

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 830**

51 Int. Cl.:

G21C 11/02 (2006.01)

G21C 11/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08872491 .9**

96 Fecha de presentación: **24.11.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2227814**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.09.2010**

54

Título: **Paneles neutrónicos de blindaje para vasijas de presión del reactor**

30

Prioridad:

04.12.2007 US 992158 P

21.11.2008 US 275525

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:

28.12.2012

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:

28.12.2012

73

Titular/es:

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC

(100.0%)

1000 WESTINGHOUSE DRIVE

CRANBERRY TOWNSHIP,PENNSYLVAN 16066,

US

72

Inventor/es:

SINGLETON, NORMAN, R.

74

Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 393 830 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

Paneles neutrónicos de blindaje para vasija de presión del reactor

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 La presente solicitud reivindica la prioridad basada en la Solicitud Provisional 60/992,158, depositada el 4 de diciembre de 2007.

Interés gubernamental

La presente invención fue elaborada con ayuda del Gobierno con arreglo al contrato No. DE-FC07-051D1436 sancionado por el Ministerio de Energía. El Gobierno tiene determinados derechos en la presente invención.

Antecedentes de la invención

10 **1. Campo de la invención**

La presente invención se refiere, en general, al campo de los accesorios internos de los reactores nucleares y, más concretamente, a los blindajes neutrónicos para el blindaje de la vasija de presión del reactor nuclear contra su sobreexposición al flujo de neutrones.

2. Descripción de la técnica relacionada

15 El lado primario de los sistemas de generación de energía de los reactores nucleares que son refrigerados con agua a presión comprende un circuito cerrado el cual está aislado de, y en relación de intercambio térmico con, un lado secundario para la producción de energía útil. El lado primario comprende la vasija de presión del reactor que envuelve una estructura de accesorios internos del núcleo que soporta una pluralidad de conjuntos combustibles que contienen la materia fisiónable, el circuito primario del interior de los generadores de vapor de intercambio térmico, el
 20 volumen interno de un presurizador, las bombas y las tuberías para la circulación del agua a presión; las tuberías que conectan cada uno de los generadores de vapor y las bombas, de forma independiente, con la vasija de presión del reactor. Cada una de las piezas del lado primario que comprende el generador de vapor, una bomba y un sistema de tuberías las cuales están conectadas a la vasija forman un circuito cerrado del lado primario. El lado primario está, así mismo, conectado a unos circuitos auxiliares, que incluyen un circuito para la vigilancia volumétrica y química del agua a presión. El circuito auxiliar, el cual está dispuesto como una ramificación derivada del circuito primario, hace posible mantener la cantidad de agua existente en el circuito primario mediante su
 25 reposición, cuando se requiera, mediante cantidades medidas de agua, y para vigilar las propiedades químicas del agua de refrigeración, en especial su contenido en ácido bórico, lo cual es importante para el funcionamiento del reactor.

30 Los componentes internos de la vasija de presión del reactor incluyen típicamente unos accesorios internos superiores e inferiores. Los accesorios internos superiores incluyen unos conjuntos de tubos de guía de las barras de regulación, unas columnas de soporte, unos conductos para el instrumental los cuales se introducen en la vasija de presión del reactor a través de los cabezales de cierre, una estructura de alineación de los conjuntos combustible, designada como la placa del núcleo superior. Los accesorios internos inferiores incluyen una estructura del soporte
 35 del núcleo designada como barrilete del núcleo, un escudo del núcleo que se asienta en el interior del barrilete del núcleo y convierte el interior circular del barrilete del núcleo en un patrón escalonado el cual, en lo sustancial, se corresponde con el perfil del perímetro de los conjuntos combustible que constituyen el núcleo soportado entre una placa inferior del soporte del núcleo y la placa superior del núcleo. El patrón escalonado de los conjuntos combustibles sitúa los conjuntos combustibles más próximos al barrilete del núcleo en las cuatro coordenadas
 40 cardinales. Como una alternativa al escudo, se ha empleado una estructura de cimbra de tabiques deflectores empernados consistente en unas placas maquinadas de tabiques deflectores de cimbra en horizontal y en vertical. Ya se emplee un escudo o una estructura de cimbra de tabiques deflectores empernados, el patrón del núcleo sigue siendo en términos generales el mismo, situándose los conjuntos combustibles más próximos al barrilete del núcleo en las coordenadas cardinales.

45 Tanto en los reactores de agua a presión moderada como en nucleares de agua en ebullición, utilizados para la producción de vapor para accionar una turbina de vapor, la fisión tiene lugar dentro del núcleo del reactor, por medio de lo cual la energía de los productos de la fisión es transmitida al agua. En un reactor de agua a presión moderada, el agua calentada es bombeada desde la vasija de presión del reactor a través de un cambiador de calor, en el cual la energía térmica es transferida a otro circuito de agua para formar el vapor para accionar una
 50 turbina. En un reactor de agua en ebullición, la energía de los productos de la fisión es transmitida al agua existente en la vasija de presión del reactor para formar el vapor para accionar la turbina. En los dos tipos de reactor, se ha encontrado que el flujo de neutrones aplicado sobre la vasija procedente del núcleo del reactor provoca que el material de la vasija resulte quebradizo. Esto es, con la exposición prolongada a los neutrones de alta energía se reduce la resistencia a la fractura de la vasija y podría, en último término, provocar la fractura de la vasija si se deja
 55 que la situación se prolongue.

En el pasado se han utilizado diversas técnicas de diseño para reducir la exposición a la radiación de la vasija. Por ejemplo, en los reactores de agua a presión los fabricantes han empleado un blindaje térmico de acero para reducir la exposición a la radiación de la vasija. En un diseño del tipo ilustrado en la Figura 1, el barrilete 32 del núcleo, el cual rodea y soporta el núcleo 14 del reactor dentro de la vasija 10, dicho barrilete está rodeado por una pared 15 cilíndrica de acero la cual presenta un grosor de 5,08 a 7,62 centímetros y está situada, de forma aproximada, a una distancia igual respecto de la superficie interna de la vasija 10 a presión y de la superficie externa del barrilete 32 del núcleo. En un diseño alternativo, divulgado en la Patente estadounidense No. 3,868,302, advirtiéndose que el nivel del flujo de neutrones que incide sobre la superficie interna de la vasija 10 del reactor varía desde el punto de vista circunferencial, debido a que algunos de los conjuntos conductibles 22 situados dentro del núcleo 14 están más próximos al barrilete 32 del núcleo que otros conjuntos combustible 22, el grosor del barrilete del núcleo se incrementa de manera selectiva en aquellas zonas en las que existe un elevado flujo. Si el grosor del barrilete del núcleo se incrementa en las zonas de elevado flujo en una cantidad correspondiente al grosor del blindaje 15 térmico cilíndrico, la exposición máxima a la radiación de la vasija 10 del reactor es esencialmente la misma que el nivel que resultaría con un blindaje 15 térmico cilíndrico separado.

Otra alternativa que se ha empleado consiste en fijar unas placas de acero a la cara exterior del barrilete del núcleo en las zonas de las coordenadas cardinales para conseguir esencialmente el mismo efecto que se obtendría mediante el incremento del barrilete del núcleo en dichas áreas, pero con un coste menor. Cuando el tamaño de los reactores se incrementa, lo que exige unos blindajes térmicos de mayor tamaño, las placas de acero que constituyen los blindajes pueden experimentar unos ascensos bruscos de temperatura cuando se calientan y las diferencias en la expansión térmica entre los blindajes y el barrilete del núcleo pueden deformar los medios empleados para fijar los blindajes neutrónicos al barrilete del núcleo. Así mismo, a medida que los blindajes neutrónicos resultan de mayor tamaño, pueden provocar la caída de la presión dentro de la zona del tubo descendente entre el barrilete del núcleo y la vasija de presión del reactor lo cual, a su vez, incrementa la caída de la presión a través de la vasija de presión del reactor y la cantidad de turbulencia del flujo que se genera en el ánulo del tubo descendente.

De acuerdo con ello, se desea un diseño de blindaje neutrónico mejorado que reduzca cualquier efecto adverso sobre la caída de la presión dentro del tubo descendente, en la zona entre la vasija de la presión y el barrilete del núcleo.

Así mismo, se desea un diseño de blindaje neutrónico mejorado que reduzca al mínimo las diferencias de la temperatura entre el blindaje térmico y el barrilete del núcleo y reduzca la deformación sobre los medios empleados para fijar los blindajes neutrónicos al barrilete del núcleo.

Sumario de la invención

Los objetivos expuestos con anterioridad se consiguen de acuerdo con la presente invención mediante la colocación de una pluralidad de paneles de blindaje neutrónicos separados circunferencialmente dentro de la zona del tubo descendente de la vasija de presión del reactor, presentando cada uno de los paneles una superficie genéricamente cóncava encarada hacia el barrilete del núcleo y una superficie genéricamente convexa encarada hacia la pared interna de la vasija de seguridad. Cada panel presenta un grosor variable entre la cara cóncava y la superficie convexa. De modo preferente, el grosor del panel varía en la dirección circunferencial con el máximo grosor en el centro y se ahúsa hacia los lados. Es conveniente que el grosor sea, de manera aproximada, de 7,62 centímetros en el centro y se ahúsa de manera aproximada hasta 2,54 centímetros hacia el lateral. De modo preferente, los paneles neutrónicos del blindaje están contruidos en acero inoxidable y están ahusados en la parte superior para proporcionar una transición gradual hacia la dirección del flujo de refrigerante hacia abajo del tubo descendente.

En una forma de realización, los paneles neutrónicos de blindaje están contruidos a partir de una pluralidad de segmentos separados que estén apilados en vertical. Es conveniente que cada uno de los segmentos sea rectangular y que tenga dos lados más largos, extendiéndose los lados más largos en la dirección vertical. En la forma de realización preferente, el número de segmentos es tres teniendo cada segmento, de manera aproximada, el mismo tamaño. Los segmentos están, de modo preferente, empernados al barrilete del núcleo y al menos una porción de la superficie cóncava del panel neutrónico está separada del diámetro exterior del barrilete del núcleo por un separador, como por ejemplo una arandela. En otra forma de realización preferente, los segmentos de los paneles neutrónicos presentan unos bordes opuestos en pendiente, coincidiendo inversamente cada borde con la pendiente del borde opuesto del segmento adyacente, estando los bordes adyacentes opuestos separados uno de otro. El espacio existente entre los bordes opuestos permite que el refrigerante del reactor pase entre ellos para contribuir a la refrigeración de los segmentos, reduciendo al tiempo el paso de la fluencia de los neutrones hacia la vasija del reactor.

3. Breve descripción de los dibujos

Puede obtenerse una comprensión más acabada de la invención a partir de la descripción subsecuente tomada en combinación con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La Figura 1 es una vista en sección transversal de una vasija de presión del reactor que muestra la vasija de presión, el blindaje térmico, el barrilete del núcleo, y una serie de conjuntos combustible situados dentro del núcleo;

la Figura 2 es una vista esquemática simplificada de un sistema del reactor nuclear al cual puede ser aplicada la presente invención;

la Figura 3 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de una vasija de presión del reactor y de los componentes internos a los cuales puede ser aplicada la presente invención;

5 la Figura 4 es una vista en sección transversal de un barrilete del núcleo tomada a través de los paneles neutrónicos de blindaje de la presente invención;

la Figura 5 es una vista en sección transversal parcial de una porción de un blindaje neutrónico empernado en el interior de la superficie interna del barrilete del núcleo con una arandela interpuesta para proporcionar una separación;

10 la Figura 6 es una vista en alzado de un barrilete del núcleo, parcialmente en sección, con un blindaje neutrónico de la presente invención mostrado sobre tres lados;

la Figura 7 es una vista lateral de un segmento de panel de blindaje neutrónico; y

la Figura 8 es una vista plana del segmento del panel de blindaje neutrónico mostrado en la Figura 7.

4.- Descripción de las formas de realización preferentes

15 Con referencia ahora a los dibujos, la Figura 2 muestra un sistema primario simplificado de un reactor nuclear, que incluye una vasija 10 genéricamente cilíndrica del reactor nuclear que presenta una cabezal 12 de cierre que engloba un núcleo 14 de la vasija. Un refrigerante líquido del reactor, como por ejemplo agua, es bombeado hasta el interior de la vasija 10 mediante una bomba 16 a través del núcleo 14 donde la energía térmica es absorbida y es
20 descargada hasta un cambiador 18 de calor, típicamente designado como generador de vapor, en el cual el calor es transferido a 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 circuito cerrado primario. Típicamente, una pluralidad de los circuitos cerrados descritos con anterioridad, están conectados a una única vasija 10 del reactor mediante una tubería 20 del refrigerante del reactor.

25 Un diseño ejemplar del reactor se muestra con mayor detalle en la Figura 3. Además del núcleo 14 compuesto por una pluralidad de conjuntos 22 combustible que se coextienden en sentido vertical, a los fines de la presente descripción, las demás estructuras internas de la vasija pueden ser divididas en unos accesorios internos inferiores 24 y unos accesorios internos superiores 26. En los diseños convencionales, la función de los accesorios internos inferiores consisten en soportar, alinear y guiar los componentes del núcleo y del instrumental, así como dirigir el flujo por el interior de la vasija. Los accesorios internos superiores restringen o proporcionan una restricción
30 secundaria de los conjuntos 22 combustible (de los cuales solo dos se muestran por razones de sencillez), y un instrumental y unos componentes de soporte y de guía, como por ejemplo unas barras 28 de regulación.

En el reactor ejemplar mostrado en la Figura 3, el refrigerante entra en la vasija 10 a través de una o más toberas 30 de entrada, fluye hacia abajo a través de un ánulo o tubo descendente, entre la vasija y el barrilete 32 del núcleo, gira 180 grados en una cámara impelente inferior 34, discurre hacia arriba a través de una placa 37 de soporte inferior, y a través de una placa inferior 36 del núcleo sobre la cual están asentados los conjuntos 22 combustible y a través de alrededor de los conjuntos combustible. En algunos diseños, la placa inferior 37 de soporte y la placa inferior 36 del núcleo son sustituidas por una estructura única, la placa de soporte inferior del núcleo, en el mismo emplazamiento que la placa de soporte inferior 37. El flujo de refrigerante a través del núcleo y del área circundante
35 38 es típicamente abundante, del orden de 714,000 litros por minuto a una velocidad de, de manera aproximada, 6,96 metros por segundo. La caída de la presión y las fuerzas de fricción resultantes tienden a provocar que los conjuntos combustible se eleven, movimiento que es restringido por los accesorios internos superiores, incluyendo la placa circular 40 superior del núcleo. El refrigerante que sale del núcleo 14 fluye a lo largo de la cara inferior de la placa superior del núcleo y discurre hacia arriba a través de una pluralidad de perforaciones 42. El refrigerante, a continuación, fluye hacia arriba y en sentido radial hacia una o más toberas 44 exteriores.

45 Los accesorios internos superiores 26 pueden ser soportados desde la vasija o desde el cabezal de la vasija e incluyen un conjunto superior 46 de soporte. Las cargas son transmitidas entre el conjunto superior 46 de soporte y la placa superior 40 del núcleo, fundamentalmente mediante una pluralidad de columnas 48 de soporte. Una columna de soporte está alineada por encima de un conjunto 22 combustible seleccionado y por unas perforaciones 42 existentes en la placa superior 40 del núcleo.

50 Unas barras 28 de regulación amovibles en sentido rectilíneo típicamente incluyen un eje 60 de accionamiento y un conjunto 52 de cruceta de las barras de captura de neutrones que son guiadas a través de los accesorios internos superiores 26 y por el interior de los conjuntos 22 combustible alineados por unos tubos de guía 54 de las barras de regulación. Los tubos de guía están firmemente unidos al conjunto superior 46 de soporte y están conectados por una espiga 56 hendida acoplada dentro de la parte superior de la placa superior 40 del núcleo. La configuración de espiga facilita la guía del conjunto de tubos y su sustitución si alguna vez resulta necesaria y asegura que la cargas del núcleo, especialmente en situaciones de carácter sísmico o en otros accidentes de cargas elevadas, sean
55

asumidas básicamente por las columnas 48 de soporte y no por los tubos 54 de guía. Ello contribuye a retardar la deformación de los tubos de guía en condiciones accidentales lo cual podría afectar de manera negativa a la capacidad de inserción de las barras de regulación.

- 5 De acuerdo con lo indicado con anterioridad, se ha encontrado que el flujo de neutrones aplicado sobre la vasija a partir del núcleo del reactor se traduce en que el material de la vasija de presión del reactor se haga quebradiza. Por esta razón, la máxima fluencia que incide sobre la vasija de presión del reactor está limitada por la Comisión Legislativa Nuclear en la Directriz Normativa 1.99. Para evitar sobrepasar estas limitaciones, en algunos diseños de reactor, unos blindajes neutrónicos 58 mostrados en la Figura 3, están situados alrededor del barrilete del núcleo en emplazamientos separados circunferencialmente alrededor del eje geométrico cardinal donde la fluencia es mayor
- 10 debido a la proximidad de los conjuntos combustibles. Los blindajes neutrónicos se extienden esencialmente a lo largo de una altura sustancialmente igual a la de los elementos combustible situados dentro del núcleo. El grosor de los blindajes neutrónicos 58 está calibrado para reducir la fluencia de neutrones sobre la vasija 10 del reactor por debajo de los límites fijados por la Directriz Normativa 1.99. Como puede apreciarse en la Figura 3, los blindajes neutrónicos restringen el área del tubo descendente situada sobre las paredes de la vasija 10 y del barrilete 32 del núcleo a través de las cuales se dirige el refrigerante entrante para llegar hasta el núcleo 14 y, de esta manera, crear una restricción en el flujo del refrigerante. La presente invención reduce al mínimo esta restricción mediante el diseño de cada uno de los paneles neutrónicos de blindaje con una superficie genéricamente cóncava encarada
- 15 hacia el barrilete del núcleo y una superficie genéricamente convexa encarada hacia el interior de la vasija de seguridad, teniendo cada panel un grosor variable entre la superficie cóncava y la superficie convexa.
- 20 Una sección transversal del barrilete 32 del núcleo que muestra los paneles neutrónicos 58 de blindaje de la presente invención se ilustra en la Figura 4. Los paneles neutrónicos 58 de blindaje se muestran en la periferia de cada uno de los ejes geométricos cardinales del barrilete 32 del núcleo y están fijados en el centro y en cada extremo circunferencial por los pernos 60. Tal y como puede apreciarse en la Figura 4, el panel neutrónico 58 de blindaje es más grueso en su centro y se ahúsa hacia los lados. De modo preferente, el centro tiene un grosor de
- 25 7,62 centímetros y los paneles se ahúsan en la dirección circunferencial hasta los 2,54 centímetros. Los pernos 60 se extienden a través de unos agujeros existentes en el panel neutrónico de blindaje y están atornillados dentro de unas correspondientes aberturas existentes en el barrilete 32 del núcleo. Las cestas 62 separadas alrededor del barrilete 32 del núcleo soportan unos fragmentos del material de la vasija de presión del reactor que son retirados de forma periódica del reactor para comprobar el estado del metal de la vasija.
- 30 La Figura 6 muestra una vista en alzado del barrilete 32 del núcleo con una porción recortada para mostrar una vista lateral de la conexión del panel neutrónico 58 de blindaje con la pared del barrilete del núcleo. El panel neutrónico 58 de blindaje mostrado en la Figura 6 está compuesto por tres secciones 66 rectangulares separadas para reducir el esfuerzo sobre los pernos 60 que sujetan las secciones 66 al barrilete 32 del núcleo, como resultado de los diferenciales en la expansión térmica entre el barrilete del núcleo de acero al carbono y las secciones 66 de los paneles neutrónicos 58 de acero inoxidable. Tal y como se muestra en la Figura 6, cada uno de los segmentos 66 de los paneles son sustancialmente rectangulares con la dimensión más larga en la dirección vertical. En términos generales, al margen del borde superior 64 biselado situado por encima del panel superior 66, los tres paneles 66
- 35 tienen en lo sustancial el mismo diseño.
- 40 Tal y como puede apreciarse a partir del panel neutrónico de blindaje situado sobre el lado derecho de la Figura 6, la superficie de interconexión entre el segmento 66 de panel presenta un borde opuestos en pendiente que coincide inversamente con la pendiente situada sobre el borde opuesto del segmento 66 adyacente y los bordes adyacentes opuestos están separados uno de otro para permitir que el refrigerante del reactor pase entre ellos para refrigerar los segmentos. De modo preferente, cada uno de los segmentos 66 están fabricados en acero inoxidable.
- 45 La Figura 5 muestra una sección de tamaño ampliado del acoplamiento entre el panel neutrónico 66 de blindaje y el barrilete 32 del núcleo. Una arandela 70 está interpuesta entre el barrilete 32 del núcleo y la placa neutrónica 58 de blindaje para mantener un espacio 72 entre ellos para el paso de refrigerante para contribuir a la refrigeración tanto del barrilete del núcleo como del panel neutrónico de blindaje.
- 50 La Figura 7 muestra una vista lateral de un segmento 66 de panel neutrónico y la Figura 8 muestra una vista frontal del panel 66 neutrónico. En las vistas de las Figuras 7 y 8 se puede apreciar mejor la porción 64 superior biselada y la porción 68 inferior en pendiente indicada con anterioridad con respecto a la Figura 6. Así mismo, unos canales circunferenciales 74 de refrigeración están dispuestos sobre el lado inferior de los paneles 66 para promover en mayor medida la refrigeración.
- 55 Es conveniente, de acuerdo con lo indicado con anterioridad, que los tres paneles 66 indicados estén apilados en tándem en cada una de las cuatro coordenadas cardinales alrededor del núcleo sobre el lado exterior del barrilete 32 del núcleo y estén fijados al barrilete del núcleo por los pernos 60. Aunque debe apreciarse que, como una alternativa, puede, así mismo, ser empleado un solo panel que se extienda hasta la altura de las varillas de combustible, provistos los medios para la fijación del panel extendido hacia el exterior del barrilete del núcleo está diseñado para ajustar cualquier diferencia de la expansión térmica entre el material de los blindajes neutrónicos 58 y del barrilete 32 del núcleo.

5 Uno de los aspectos claves de la presente invención consiste en hacer que los paneles varíen de grosor en la
dirección circunferencial de tal manera que el grosor radial mayor esté en el punto de fluencia máxima con grosores
menores en los emplazamientos adyacentes en los que el nivel de fluencia es menor. Esta disposición permite un
diámetro de la vasija de presión del reactorrelativamente más pequeño, lo cual reduce el impacto sobre otras partes
del diseño de la planta. Así mismo, con el grosor variable en la posición circunferencial, el bloqueo del flujo del tubo
descendente se reduce de forma que la caída de la presión de la vasija de presión del reactor y los niveles de
vibración de los accesorios internos sean menores que con el grosor uniforme de los paneles tal y como se utiliza en
diseños más convencionales de reactores. Debido a que el grosor de los paneles es el más pronunciado en el
emplazamiento de la máxima fluencia, el beneficio del grosor se obtiene donde más se necesita y es menor donde la
10 fluencia es inferior.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un reactor nuclear que comprende:
- una vasija de presión que tiene una pared lateral interior:
- 5 un barrilete del núcleo dispuesto dentro de la vasija de presión para rodear circunferencialmente un núcleo de la vasija, definiendo el barrilete del núcleo y la pared lateral de la vasija lateral una zona de tubo vertical de bajada; y
- 10 una pluralidad de paneles neutrónicos separados dispuestos en la zona del tubo vertical de bajada, presentando cada uno de los paneles una superficie genéricamente cóncava encarada hacia el barrilete del núcleo y una superficie genéricamente convexa encarada hacia la pared lateral de la vasija de presión, presentando cada uno de los paneles un grosor variable entre la superficie cóncava y la superficie convexa.
- 2.- El reactor nuclear de la Reivindicación 1, en el que el grosor de los paneles neutrónicos varía en la dirección circunferencial.
- 3.- El reactor nuclear de la Reivindicación 2, en el que el grosor es el máximo en el centro y se ahúsa hacia los lados.
- 15 4.- El reactor nuclear de la Reivindicación 3, en el que el grosor es de aproximadamente 7,62 cm en el centro y se ahúsa hasta aproximadamente 2,54 cm en el lado.
- 5.- El reactor nuclear de la Reivindicación 1, en el que los paneles neutrónicos están contruidos en acero inoxidable.
- 20 6.- El reactor nuclear de la Reivindicación 1, en el que la parte superior de los paneles neutrónicos está achaflanada.
- 7.- El reactor nuclear de la Reivindicación 1, en el que el barrilete del núcleo presenta un eje geométrico central que se extiende en la dirección vertical y los paneles neutrónicos están contruidos a partir de una pluralidad de segmentos separados que están apilados verticalmente.
- 8.- El reactor nuclear de la Reivindicación 7, en el que cada uno de los segmentos es rectangular y presenta dos lados más largos extendiéndose los lados más largos en la dirección vertical.
- 25 9.- El reactor nuclear de la Reivindicación 7, en el que cada uno de los segmentos tiene aproximadamente el mismo tamaño.
- 10.- El reactor nuclear de la Reivindicación 7, en el que el número de segmentos es tres.
- 11.- El reactor nuclear de la Reivindicación 7, en el que cada uno de los segmentos está empernado al barrilete del núcleo.
- 30 12.- El reactor nuclear de la Reivindicación 7, en el que al menos una porción de la superficie cóncava del panel neutrónico está separada de un diámetro exterior del barrilete del núcleo por un separador.
- 13.- El reactor nuclear de la Reivindicación 12, en el que el separador es una arandela.
- 14.- El reactor nuclear de la Reivindicación 7, en el que cada segmento de panel neutrónico presenta un borde opuesto en pendiente que se adapta inversamente a la pendiente situada sobre el borde opuesto del segmento adyacente en el que los bordes adyacentes opuestos están separados uno de otro para permitir que el refrigerante del reactor pase entre ellos.
- 35 15.- El reactor nuclear de la Reivindicación 1, en el que los paneles neutrónicos presentan unas ranuras en la superficie cóncava encarada hacia el barrilete del núcleo con el fin de promover la refrigeración.

40

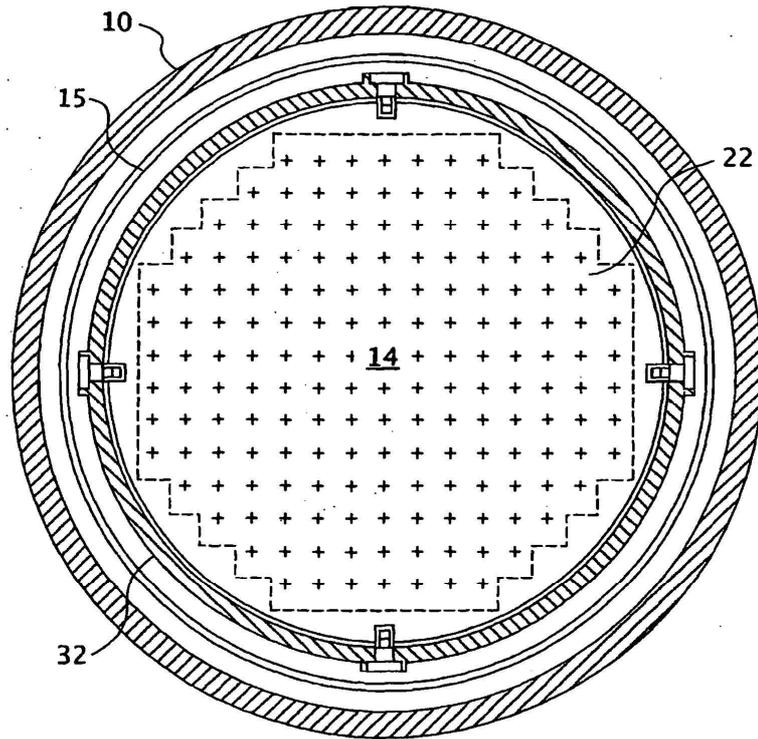


FIG. 1 Técnica anterior

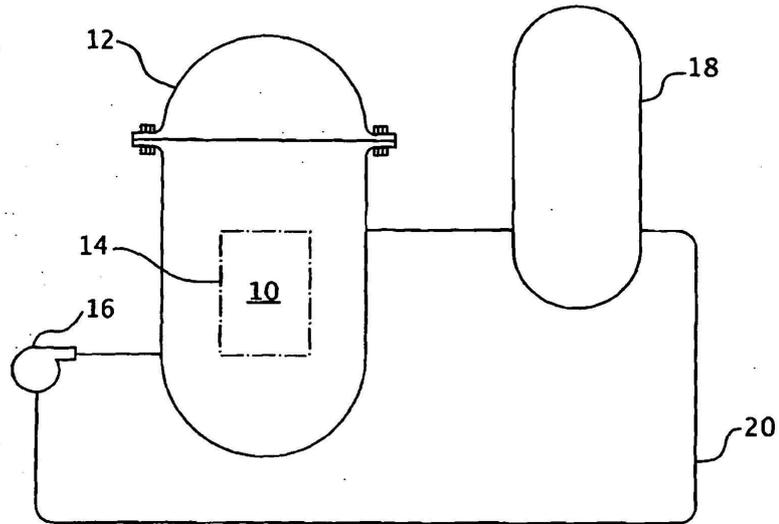


FIG. 2 Técnica anterior

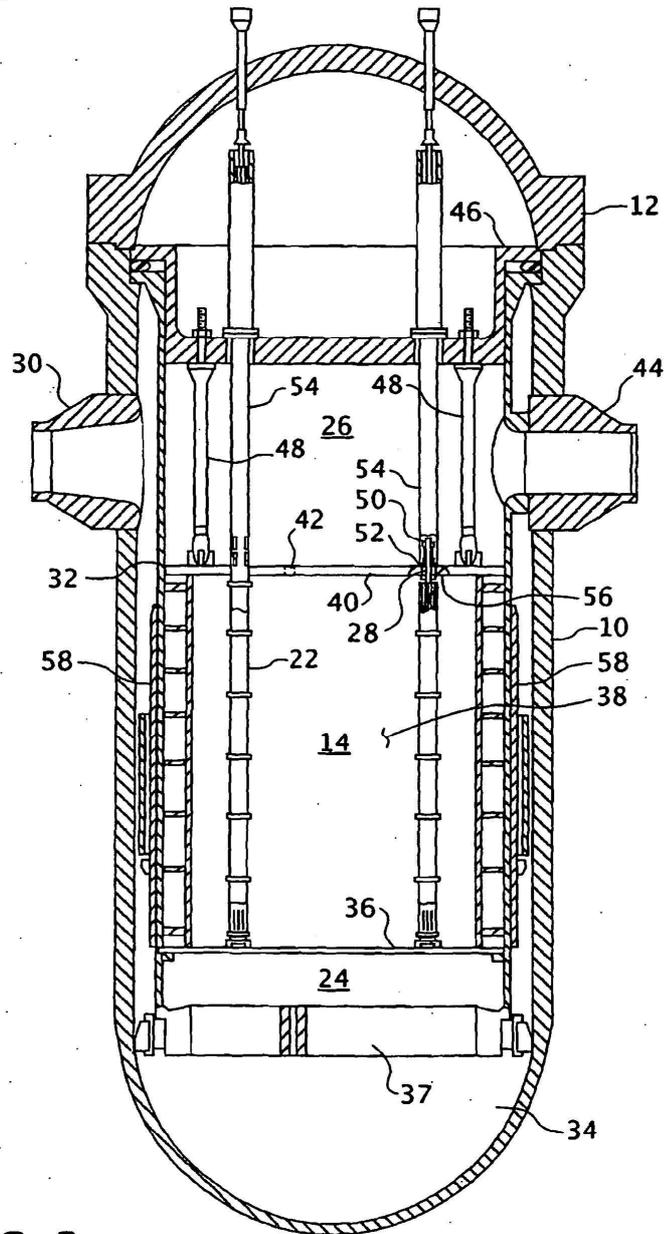
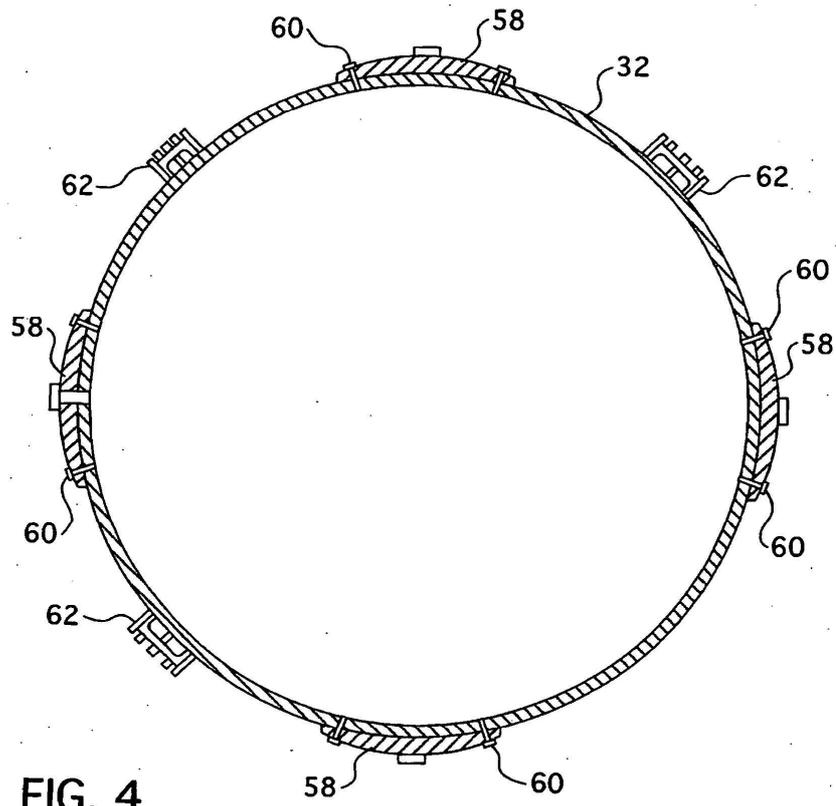


FIG. 3 Técnica anterior



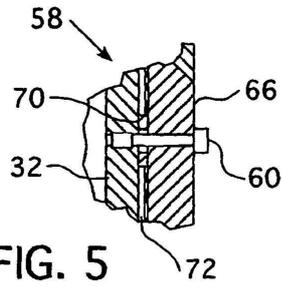


FIG. 5

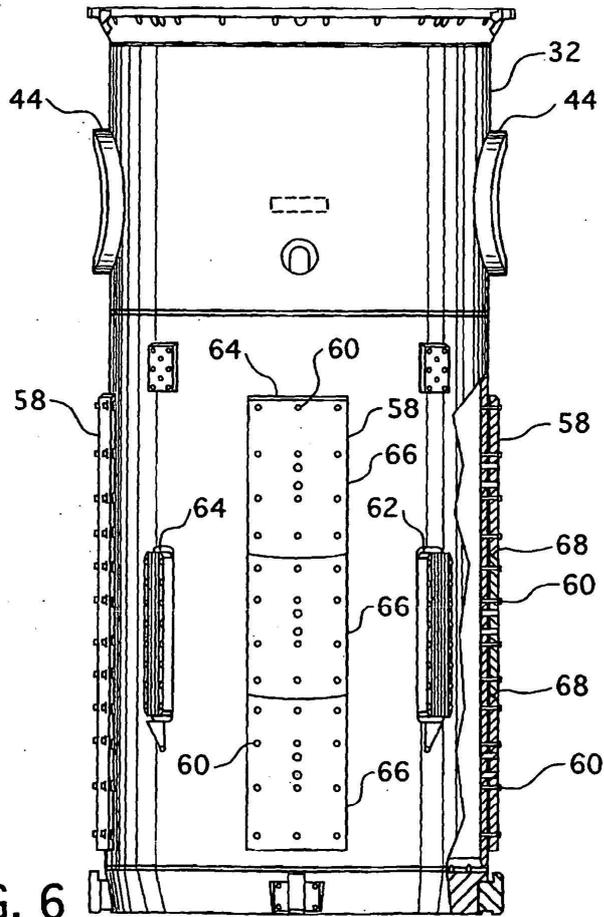


FIG. 6

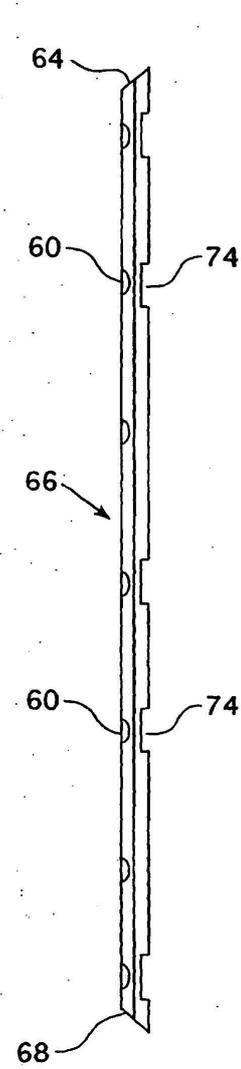


FIG. 7

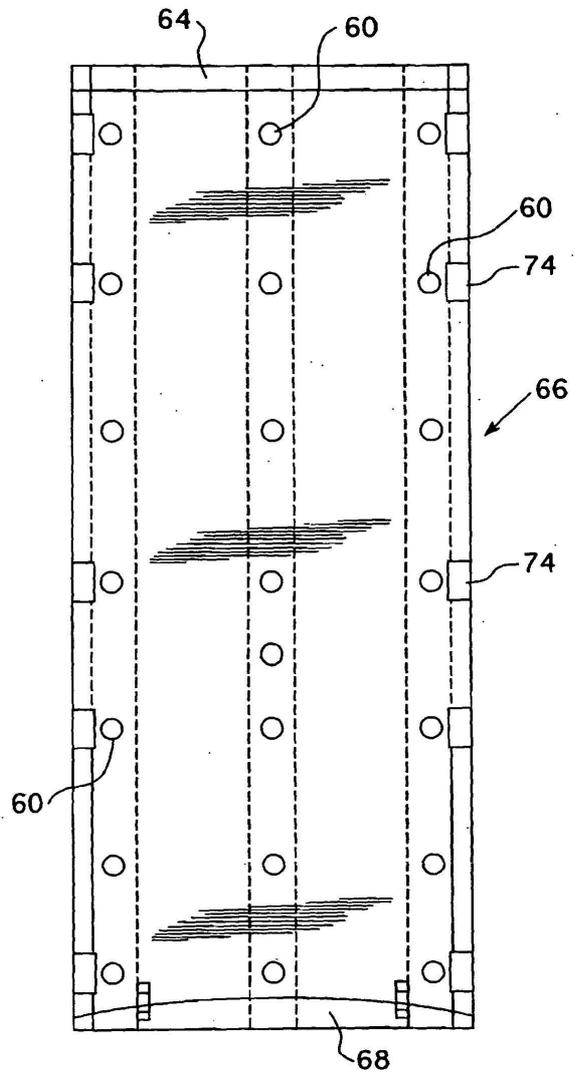


FIG. 8