presenta un contorno hexagonal.

50 En una disposición en la que el resorte está mecánicamente fijado al separador, un hilo de rosca en espiral se extiende axialmente a lo largo de una superficie radial del separador y un extremo distal inferior del resorte está enrollada alrededor del hilo de rosca en espiral. De acuerdo con la invención, el resorte está mecánicamente fijado al separador y una porción superior del lado opuesto del separador es un tubo dividido con un labio que se extiende radialmente hacia fuera que mecánicamente se fija al resorte.

En una forma de realización, el miembro reactivo es un elemento combustible nuclear en otra forma de realización adicional, el miembro reactivo es una barra de control nuclear.

De modo preferente, el separador es sustancialmente redondo y está separado de la pared interna de la vaina.

**Breve descripción de los dibujos**

Se puede obtener una comprensión más acabada de la invención a partir de la descripción subsecuente de las formas de realización preferentes tomadas en combinación con los dibujos que se acompañan, en los que:

- 5 La Figura 1 es una vista esquemática simplificada de un sistema de reactor nuclear al cual la presente invención puede ser aplicada;
- la Figura 2 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de una vasija de reactor nuclear y de componentes internos a los que la presente invención puede ser aplicada;
- la Figura 3 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de un conjunto combustible ilustrado en forma verticalmente acortada con partes recortadas por razones de claridad;
- 10 la Figura 4 es una vista en perspectiva de un resorte de plenum que ilustra una geometría de espira terminal;
- la Figura 5 es una vista en perspectiva de un separador roscado;
- la Figura 6 es una vista en sección de la disposición mostrada en la Figura 5;
- la Figura 7 es una vista en perspectiva de una forma de realización de un tubo dividido en dos hendiduras del separador de la presente invención;
- 15 la Figura 8 es una vista en perspectiva de un tubo dividido en cuatro hendiduras del separador de la presente invención; y
- la Figura 9 es una vista lateral de la disposición de arandela soldada del montaje de separador - resorte.

**Descripción de las formas de realización preferentes**

- 20 Para conseguir los objetivos precedentes, la presente invención introduce una parte intermedia entre el resorte del plenum y la pastilla superior de la pila de pastillas de combustible nuclear, una distribución de contacto uniforme y reducir la migración potencial de astillas entre el plenum de las barras de combustible y la pila de pastillas. El nuevo elemento intermedio entre la pastilla superior y la espira terminal de resorte está diseñado para aplicar una distribución de presión uniforme y reducir la migración potencial de astillas. De modo preferente, este elemento está fijado al resorte existente del plenum. En una disposición, ilustrada en las Figuras 5 y 6, el elemento intermedio es un separador 86 roscado que forma una superficie de contacto entre el resorte del plenum y la superficie superior de la pastilla superior. El separador 86 está diseñado para aplicar una presión de contacto uniforme sobre su cabeza 88 sustancialmente plana, sobre la superficie superior de la pastilla superior y reducir el peligro de migraciones de astillas de pequeñas pastillas. El separador roscado presenta también características que facilitan que el separador impulse el proceso de montaje. El separador 86 roscado presenta un agujero 90 central para facilitar la adecuada presurización de la barra combustible en un episodio improbable en el que el montaje de resorte del plenum esté incorrectamente instalado y para impedir cualquier problema de rendimiento relacionado. Si la barra de combustible no es adecuadamente presurizada con He podría experimentar una reducción del diámetro debido a la alta presión operativa externa del sistema que no estaría compensada por la adecuada presión interna de las barras de combustible, lo que podría reducir las fuerzas de retención aplicadas por los resortes de rejilla de los conjuntos combustible. Así mismo, una presurización inadecuada puede acarrear unas temperaturas operativas del elemento combustible incrementadas, debido a la conductividad térmica reducida entre las pastillas y la vaina, lo que posiblemente provoque una corrosión excesiva de la vaina y un peligro de fusión del combustible. Cualquiera de estos problemas de rendimiento puede determinar que a una falla de la barra de combustible que provoque una liberación dentro del refrigerante de un producto de fisión no deseable. El agujero 90 central presenta un contorno 92 hexagonal en su abertura en la cabeza 88 plana para facilitar el acoplamiento de la porción tubular trasera del separador 86 con el resorte 76. La porción tubular trasera presenta un hilo de rosca 94 en espiral que se extiende desde el extremo 96 opuesto que no llega a alcanzar el lado trasero de la cabeza 88. La herramienta hexagonal puede ser insertada en la abertura 92 hexagonal para roscar el separador 86 sobre el resorte 76 del plenum hasta que la espira terminal se asiente sin huelgo sobre la parte trasera de la cabeza 88.
- 45 De modo preferente el separador 86 roscado es una pieza mecanizada que básicamente comprende dos regiones funcionales en la dirección axial del elemento combustible: una región 88 de interfaz de pastilla / vaina y una región 98 de interfaz de resorte. De modo preferente, la longitud total del separador 86 debe impedir la rotación del separador dentro de la vaina. El diámetro máximo de la interfaz 88 de pastilla / vaina del separador debería ser menor que el diámetro exterior mínimo de la pastilla en todas las condiciones para asegurar que el separador no compromete la integridad estructural de la vaina. Preferentemente, la longitud máxima de la interfaz 88 pastilla/vaina, es decir, la dimensión en la dirección axial del elemento combustible debería ser tan mínima como fuera posible. El valor mínimo de la longitud de la interfaz pastilla/vaina está limitado por la posibilidad de distribuir uniformemente la fuerza de resorte y la distorsión durante la fabricación. El valor máximo de la longitud de la interfaz pastilla/vaina está limitado por la penalización adicional de la presión interna de la barra y la compresión del resorte. En general, el resorte del plenum está comprimido durante la fabricación hasta una fuerza predeterminada,
- 55

dentro del rango de fuerzas de cada tipo de barra combustible. La fuerza máxima dentro del rango se establece para asegurar la integridad estructural de las soldaduras de la barra de combustible y la pastilla. Una fuerza por encima del máximo establecido podría perjudicar la habilidad de producir una soldadura del tapón distal apropiada. La cantidad de compresión de del resorte del plenum está controlada por la longitud del plenum. El volumen libre dentro de la vaina del elemento combustible tiene que acomodar los gases de fisión liberados durante la operación del reactor. Por la tanto, cualquier reducción del volumen del plenum daría como resultado un incremento de la presión interna del de la barra combustible durante su vida operacional, lo que conduciría a un incremento impredecible del diámetro externo de la barra de combustible, dando como resultado una disminución de la conductividad térmica entre la vaina y las pastillas. La región de interfaz pastilla/vaina 88 reducirá la longitud y volumen del plenum e incrementará la fuerza/deflexión del resorte del plenum y la presión interna de la barra. Se confirmó que la longitud de la región pastilla/vaina del separador será aceptable en tanto en cuanto sea un factor dentro del diseño del resorte. Un radio de filete 100 debería estar presente entre el lado posterior de la cabeza 88 y la sección tubular 102 para prevenir la concentración de presiones en la pastilla hacia la superficie de apoyo del separador. Las dimensiones y perfiles de la rosca en la interfaz 98 del resorte dependerá del diseño del resorte para permitir un encaje apropiado entre el alambre del resorte y el perfil de la rosca. La zona de entrada de la rosca es el área entre la rosca 94 y el filete 100 y el diámetro de la zona de entrada de la rosca más dos veces el radio del filete interfaz del resorte no debería de exceder del diámetro interno mínimo del resorte para asegurar una interfaz apropiada entre la espira final del resorte y el separador 86. El diámetro 90 del orificio final debería estar presente para permitir una presurización de la barra de combustible en el caso de instalación de ensamblaje "incorrecta" y el tamaño del fiador hexagonal debería ser suficiente para aplicar el par requerido durante el ensamblaje. El par debería ser suficiente para prevenir que separador se "quede flojo" durante el transporte y manipulación y mitigar el daño al resorte durante la instalación.

La prueba de presión ha demostrado que el separador es capaz de proveer una distribución de presión uniforme y confirma que el diseño del separador reduce la frecuencia de astillado de las pastillas más pequeñas. Así mismo, el montaje de resorte de plenum de barra combustible es capaz de cumplir los objetivos de diseño para proporcionar una distribución de presión uniforme en contacto con las pastillas hacia el separador y reducir el potencial para las migraciones del astillado de las pastillas más pequeñas. El diseño también incluye las características para facilitar la instalación del separador, limitar las consecuencias de error de instalación improbables y minimizar los posibles problemas de rendimiento.

Las Figuras 7, 8 y 9 muestran disposiciones alternativas del separador roscado ilustrado en las Figuras 5 y 6. Las formas de realización ilustradas en las Figuras 7, 8 y la disposición ilustrada en la Figura 9 presentan cada una la misma cabeza 88 plana como se describió anteriormente con referencia al separador roscado mostrado en las Figuras 5 y 6. En las Figuras 7 y 8, el lado trasero del separador es un miembro 106 tubular ranurado de acuerdo con la forma de realización mostrada en la Figura 7 se presenta ranuras separadas 180° mientras que en la forma de realización de la Figura 8 las ranuras están separadas 90°. Cada una de las dos formas de realización presentan un labio 108 que encaja con un peldaño del resorte 76 para asegurar el separador al resorte. En la disposición mostrada en la Figura 9, la cabeza 88 está soldada directamente al extremo de la espira del resorte 76 de plenum.

Aunque las formas de realización específicas de la invención han sido descritas con detalle, debe apreciarse por los expertos en la materia que las diversas modificaciones y alternativas a estos detalles podrían desarrollarse a la luz de las enseñanzas de la presente divulgación. Por ejemplo, aunque las formas de realización anteriores se han descrito aplicadas a un elemento de combustible nuclear, el resorte y el montaje de separador que se ilustra en este documento puede aplicarse también a las barras de control, en donde el elemento activo será un absorbente de neutrones en lugar de las pastillas de fisión de combustible. De acuerdo con ello, las formas de realización particulares descritas en la presente divulgación pretenden ser solo ilustrativas y no limitativas en cuanto al alcance de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1.- Un miembro (66) reactivo alargado para su uso en un núcleo (14) nuclear que comprende:

una vaina tubular que se extiende sustancialmente a lo largo de la longitud del miembro (66) reactivo;

5 un tapón (72) terminal superior que sella un extremo superior de una cavidad central hueca de la vaina tubular;

un tapón (74) terminal inferior que sella un extremo inferior de la cavidad central hueca de la vaina tubular;

un elemento (70) activo que ocupa sustancialmente una porción inferior de la cavidad central hueca;

10 un resorte (76) helicoidal que se extiende sustancialmente entre el tapón (72) terminal superior y una superficie superior del elemento (70) activo, que presiona el elemento activo hacia el tapón (74) terminal inferior; y

un separador (86) entre un extremo inferior del resorte (76) y la superficie superior del elemento (70) activo, distribuyendo una fuerza del resorte sobre una porción mayor de la superficie superior del elemento activo de la que se aplicaría directamente por el resorte,

en el que el resorte (76) está mecánicamente fijado al separador (86)

15 el separador (86) presenta una cabeza sustancialmente plana encarada hacia la superficie superior del elemento (70) activo y un lado opuesto que se extiende en dirección axial de una dimensión alargada de la vaina estando el lado opuesto mecánicamente fijado al resorte, y

20 una porción superior del lado (96) opuesto del separador (86) es un tubo (106) dividido con un labio (108) que se extiende radialmente hacia fuera que se ajusta sobre una espira del resorte para mecánicamente fijar el separador al resorte.

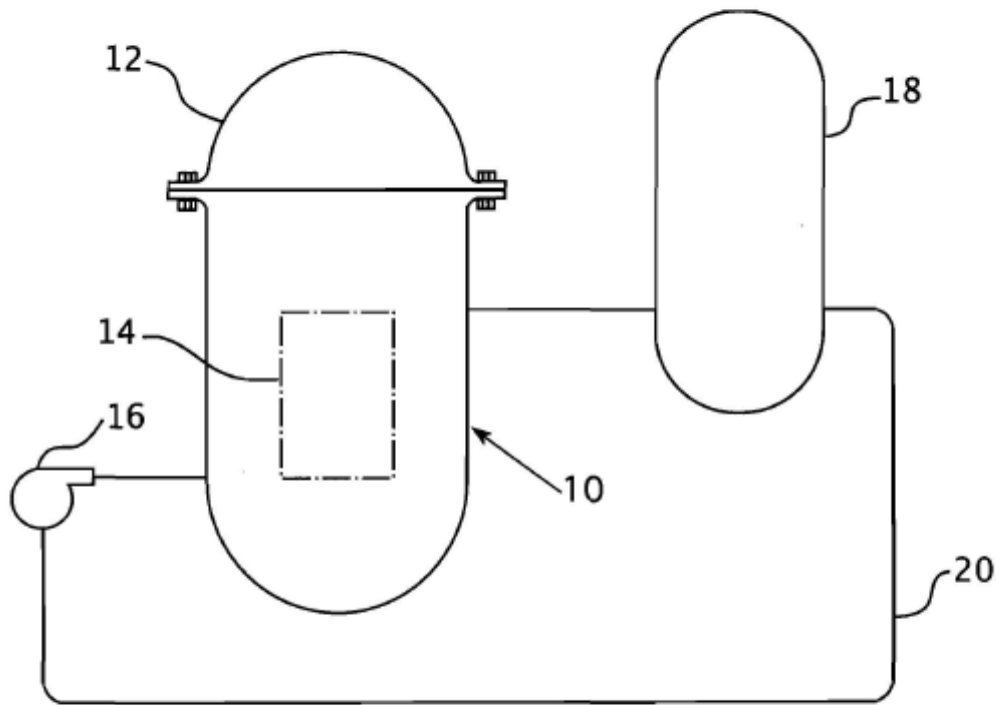
2.- El miembro (66) reactivo de la Reivindicación 1, en el que el resorte (76) es un resorte de torsión rectificando.

3.- El miembro (66) reactivo de la Reivindicación 1, en el que el miembro reactivo es un elemento de combustible nuclear.

25 4.- El miembro (66) reactivo de la Reivindicación 1, en el que el miembro reactivo es una barra (28) de control nuclear.

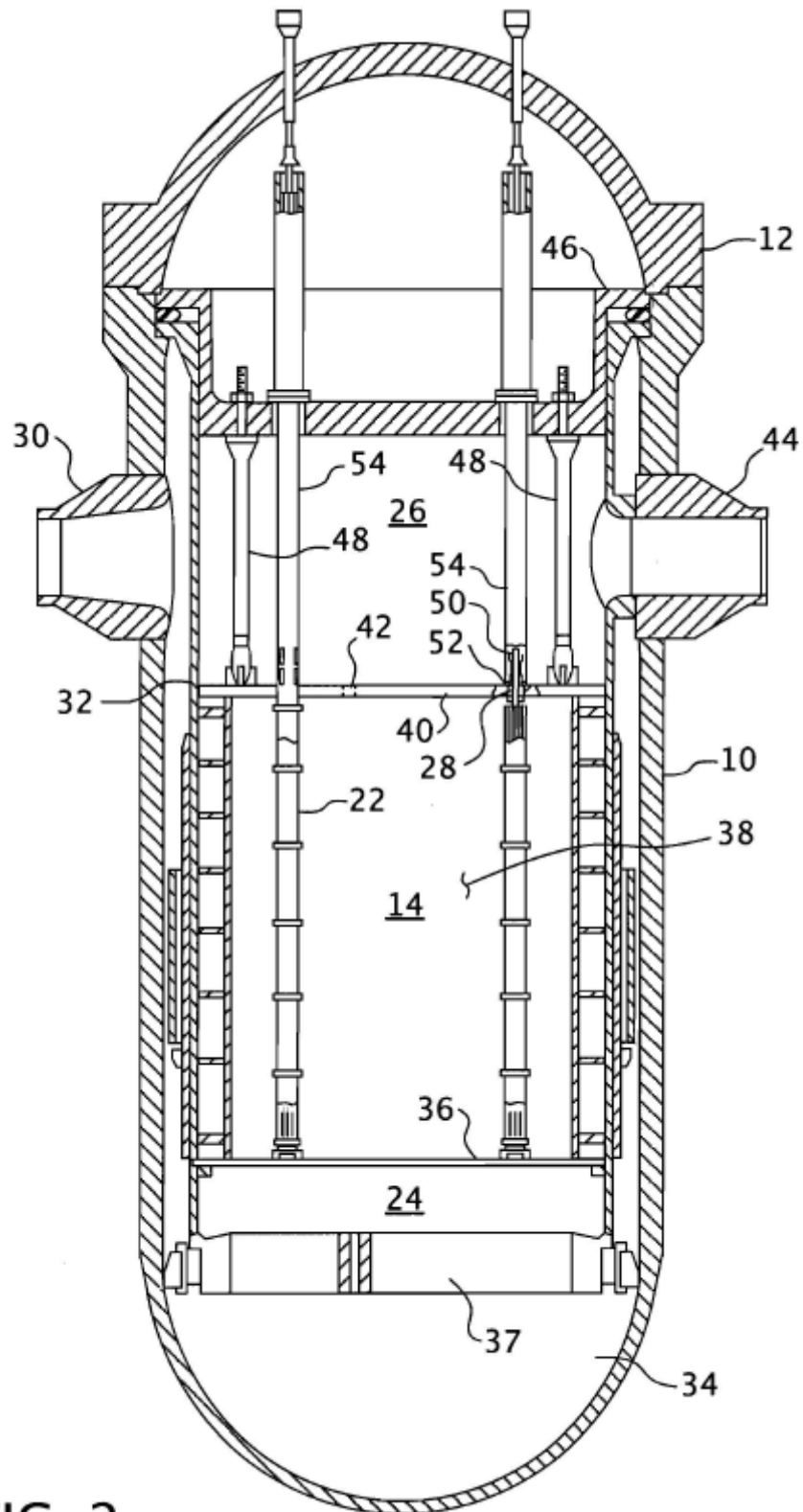
5.- El miembro (66) reactivo de la Reivindicación 1, en el que el separador (86) es sustancialmente redondo y separado de una pared interna de la vaina.

30 6.- Un conjunto (22) combustible nuclear que incorpora una pluralidad de elementos (66) combustibles nucleares comprendiendo al menos algunos de los elementos de combustibles nucleares el elemento de combustible de la Reivindicación 3.



**FIG. 1** Técnica Anterior





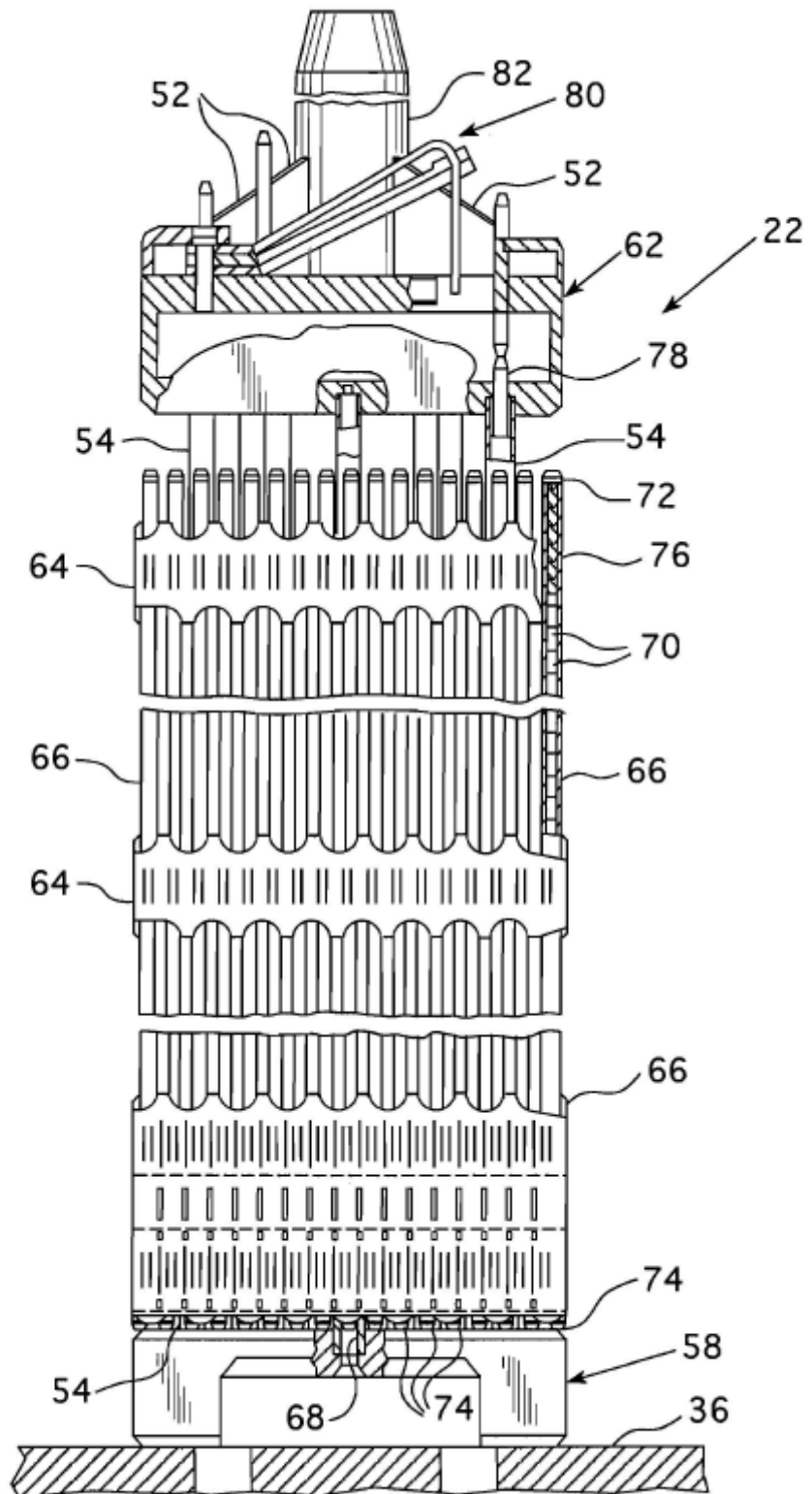


FIG. 3 Técnica Anterior

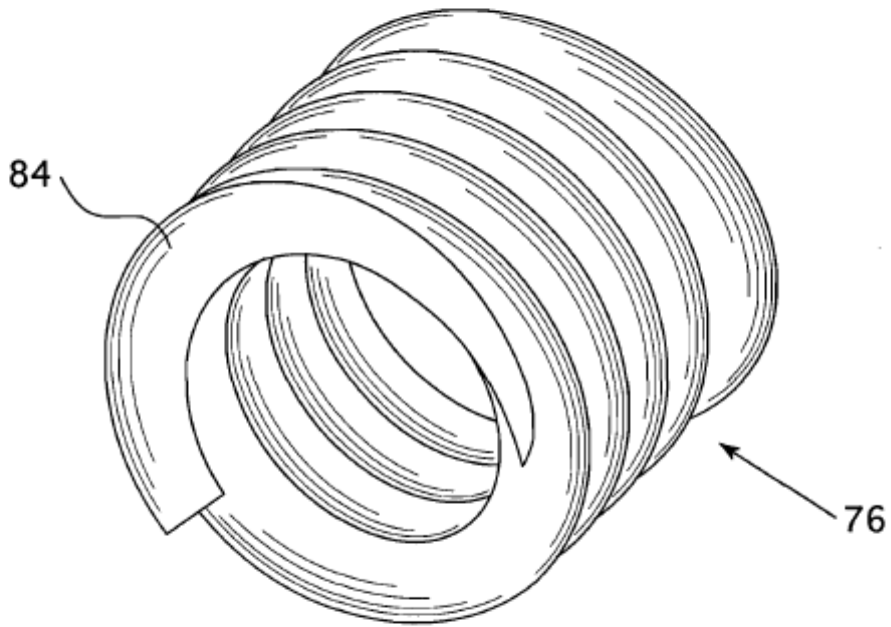
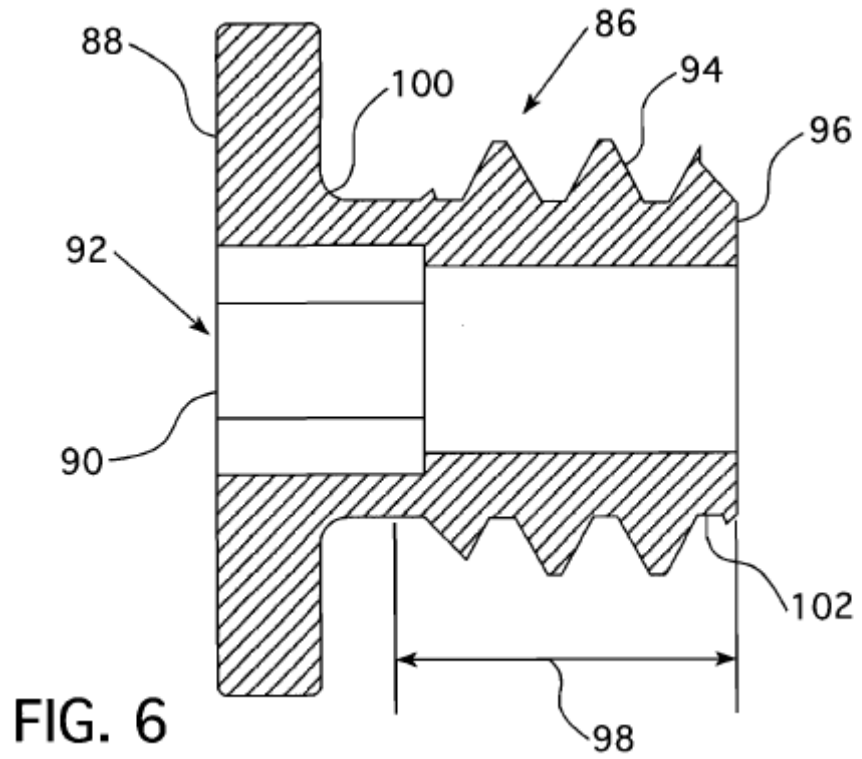
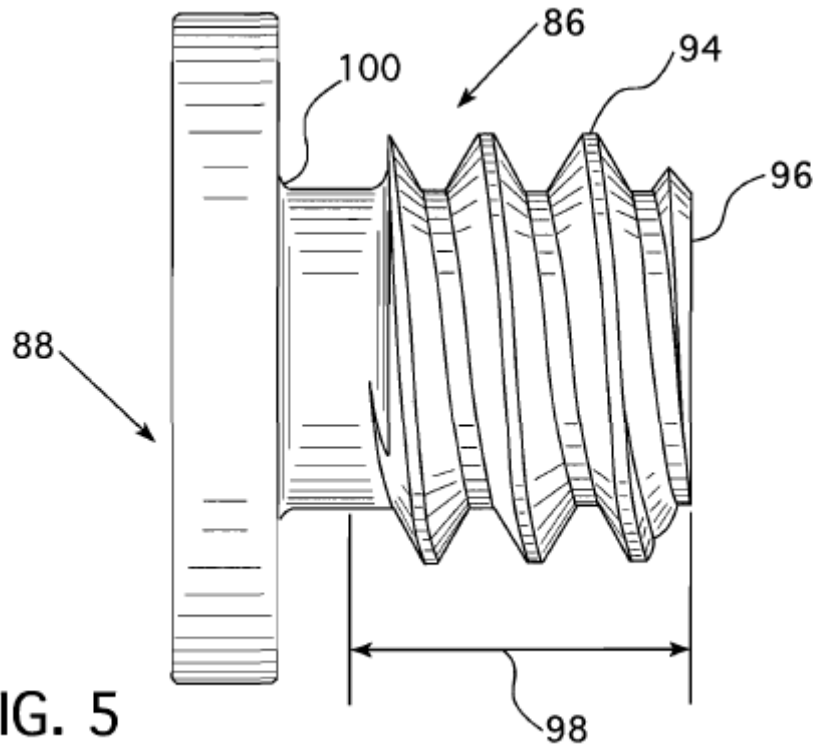


FIG. 4



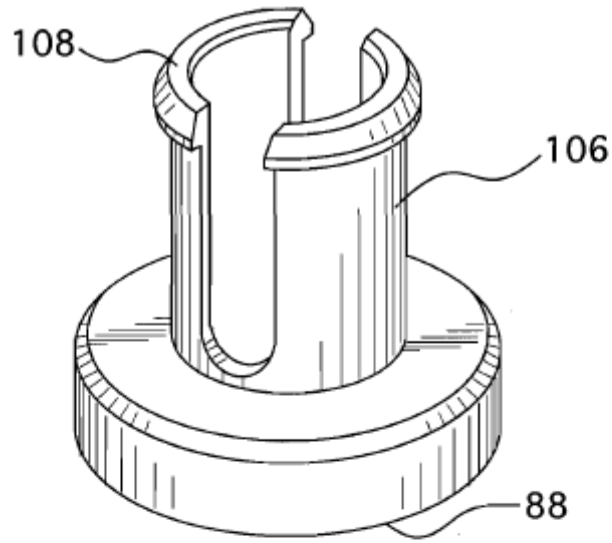


FIG. 7

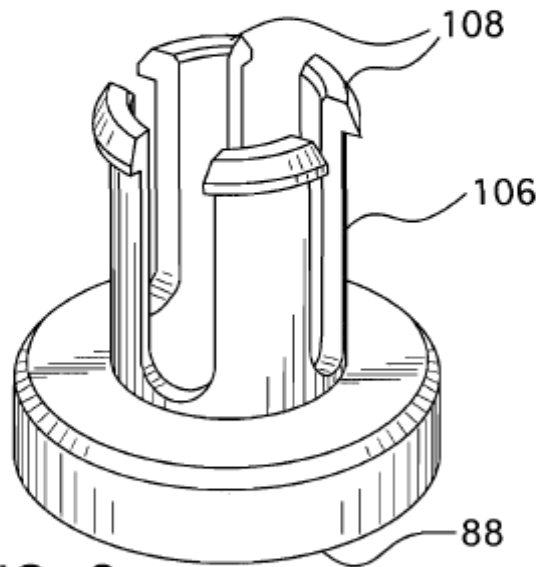


FIG. 8

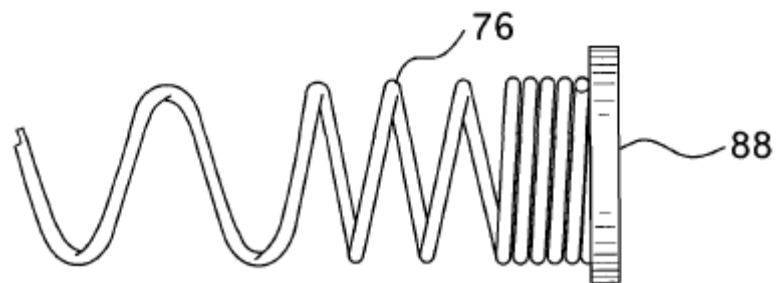


FIG. 9