



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria #Junta.

|       |                       |         |
|-------|-----------------------|---------|
| 19 ES | 21                    | 20 A1   |
|       | NUMERO                | 442.059 |
|       | FECHA DE PRESENTACION | 14-6-75 |

PATENTE DE INVENCION

|                 |          |                 |
|-----------------|----------|-----------------|
| 50 PRIORIDADES: | 52 FECHA | 53 PAIS         |
| 51 NUMERO       |          |                 |
| 587,842         | 18-6-75  | Estados Unidos. |

|                        |                                |                                      |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 47 FECHA DE PUBLICIDAD | 51 CLASIFICACION INTERNACIONAL | 52 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA |
|                        | G21C                           |                                      |

54 TITULO DE LA INVENCION

MEJORAS INTRODUCIDAS EN UN CONJUNTO DE COMBUSTIBLE PARA REACTOR NUCLEAR.

71 SOLICITANTE (S)

GENERAL ELECTRIC COMPANY.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

1 River Road, Schenectady, New York 12305. ESTADOS UNIDOS.

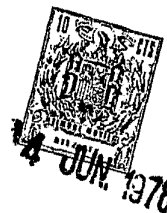
72 INVENTOR (ES)

Harold Eugene Williamson y Bart Alan Smith, ambos de nacionalidad estadounidense.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU.



En un tipo conocido de reactor nuclear, por ejemplo el que se emplea en la central nuclear de Dresden cerca de Chicago, Illinois, el núcleo del reactor incluye una multiplicidad de conjuntos de combustible dispuestos en un sistema capaz de automantener una reacción de fisión nuclear. El núcleo está contenido en un recipiente sometido a presión y está sumergido en un fluido de trabajo, tal como agua ligera, que sirve a la vez como refrescante y como moderador de neutrones. Una multiplicidad de barras de control, que contienen un material absorbente de los neutrones, pueden ser introducidas selectivamente en los conjuntos de combustible para controlar la reactividad del núcleo. Para más información sobre las centrales nucleares véase, por ejemplo "Nuclear Power Engineering"; M.M. El-Wakil, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1962.

Cada conjunto de combustible incluye un canal de sección tubular, típicamente de sección transversal aproximadamente cuadrada, que contiene un conjunto de elementos o barras de combustible de forma alargada y recubiertas de una vaina, soportadas entre unas placas de unión superior e inferior. Los conjuntos de combustible están soportados en el recipiente bajo presión entre una reja de núcleo superior y una placa de soporte de núcleo inferior. La placa de unión inferior de cada conjunto de combustible está provista de una pieza de extremidad que se adapta a través de un orificio formado en la placa de soporte de núcleo situada en la cámara de suministro de refrigerante bajo presión. La pieza de extremidad está provista de orificios a través de los cuales fluye el refrigerante bajo presión subiendo a través de los canales de circulación del conjunto de combustible para extraer el ca



lor de los elementos de combustible. Se representa por ejemplo un conjunto de combustible típico en la patente de los Estados Unidos número 3.350.275 a nombre de D.A. Venier y socios. En los reactores nucleares de diseño reciente, un  
5 dispositivo de instrumentación intranuclear, bajo la forma de detectores de neutrones, está contenido en receptáculos de instrumentación situados en los espacios o intervalos formados entre los conjuntos de combustible.

En un reactor de agua hirviente, el calor es transferido desde el combustible a través de la vaina de las barras  
10 de combustible hasta el agua que fluye hacia arriba entre las barras de combustible. A una cierta altura, el agua que circula alcanza la temperatura de saturación y más allá de este punto una cantidad de agua cada vez más importante se encuentra en fase vapor. Normalmente, el coeficiente de transferencia  
15 de calor entre la vaina de las barras de combustible y el agua es sustancialmente constante. Sin embargo, si el flujo de calor y por tanto la fracción vaporizada aumenta suficientemente, se alcanza un valor de umbral en el cual el  
20 coeficiente de transferencia de calor disminuye bruscamente en un factor de 5 a 10. Esto se debe a un cambio en el mecanismo de transferencia de calor desde la ebullición nucleada hasta la ebullición en forma de película y da lugar a una elevación indeseable extremadamente rápida de la temperatura  
25 de la vaina de las barras de combustible. El flujo de calor en el valor de umbral entre la ebullición nucleada y la ebullición en forma de película se llama "flujo de calor crítico".

Una consideración importante que ha de ser tenida  
30 en cuenta en el diseño de los reactores de agua hirviente es



la relación que existe entre la circulación en los canales (o circulación del refrigerante a través de los canales de circulación del conjunto de combustible) y la circulación derivada (o circulación del refrigerante a través de los intervalos formados entre los conjuntos de combustible).

5 Por una parte es conveniente obtener la máxima circulación en los canales para aumentar lo más posible el margen hacia el flujo de calor crítico. Por otra parte es necesario asegurar una cantidad limitada de circulación derivada para evitar el estancamiento del refrigerante y las cavidades debidas al vapor y para enfriar adecuadamente las barras de control y los dispositivos de instrumentación intranucleares situados en los intervalos formados entre los canales de circulación del conjunto de combustible. Por consiguiente, para un flujo de recirculación total dado en el núcleo, el equilibrio deseado entre la circulación en los canales y la circulación de derivación mantiene un margen adecuado para el flujo de calor crítico, evitando sin embargo unas cavidades excesivas fuera de los canales.

10

15

20 En las disposiciones anteriores el control de la circulación derivada se efectuaba permitiendo el escape de una cierta cantidad de refrigerante entre el canal de circulación del conjunto y la placa de unión inferior. El canal de circulación no está sujeto en el conjunto de combustible sino que por el contrario está adaptado de manera deslizable sobre las placas de unión superior e inferior de modo que pueda ser retirado facilmente durante el reabastecimiento con combustible y para inspeccionar las barras de combustible y los conjuntos de combustible. El canal de circulación está

25

30 hecho de material relativamente delgado para ahorrar espacio



y reducir al mínimo la absorción parásita de neutrones y se ha comprobado que los incrementos de presión del refrigerante (para aumentar la circulación del refrigerante a través de los conjuntos de combustible) hace que el canal de circulación se deforme y se aleje de la placa de unión inferior lo que produce un grado excesivo de circulación derivada o de fuga, con el peligro de reducir la circulación de refrigerante necesaria en el conjunto de combustible.

Se han propuesto en el pasado varias disposiciones para controlar una circulación de fuga excesiva creada por este movimiento del canal de circulación. Estas disposiciones se describen y se reivindican en la patente de los Estados Unidos a nombre de B.A. Smith y socios número 3.689.358, en la patente de los Estados Unidos a nombre de C.R. Mefford y socios número 3.697.376 y en la patente de los Estados Unidos número 3.715.274 a nombre de D.A. Venier y socios. En estas disposiciones, véase por ejemplo la figura 2 de la patente número 3.689.358, la circulación de fuga se hace desde la porción inferior del conjunto de combustible, hacia abajo entre la placa de unión inferior y alrededor del canal de circulación saliendo por debajo del borde inferior del canal de circulación. Por tanto, la circulación de fuga conjuntamente con la circulación general del refrigerante, está sometida a la pérdida de carga que se produce a través de la reja de soporte de los elementos de combustible de la placa de unión inferior.

De manera resumida, de acuerdo con un aspecto del invento, se proporciona un dispositivo de control de circulación de fuga mejorado que incluye un orificio formado en la placa de unión inferior y un dispositivo móvil soportado en



tre el orificio y el canal de circulación adyacente, haciendo que la presión del refrigerante en el interior de la placa de unión inferior oriente el dispositivo móvil de modo que tienda a acoplarse con el canal de circulación para limitar el escape de refrigerante entre la placa de unión inferior y el canal de circulación.

Aunque las reivindicaciones que concluyen la memoria se refieren de manera particular y distinta a la materia relacionada con el invento, se entiende que éste podrá entenderse más claramente leyendo la siguiente descripción del modo de realización preferido, tomada conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es una representación esquemática de un sistema generador de vapor por medio de un reactor refrigerado por agua;

La figura 2 es una vista en perspectiva, parcialmente abierta que representa unos detalles del conjunto de combustible;

La figura 3 es una vista ampliada (parcialmente abierta) de la parte inferior del conjunto de combustible de la figura 2 que ilustra un primer modo de realización del dispositivo de control de escape;

La figura 4 es una vista en sección parcial del dispositivo de control de escape de la figura 3;

Las figuras 5 y 6 son unas vistas en perspectiva de los elementos móviles individuales del dispositivo de control de escape de la figura 3;

La figura 7 es una vista ampliada de la porción inferior del conjunto de combustible que ilustra el segundo modo de realización del dispositivo de control de escape;



JUN 1970

La figura 8 es una vista en sección parcial de un segundo modo de realización del invento, y

La figura 9 es una vista en perspectiva de un elemento de muelle del segundo modo de realización del invento.

5 Haciendo ahora referencia a los dibujos e inicialmente a la figura 1 de los mismos, se ilustra un sistema de reactor que incluye una vasija de presión 10 que contiene un núcleo de reactor nuclear en cadena 11 sumergido en un refrigerante tal como agua ligera. El núcleo 11 está rodeado por una envoltura anular 12. El núcleo 11 incluye una multi-  
10 plicidad de conjuntos de combustible recambiables 13 dispuestos separadamente y soportados en la vasija 10 entre una reja de núcleo superior 14 y una placa de soporte de núcleo inferior 15. Cada conjunto de combustible incluye una pieza de  
15 extremidad 17 acoplada con un receptáculo de soporte formado en la placa de soporte 15. La extremidad de la pieza de extremidad sobresale a través de la placa de soporte 15 y está provista de orificios que comunican con una cámara de suministro de refrigerante 17. Una bomba de circulación 18  
20 somete a una presión el refrigerante contenido en la cámara de suministro 17 a partir del cual el refrigerante está obligado a atravesar los orificios formados en las piezas de ex-  
tremidad 17 subiendo a través de los conjuntos de combustible. De este modo una parte del refrigerante se convierte en vapor  
25 que atraviesa un dispositivo separador-secador 19 y llega a un dispositivo de utilización tal como una turbina 20. El condensado formado en un condensador 21 vuelve bajo la forma de agua de alimentación a la vasija 10 por medio de una bomba 22. Una multiplicidad de barras de control 23 pueden  
30 introducirse selectivamente en los conjuntos de combustible



13 para controlar la reactividad del núcleo. Una multiplicidad de receptáculos de instrumentación 24 están situados entre los conjuntos de combustible 13 de modo que puedan contener unos detectores de neutrones que permiten supervisar el nivel de energía del núcleo.

En la figura 2 se ilustra un conjunto de combustible 13 constituido por una multiplicidad de barras de combustible 25 de forma alargada soportadas entre una placa de unión inferior 26 y una placa de unión superior 27. Las barras de combustible 25 atraviesan una multiplicidad de separadores de barras de combustible 28 que facilitan un soporte intermedio para mantener las barras alargadas separadamente y para impedir que vibren lateralmente.

Cada una de las barras de combustible 25 incluye un tubo de forma alargada que contiene el combustible fisible (tal como dióxido de uranio o de plutonio) en forma de pastillas, partículas, polvo, o de manera parecida, herméticamente encerrado en el tubo por medio de unos obturadores de extremidad superior e inferior 29 y 30. Los obturadores de extremidad inferiores 30 presentan una forma cónica que permite introducirlos y sostenerlos en unas cavidades de soporte 31 que están formadas en la placa de unión inferior 26. Los obturadores de extremidad superior 29 están provistos de prolongaciones 32 que corresponden a las cavidades de soporte 33 formadas en la placa de unión superior 27.

Varias de las cavidades de soporte 31 (por ejemplo algunas cavidades elegidas en el borde o en la periferia) situadas en la placa de unión inferior 26 están provistas de roscas para que puedan recibir las barras de combustible dotadas de obturadores de extremidad inferior roscados 30.



Las prolongaciones 32 de los obturadores de extremidad superiores 29 de estas mismas barras de combustible tienen una forma alargada para que atraviese las cavidades formadas en la placa de unión superior 27 y están provistas de roscas para que puedan recibir unas tuercas de fijación 34 roscadas por dentro. De esta manera, las placas de unión superior e inferior así como las barras de combustible constituyen una estructura unitaria.

El conjunto de combustible 13 incluye además un canal de circulación tubular de paredes finas 35, con sección transversal sustancialmente cuadrada, adaptado para que pueda adaptarse de manera deslizante sobre las placas de unión inferior y superior 26 y 27 y los separadores 28 de modo que pueda ser montado y desarmado fácilmente. El canal 35 tiene un apéndice 36 soldado en su extremidad superior y que asegura la fijación del canal en el haz de combustible por medio de un tornillo 37.

La placa de unión inferior 26 está provista de una pieza de extremidad 16 adaptada, como se ha indicado más arriba, para soportar el conjunto de combustible en un receptáculo formado en la placa de soporte 15 (figura 1). El extremo de la pieza de extremidad está provisto de orificios 38 destinados a recibir el refrigerante bajo presión sometido a una presión  $P_1$  de modo que fluya hacia arriba entre las barras de combustible a una presión  $P_2$  después de atravesar la reja 26 de soporte de elementos de combustible de la placa de unión inferior. (Véase figura 4).

Para evitar el estancamiento del refrigerante en los espacios 39 (figura 1) entre los conjuntos de combustible, una parte (del orden de 5 a 10%) del refrigerante fluye en cada



14 JUN 1976

conjunto de combustible y puede escaparse en los espacios 39 desde entre la placa de unión inferior 26 y el canal 35 del conjunto de combustible como lo indica la flecha LF en la figura 2 y a través de unos pasillos espaciales de circulación derivada 40 formados si se desea en la placa de unión inferior 26. Como se ha indicado más arriba, algunos dispositivos de la técnica anterior no están provisto de una regulación ideal de esta circulación de fuga.

De acuerdo con el invento, se proporciona un dispositivo de control mejorado de la circulación de fuga para controlar el grado de circulación de fuga entre el canal de circulación 35 y la placa de unión inferior 26. En las figuras 3, 4, 5 y 6 se ilustra un primer modo de realización del invento. Haciendo referencia a estas figuras, puede verse que está formado en la placa de unión inferior 26 un orificio 41, en la zona en la cual el canal de circulación 35 está suerpuesto a la placa de unión 26. Entre el orificio 41 y la superficie interna del canal de circulación 35 se halla una multiplicidad de dispositivos, elementos o miembros móviles 42 y 43. Cada uno de los elementos 42 y 43 está sujeto en la placa de unión inferior 26 por medio de remaches 44 u otros medios adecuados. Los elementos 42 y 43 presentan una flexibilidad suficiente para que puedan desplazarse hacia el exterior y acoplarse con la superficie interna del canal de circulación 35 en respuesta a la presión relativamente elevada  $P_1$  que reina en la placa de unión 26 (en comparación con la presión  $P_{bp}$  del refrigerante en derivación fuera del canal de circulación 35). De este modo, cuando el canal de circulación 35 se deslaza, los elementos 42 y 43 siguen este movimiento y mantienen una restricción relativamente cons



tante de la circulación de escape.

Las figuras 5 y 6 representan unos elementos 42 y 43 de manera más detallada. Puede verse que el elemento 43 es idéntico al elemento 42 salvo que está provisto de una pestaña lateral 45 que sirve para impedir que el refrigerante se escape en una zona adyacente a las esquinas de la placa de unión inferior 26. Los remaches 44 atraviesan unas ranuras 46 que mejoran el movimiento de flexión de los elementos 42 y 43 durante el funcionamiento del dispositivo de control de circulación de escape.

En las figuras 7, 8 y 9 se ilustra un segundo modo de realización del invento. En este modo de realización, el orificio 41 puede ser algo más pequeño que el orificio del modo de realización descrito más arriba, o puede estar constituido por una multiplicidad de agujeros 411) y el elemento móvil tiene la forma de un elemento de muelle 47 provisto de salientes (figura 9) que tiene una porción superior 48 provista de orificios a través de los cuales pasan los obturadores de extremidad inferior 30. El muelle provisto de salientes 47 se sujeta a la placa de unión inferior 26 mediante la fijación de la porción superior 48 entre los obturadores de extremidad 30 y la placa de unión 26 como se representa en la figura 7. Igualmente, en este modo de realización, la presión  $P_1$  aplicada a la placa de unión 26 orienta los salientes 49 del elemento 47 de modo que tiendan a acoplarse con el canal 35 para que los salientes 49 sigan el canal 35 cuando éste se desplaza radialmente durante el funcionamiento del reactor nuclear, proporcionando así un control de circulación de escape relativamente constante durante todo el ciclo de funcionamiento del conjunto de combustible.

En resumen, la Patente de Invención que se solicita deberá recaer sobre las siguientes:

REIVINDICACIONES:

5 1.- Mejoras introducidas en un conjunto de combustible para reactor nuclear que incluye una multiplicidad de barras de combustible situadas en un grupo de barras separadas mediante acoplamiento con placas de unión superior e inferior, teniendo dicha placa de unión inferior un dispositivo para recibir a través de él una circulación de refrigerante, un canal de circulación tubular con extremidad abierta que rodea dicho grupo y dichas placas de unión para conducir dicho refrigerante hacia arriba más allá de dichas barras de combustible, y un dispositivo de control de escape dispuesto entre dicha placa de unión inferior y dicho canal de circulación para limitar el escape de dicho refrigerante entre dicha placa de unión inferior y dicho canal de circulación, caracterizadas dichas mejoras porque dicho dispositivo de control de escape incluye un orificio formado en dicha placa de unión inferior y un dispositivo móvil soportado entre dicho orificio y dicho canal de circulación, con lo cual la presión del refrigerante en el interior de dicha placa de unión inferior orienta dicho dispositivo móvil hacia dicho canal de circulación para limitar el escape del refrigerante entre dicha placa de unión inferior y dicho canal de circulación.

10

15

20

25

2.- Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dicho dispositivo móvil incluye una multiplicidad de elementos soportados por dicha placa de unión inferior y que cubre sustancialmente dicho orificio.

30 3.- Mejoras según la reivindicación 2, caracterizadas porque dichos elementos están sujetos en dicha placa

de unión inferior por unos remaches.

4.- Mejoras según la reivindicación 2, caracterizadas porque dichos elementos incluyen unos muelles dotados de salientes.

5 5.- Mejoras según la reivindicación 4, caracterizadas porque dicho orificio está constituido por una serie de agujeros.

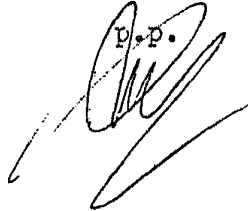
10 6.- Mejoras según la reivindicación 4, caracterizadas porque dicho muelle dotado de salientes tiene una porción superior provista de agujeros y porque dicho muelle provisto de salientes está mantenido en su sitio estando sujeto entre las extremidades inferiores de dichas barras de combustible y dicha placa de unión inferior.

15 7.- Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita:  
MEJORAS INTRODUCIDAS EN UN CONJUNTO DE COMBUSTIBLE PARA REACTOR NUCLEAR.

20 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de trece páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 14 junio 1.976

BERNARDO UNGRIA

p.p.  


25

30.

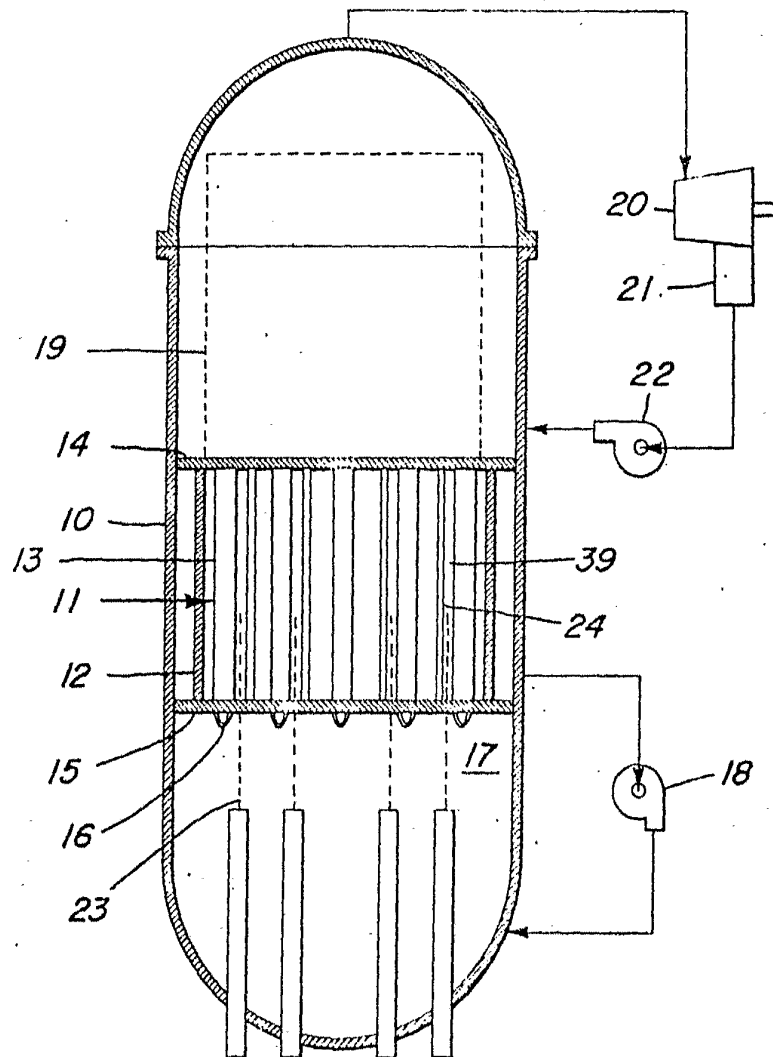


Fig. 1

ESCALA VARIABLE  
Madrid, 14 de Junio de 1976  
BERNARDO UNGRIA

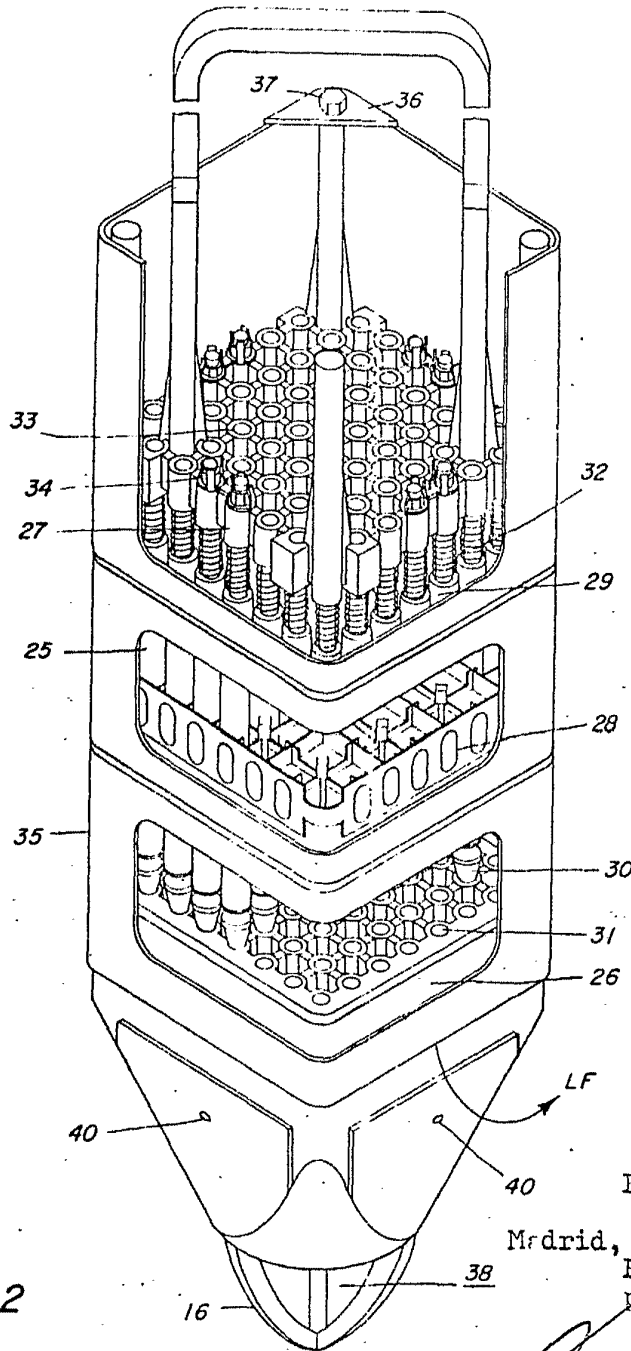


Fig. 2

ESCALA VARIABLE

Madrid, 14 de Junio de 1976

BERNARDO UNGRIU

D.P.

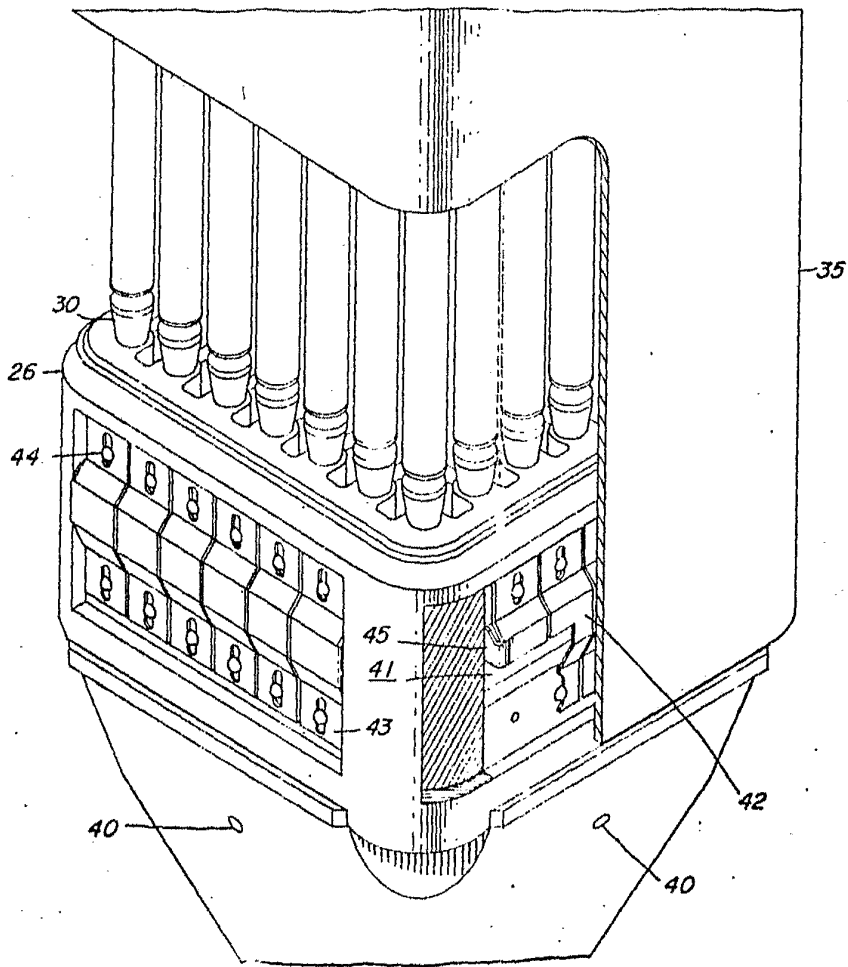


Fig. 3

ESCALA VARIABLE  
Madrid, 14 de Junio de 1976  
BERNARDO UNGRIA  
P. U.

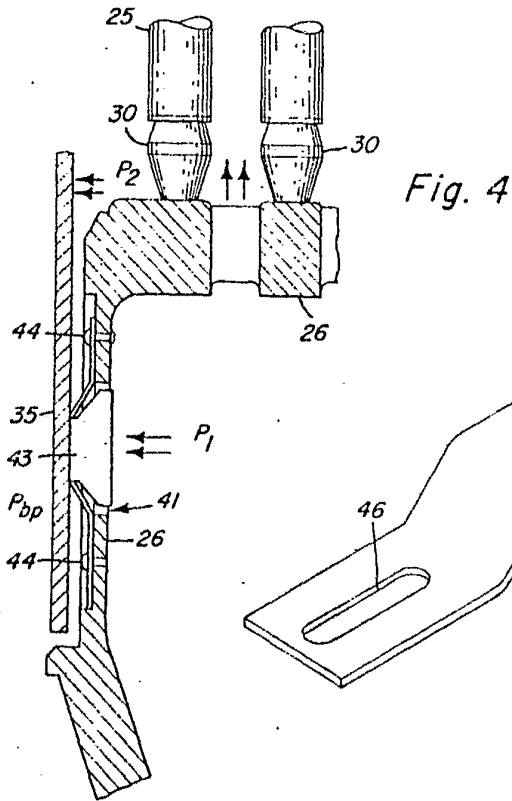


Fig. 4

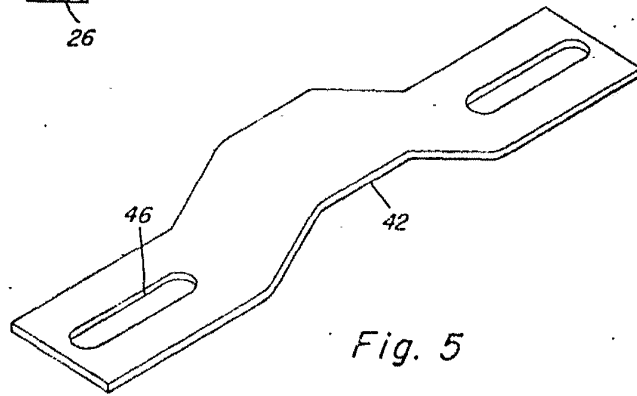


Fig. 5

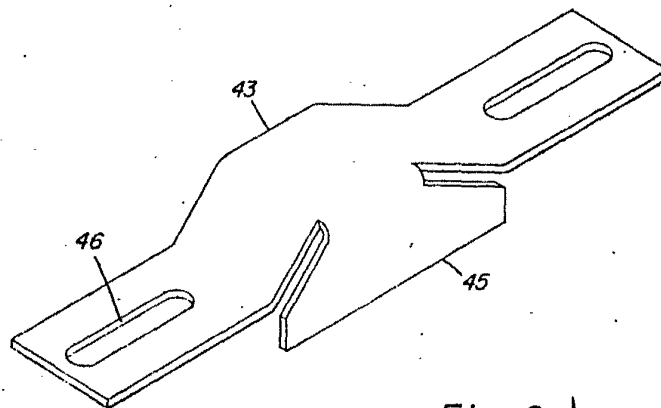


Fig. 6

ESCALA VARIABLE  
Madrid, 14 de Junio de 1976  
BERNARDO UNGRIA

14 JUN 1976  
ESTADO UNIDO DE AMERICA  
PATENT OFFICE

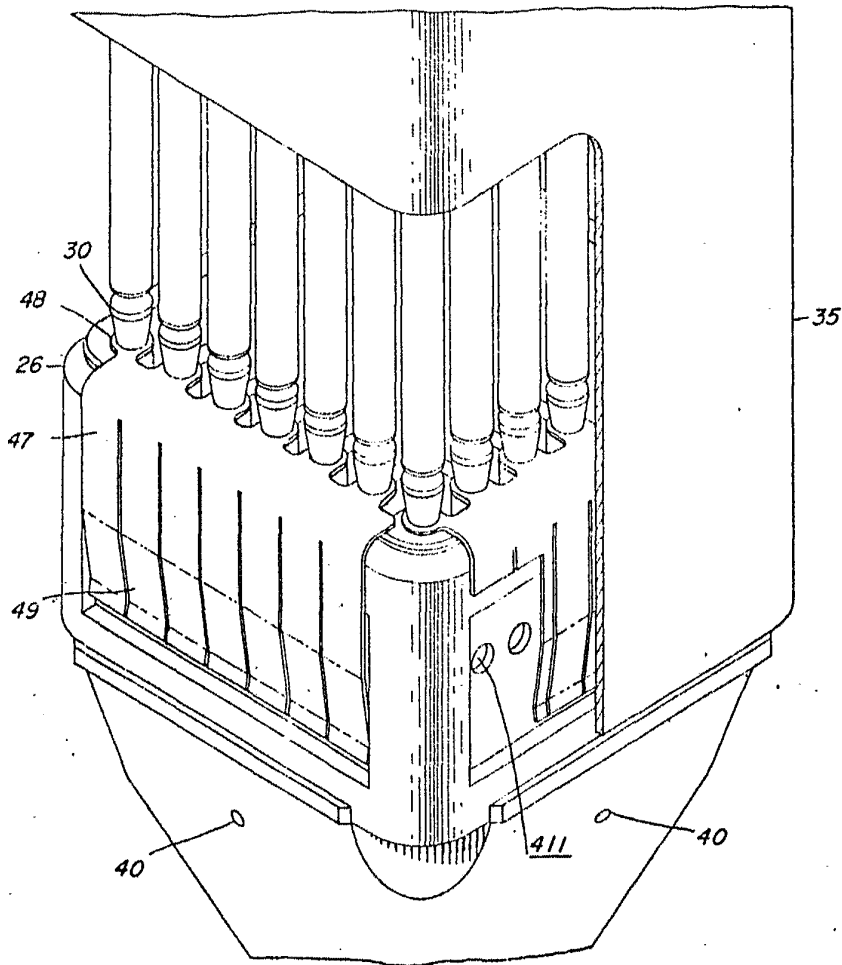


Fig. 7

ESCALA VARIABLE  
Madrid, 14 de Junio de 1976  
BERNARDO UNGRIA  
P.R.

10 JUN 1976  
74 JUN 30 1976  
GENERAL ELECTRIC  
MADRID, ESPAÑA

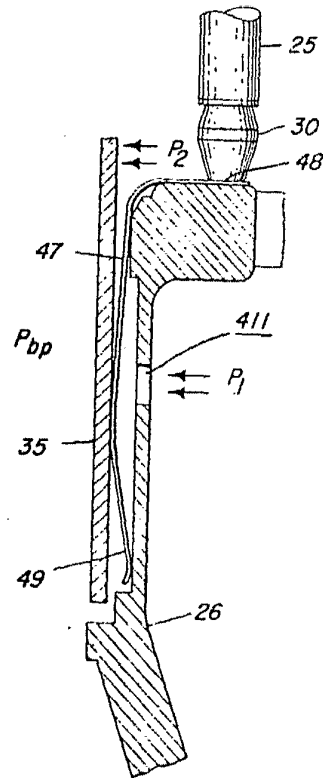


Fig. 8

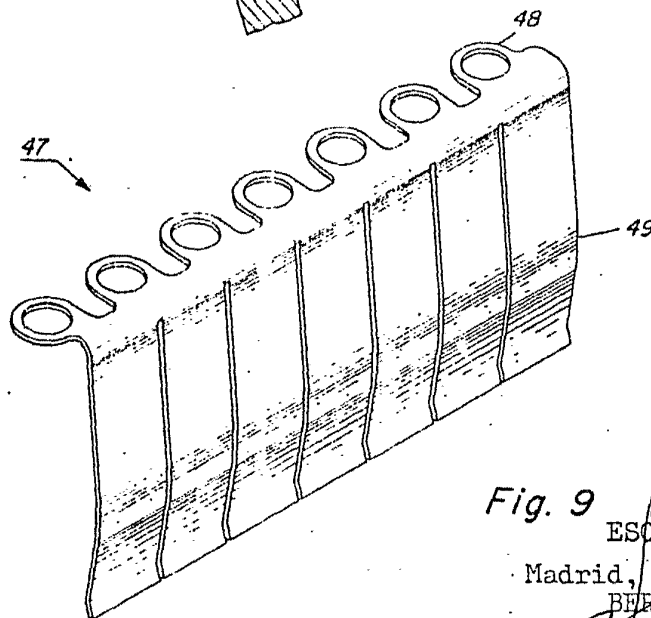


Fig. 9

ESCALA VARIABLE

Madrid, 14 de Junio de 1976

BERNARDO UNGRIA

P.D.