P- 17.850

BW 24/Sp.

246857

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

P A T E N T E  D E  I N V E N C I O N

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de THE BABCOCK & WILCOX COMPANY, entidad norteamericana, establecida en 161 East 42nd Street, Nueva York, N.Y., Estados Unidos de América, por:

"UN REACTOR NUCLEAR"

---

La presente invención se refiere a un reactor nuclear en el que tiene lugar una reacción en cadena de fisión controlada, y, más especialmente, a un reactor nuclear del tipo de convertidor interno en el que se crea material fisionable por la conversión de un material fértil en presencia de un flujo de neutrones.

En un reactor nuclear, un isótopo fisionable por neutrones, tal como $U^{233}$, $U^{235}$ o $Pu^{239}$, o una mezcla de los mismos, sufre escisión o fisión por absorción de neutrones, pudiendo establecerse una reacción en cadena automantenida por los neu-

trones que se desarrollan en la escisión si la masa de material fisionable es lo bastante grande. Los detalles específicos de la teoría y las características esenciales de tales reactores se exponen en la patente U.S. nº 2.706.656, concedida a Enrico Fermi y otros.

En un reactor de convertidor interno, un material fértil contenido en el interior del núcleo o parte activa del reactor se convierte en material fisionable por exposición a neutrones engendrados en el reactor, cuando la cantidad de material fisionable convertido es menor que el material fisionable consumido durante un periodo dado de trabajo de una reacción de fisión en cadena. Un ejemplo de material fértil convertible en material fisionable es el torio, que por captura de neutrones es transformado finalmente en $U^{233}$. Los detalles y características específicos de esta transformación se exponen en la Patente U.S. nº 2.798.847 concedida a E. Fermi y otros.

La presente invención incluye un reactor nuclear en el que hay un núcleo, que contiene una mezcla de material fértil y material fisionable, alojado en el interior de un recipiente de presión entre una cámara de entrada de refrogerante y una cámara de salida de refrigerante, incluyendo el núcleo una pluralidad de conjuntos de elementos combustibles reemplazables que se extienden entre un órgano transverso de entrada y un órgano transverso de salida, y cada uno de los cuales comprende una caja o funda abierta por los extremos que aloja una pluralidad de elementos combustibles espaciados que se extienden longitudinalmente, y está fijado de modo desmontable en los extremos a dichos órganos transversos, de modo que el refrigerante que procede de dicha cámara de entrada puede fluir a través de las fundas en relación de intercambio o transmisión de calor con los

elementos combustibles alojados en las mismas, y puede fluir a través del núcleo en relación de intercambio o transmisión de calor con las superficies exteriores de dichas fundas.

La presente invención incluye asimismo un reactor nuclear en el que hay un núcleo, que contiene una mezcla de material fértil y material fisionable alojado en el interior de un recipiente de presión entre una cámara inferior de entrada de refrigerante y una cámara superior de salida de refrigerante, incluyendo el núcleo una pluralidad de conjuntos de elementos combustibles reemplazables que se extienden entre un órgano transverso inferior y un órgano transverso superior y cada uno de los cuales comprende una caja o funda abierta por los extremos que aloja una pluralidad de elementos combustibles verticales espaciados y está fijada de modo desmontable a los extremos de dichos órganos transversos de modo que el refrigerante que procede de dicha cámara de entrada puede fluir hacia arriba a través de las fundas en relación de intercambio o transmisión de calor con los elementos combustibles alojados en las mismas, y dicho órgano inferior está provisto de una pluralidad de orificios de entrada para el paso regulado de refrigerante, procedente de dicha cámara de entrada, a través del núcleo en relación de intercambio o transmisión de calor con las superficies exteriores de dichas fundas, estando dicho órgano superior provisto de orificios de salida para el paso de dicho flujo regulado de refrigerante a dicha cámara de salida.

La presente invención incluye además, para un reactor nuclear; un conjunto de elementos combustibles que comprende; una funda alargada y abierta por sus extremos; una pluralidad de grupos de elementos combustibles alargados alojados en el interior de la funda y dispuestos los grupos unos a continuación de otros,

extremo con extremo, y extendiéndose los elementos combustibles a lo largo de la funda espaciados y paralelos entre sí; unos medios de apoyo perforados que se extienden transversalmente por el interior de la funda en la unión o en cada unión entre grupos consecutivos para recibir y soportar los extremos de los elementos combustibles; y medios en los extremos de la funda, para recibir y sostener los extremos exteriores de los elementos combustibles de grupos adyacentes y dispuestos para dejar pasar a su través un refrigerante flúido, de, modo que el refrigerante pueda fluir a través de la funda en relación de intercambio o transmisión de calor con los elementos alojados en la misma.

A continuación se describe, a título de ejemplo, una realización del invento con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es un esquema ilustrativo de la disposición de un sistema de intercambio de calor que comprende un reactor nuclear;

la figura 2 es una sección vertical por el reactor indicado en la figura 1;

la figura 3 es una sección fragmentaria, a escala agrandada, que muestra unos detalles de la montura de conjuntos de elementos combustibles en el interior del reactor, estando la línea de sección indicada en la figura 10;

la figura 4 es una sección agrandada por la línea IV-IV de la figura 3;

la figura 5 es una vista en sección de detalle, ilustrativa del montaje de un extremo de una espiga de combustible, de un conjunto de elementos combustibles;

la figura 6 es una semisección agrandada, por la línea VI-VI de la figura 2;

la figura 7 es una sección parcial agrandada, por la línea VII-VII de la figura 2;

la figura 8 es una vista en sección de detalle, ilustrativa del montaje de partes internas permanentes del reactor;

la figura 9 es una vista ilustrativa de parte de la cara inferior de una placa de enrejado inferior del reactor;

la figura 10 es una vista ilustrativa de parte de la cara superior de la placa de enrejado inferior;

la figura 11 es una vista ilustrativa de parte de la cara superior de una placa de enrejado superior del reactor;

la figura 12 es una sección de detalle que muestra una disposición de sellado o cierre hermético en la placa de enrejado superior; y

la figura 13 es una sección por la línea XIII-XIII de la figura 9.

Con referencia a la figura 1 de los dibujos, el reactor nuclear está situado en un sistema de intercambio térmico para la generación de vapor de agua a utilizar en la producción de energía eléctrica. El sistema comprende un reactor 10 en el que se genera calor mediante una reacción de escisión en cadena controlada, y que tiene unas barras o varillas de control 11 montadas en la parte inferior, una fuente de suministro de presión 12, un generador de vapor 14, y unas bombas de refrigerante primario 16 con válvulas de retención 17. El reactor 10 recibe agua a una presión de aproximadamente 102 atmósferas y 250ºC, tomada del generador de vapor 14 por los conductos 15 y 20 mediante las bombas 16. El agua fluye a través del reactor en relación de intercambio térmico con el combustible contenido en el mismo y es caldeada a unos 265ºC aproximadamente. El agua caldeada sale entonces del reactor y fluye por el conducto 22 hasta el generador de vapor

14, que es del tipo descrito en la solicitud de patente de EE.UU. nº. 428.038 de D.K. Davies y otros, presentada el 6 de Mayo de 1.954. El agua caldeada fluye a través del generador de vapor 14 en relación de intercambio indirecto de calor con el agua contenida en el mismo, transmitiéndole a ésta el calor recibido a su paso por el reactor. El generador de vapor que tiene una entrada 14A de agua de alimentación y una salida 14B de vapor, produce vapor saturado a 27,5 atmósferas. El agua refrigerada fluye entonces por el conducto 15 hasta las bombas 16 cerrándose así el ciclo. Se prevé una conexión 20A a un sistema purificador de baja presión.

La fuente de suministro de presión 12 consiste en una caldera eléctricamente caldeada que funciona a $1^{0}2$ atmósferas y está conectada al sistema de refrigerante primario por un pequeño conducto 12A. Se disponen una válvula primaria de descarga 12B y un respiradero 12C. Los detalles específicos de la teoría y construcción de los medios de suministro de presión 12 se exponen en la solicitud de patente U.S. nº. 715.432, de Donald F. Judd, presentada el 14 de Febrero de 1.958.

Aunque el esquema de la figura 1 solamente indica un bucle o circuito de refrigerante primario, se sobrentiende que puede haber conectado más de un bucle al reactor, y que el número de ellos en uso como bucles de refrigerante primario puede variar según necesidades, modificado por medio de válvulas principales de cierre 18 dispuestas en los conductos 20 y 22.

Una importante exigencia de un reactor nuclear utilizado en la generación comercial de energía eléctrica es la de que el núcleo del reactor tenga una extensa vida activa de funcionamiento. Un ejemplo de extensa vida activa de funcionamiento es la de aproximadamente 600 días completos de suministro de energía. En un núcleo tal, es necesario prever una masa en exceso de mate-

rial fisionable además de la requerida para el mantenimiento de una reacción de fisión en cadena en un núcleo limpio y frío, esto es, en un núcleo en el que no se haya establecido una reacción en cadena a la temperatura ambiente o en las proximidades de ésta. La masa excedente de material fisionable se necesita para proporcionar reactividad para el aumento de temperatura, la formación de productos de fisión absorbentes de neutrones, el agotamiento del combustible y otros efectos diversos que envenenan la reacción. Para regular la reactividad excedente en el interior del núcleo del reactor se dispone un sistema de control.

El sistema de control para el reactor conforme a la presente invención comprende un sistema primario de barras de control 11 montadas en el fondo, suplementado con un veneno combustible y soluble dispuesto en el interior del núcleo. Las barras de control están dispuestas de modo ajustable en el interior del núcleo y su posición es gobernada por unos mecanismos de mando de las barras de control (no representados). Como mecanismos de mando pueden utilizarse sistemas bien electromecánicos o hidráulicos, o una combinación de ambos, de los cuales se ilustran y describen algunos ejemplos en las patentes U.S. núms. 2.735.811, 2.708.656, 2.756.857 y 2.798.847. El material de las barras de control debe absorber neutrones sin reproducirlos, y puede escogerse de entre un grupo que comprende el hafnio, el boro, el acero inoxidable o una aleación de cadmio, indio y plata. Un sistema automático de control no representado que comprende un perceptor de presión, un programador, un comparador de demanda y un servomando, ponen en acción el mecanismo de accionamiento de las barras de control. Las barras de control están dispuestas en forma de una barra reguladora de control rodeada de un grupo de barras suplementarias. Las barras suplementarias proporcionan un ajuste

de aproximación de la reactividad del reactor, mientras la barra reguladora facilita un ajuste fino o preciso de la reactividad.

Los venenos combustibles son substancias de elevada sección recta de captura de neutrones, que tienen un producto de reacción por captura cuya sección recta de captura es reducida, y que son introducidas en un reactor para influir en las variaciones de reactividad a largo plazo del mismo. En el, reactor indicado se mezcla con el combustible un veneno combustible tal como el europio o el boro natural, que actúa como veneno complementando la acción de las barras de control en su misión de mantener a un bajo valor la reactividad excedente. Debido a su naturaleza, el veneno se consume gradualmente por absorción de neutrones.

Un veneno soluble es aquel que puede introducirse en el reactor en solución, para absorber neutrones de modo improductivo. En la presente invención se obtiene un control suplementario disolviendo un veneno soluble, como por ejemplo, el ácido bórico ($H_3Bo_3$), en el refrigerante primario, y regulando su concentración por medios mecánicos y químicos en lugar de permitir su combustión nuclear. En la solicitud de patente U.S. nº. 721.404 de John F. Mumm, presentada el 14 de marzo de 1.958, se exponen detalles específicos de la teoría, funcionamiento y contenido del sistema de control.

Con referencia a la figura 2, el reactor 10 comprende un recipiente de presión verticalmente alargado, de sección recta circular, que está conectado a la tubería de entrada 20 de refrigerante primario por la boquilla 19, y a la tubería de salida 22 del refrigerante por la boquilla 21. El recipiente tiene una pared extrema de fondo 32 de forma hemisférica, y una pared 33 que tiene un reborde superior 34 de sección agrandada. Unos

espárragos 38 conectan al reborde 34 del recipiente de presión, de manera hermética a la presión, una cabeza 36. El recipiente de presión y la cabeza están hechos de plancha de acero al carbono con un revestimiento 39 de acero inoxidable en las superficies interiores. Alrededor de la parte principal del recipiente de presión hay un depósito 40 de blindaje o protección neutrónica, de forma anular y verticalmente dispuesto, que contiene agua ligera 41. Alrededor de las paredes 33 del recipiente de presión hay una capa de aislamiento 42 de lana de acero inoxidable contenida en una envoltura 44 que ajusta muy ceñida, para reducir las pérdidas de calor desde el reactor 10 al depósito 40.

El recipiente de presión está dividido en general por unos conjuntos de placas de enrejado superior e inferior 45 y 47 respectivamente, dispuestos en sentido transverso formando con la pared 33, la pared extrema 32 y la cabeza 36, tres zonas. Estas son: una cámara plenaria inferior 46, una cámara plenaria superior 48, y una cámara de núcleo 50 que queda dispuesta entre los conjuntos de placas de enrejado.

Las partes internas del reactor contenidas en el recipiente de presión comprenden los elementos internos permanentes del reactor que van sujetos al recipiente de presión, y los elementos internos desmontables del reactor.

Los elementos internos permanentes del reactor comprenden un faldón troncocónico de apoyo 52 verticalmente dispuesto, que proporciona el apoyo principal para los elementos internos desmontables del reactor, y unos cilindros 54 y 56 concéntricos, radialmente espaciados y de extremos abiertos, que proporcionan dos pantallas de protección térmica permanente en el interior de la cámara de núcleo 50.

Los elementos internos desmontables del reactor compren-

den un conjunto de cámara plenaria inferior dispuesto dentro de la cámara plenaria inferior 46, un conjunto de cámara plenaria superior dispuesto dentro de la cámara plenaria superior 48 y un núcleo dispuesto en el interior de la cámara de nucleo 50.

En la cámara de núcleo 50 va dispuesta geométricamente una pluralidad de conjuntos 92 de elementos combustibles alargados de forma heterogénea, donde son sometidos a una reacción de escisión en cadena controlada. Cada conjunto 92 de elementos combustibles incluye unas paredes exteriores 94 longitudinalmente alargadas, de sección recta en general cuadrada, dispuestas de modo que forman una cámara de circulación abierta por sus extremos. Las paredes 94 están hechas de Zircaloy-2, material capaz de resistir las elevadas temperaturas engendradas por la reacción y que tienen una reducida sección recta de absorción para los neutrones térmicos. Las paredes 94 tienen aproximadamente 15 cm. de anchura. Dos paredes adyacentes 94A y 94B del conjunto están remetidas aproximadamente en dos tercios de su anchura a partir de una esquina común formando un ángulo entrante 96 que se extiende a lo largo del conjunto de elementos combustibles.

Entre las paredes 94 de la cámara de circulación y paralelamente al eje longitudinal de las mismas va dispuesta una pluralidad de elementos combustibles o espigas de combustible 98. Cada espiga de combustible comprende un tubo de acero inoxidable 100 de un diámetro exterior de 7,94 mm. y un espesor de pared de 0,51 mm. En cada tubo va dispuesta una columna de pastillas cilíndricas de combustible $UO_2$ apiladas extremo con extremo. Las pastillas de combustible comprenden una mezcla de óxido de uranio ($UO_2$) y torio ($ThO_2$) plenamente enriquecida, que ha sido comprimida y sinterizada hasta darle gran densidad, y están mecanizadas dentro de estrechos límites de tolerancia. Un óxido de uranio enriquecido es áquel

en el que la proporción del isótopo $U^{235}$ es mayor que la normal. Un óxido de uranio plenamente enriquecido es aquel que contiene más de un 90% del isótopo $U^{235}$. Las pastillas de combustible 102 tienen un diámetro de 6,795 mm y una relación de longitud a diámetro aproximadamente igual a uno. Este diámetro es lo bastante pequeño para dejar un espacio anular 104 entre el tubo 100 y las pastillas. A cada extremo de la columna de pastillas de combustible se coloca una pastilla aislante inerte 106 de óxido de magnesio o de alúmina, y a los tubos 100 se les sueldan unos tapones 108 dotados de reducidas prolongaciones 109, formando cierre hermético. Las pastillas aislantes 106 dispuestas entre las pastillas de combustible y los tapones extremos sirven para reducir el gradiente de temperatura entre el tubo y los tapones extremos, reduciendo con ello los esfuerzos producidos por diferencias de dilatación. La distancia entre las caras interiores de los tapones extremos 108 en el interior del tubo 100 es mayor que la altura de la columna de pastillas 102 y 106, para facilitar el montaje y permitir la dilatación diferencial de pastillas y tubo. En el interior del tubo 100 se dispone un medio de transmisión de calor, tal como helio, plomo o sodio, para reducir el gradiente de temperatura a través del tubo.

Dentro de las paredes 94 va dispuesta una serie de placas horizontales de apoyo 112A y 112B. Las placas sostienen las espigas de combustible 98 por medio de las prolongaciones 109 de los tapones extremos 108 (figs. 3 y 5). Los elementos o espigas de combustible 98 están dispuestos entre las placas 112A y 112B en celosía cuadrada de 9,665 mm de paso (distancia entre centros de elementos contiguos). Las placas tienen unas aberturas 113 dispuestas entre las conexiones de las espigas de combustible 98 para permitir el paso del refrigerante a su través. Las

placas 112A y 112B y las espigas de combustible cooperan en la formación, entre las paredes 94, de paquetes o grupos que tienen 420 mm de longitud y tienen una región de combustible activo de 380 mm centrada longitudinalmente en cada espiga 98. En cada conjunto de elementos combustibles 92 hay apilados, extremo con extremo, seis paquetes.

Cada conjunto 92 tiene un adaptador de prolongación de boquilla de entrada 116 sujeto interiormente en un extremo de las paredes 94 de la cámara de circulación (fig. 3). El adaptador tiene un canal de entrada 116A de sección circular dispuesto para encajar en el conjunto de placas de enrejado inferior 47 y una parte de transición 116B cuya sección varía de circular a cuadrada donde queda dispuesta en el interior de las paredes 94 de la cámara de circulación.

El extremo superior de cada conjunto 92 tiene un adaptador de prolongación de boquilla de salida 118 montado interiormente en el extremo superior de las paredes 94 de la cámara de circulación. El adaptador 118 comprende un manguito interior de transición 119, un muelle 120 y una prolongación 121. La prolongación 121. La prolongación 121 es de sección recta circular y está sujeta de modo desmontable a las paredes de la cámara de circulación por medio de una retención de bayoneta indicada en 122. El manguito 119 se mantiene elásticamente en su sitio y por un extremo coopera en contacto deslizable con el interior de la prolongación 121. El otro extremo del manguito 119 se apoya en la placa 112B. El manguito 119 tiene una parte de transición 119A cuya sección varía de cuadrada a circular y una parte de canal de salida 119B de sección recta circular, estando el muelle 120 dispuesto alrededor de la parte 119B de canal de salida para cargar elásticamente y mantener el conjunto 92 en po-

sición, obligando a la prolongación 121 a ir hacia el conjunto de placa de enrejado superior 45. El adaptador 118 con carga de resorte está dispuesto de modo que puede ser desmontado y sacado mediante mando a distancia para la reposición de conjuntos de elementos combustibles. Además, el adaptador 118 proporciona un freno contra las fuerzas hidráulicas del refrigerante en circulación, y permite la dilatación diferencial entre las espigas de combustible y las paredes 94.

Los conjuntos 124 de barras de control y elementos combustibles (fig. 6) están dispuestos según un diseño de distribución simétrico formando el núcleo del reactor, que es de forma cilíndrica. En cada conjunto de barras de control y elementos combustibles 124 hay dispuestos un grupo de cuatro conjuntos longitudinales 92 de elementos combustibles. Los cuatro conjuntos 92 están espaciados en disposición cuadrada con las esquinas 96 en entrante orientadas de modo que constituyen un canal central 126 en cruz para barra de control, que se extiende a todo lo largo del conjunto 124. Este diseño se repite por todo el núcleo junto con unos conjuntos adicionales de elementos combustibles dispuestos alrededor de la periferia del núcleo llenando la sección circular de éste.

Como se indica en la fig. 6, en la que la semisección no representada es igual a la indicada, el núcleo tiene ciento veinte conjuntos 92 de elementos combustibles que contienen material fisionable y veintiocho conjuntos 93 de elementos simulados (representados con líneas interrumpidas) que no contienen material fisionable alguno. Los conjuntos simulados 93 tienen las mismas dimensiones exteriores que los activos 92 y proporcionan uniformidad de circulación de refrigerante en el nú-

cleo. El núcleo está dispuesto de manera que el número de conjuntos de elementos combustibles activos puede aumentarse a ciento cuarenta y ocho, si esto fuere necesario o conveniente.

El núcleo del reactor tiene dos zonas de concentración de combustible. En el centro del núcleo hay simétricamente dispuesta una zona interior que contiene treinta y dos conjuntos de elementos combustibles (marcados cada uno con la letra A). Alrededor de la zona interna hay simétricamente dispuesta una zona exterior que contiene ochenta y ocho conjuntos de elementos combustibles (marcados cada uno con la letra B). Los conjuntos A contienen un combustible que tiene una mezcla de 5,3% en peso de $UO_2$ plenamente enriquecido, siendo el resto de $ThO_2$, y los conjuntos B contienen una mezcla de combustible del 6,6% en peso de $UO_2$ plenamente enriquecido, y el resto de $ThO_2$. El objeto de la disposición en dos zonas de concentración de combustible es el de reducir el gradiente de flujo a través del reactor y obtener con ello una más uniforme distribución de energía en el núcleo.

En el interior del núcleo, en los canales 126 de barras de control, van colocadas de modo que pueden moverse unas barras de control 128 de sección cruciforme. Las barras de control 128 comprenden cuatro alas u hojas similares que forman ángulo recto entre sí. La anchura total de cada barra de control es de 190 mm, con un espesor de unos 8 mm y una longitud activa de aproximadamente 2,4 metros. Las barras de control están hechas de un material de elevada sección recta de absorción de neutrones. El núcleo contiene una barra reguladora dispuesta en el centro del núcleo, y veinte barras de control suplementarias dispuestas simétricamente alrededor de la barra reguladora. Los canales de barras de control constituídos en parte por conjuntos simulados 93

llevan en su interior barras simuladas 127 de acero inoxidable, de la misma sección recta geométrica que las barras de control, para procurar una circulación uniforme de refrigeración a través del núcleo. Las barras de control 128 son colocadas en posición en el interior del núcleo por medio de un mecanismo de accionamiento de barras de control (no representado) que queda fuera del reactor 10. A través de cada prolongación de boquilla 130 de barra de control, en la pared inferior 32 del recipiente del reactor, pasa un árbol o vástago de mando 129 de barra de control, conectado a una barra seguidora 131 que vá conectada a su vez a la barra de control 128. La barra seguidora 131 es de la misma sección recta geométrica que la barra de control 128, y está hecha de Zircaloy-2, material de baja absorción de neutrones. Al ser sacada del núcleo la barra de control 128, es trasladada hacia arriba al interior de la cámara plenaria superior 48, y su lugar en el interior del núcleo es ocupado por la barra seguidora 131. La barra seguidora se dispone así para impedir la formación de grandes espacios de circulación de refrigerante a través del núcleo al ser retiradas las barras de control 128. El mecanismo de accionamiento de las barras de control es del tipo de seguridad contra fallos, de modo que si el mecanismo de accionamiento falla la barra de control 128 caerá al interior del núcleo del reactor deteniéndolo en seco.

Alrededor del núcleo, como se indica en las figs. 2 y 6, vá dispuesta una pantalla de protección térmica 132, que se extiende verticalmente y comprende una envoltura de acero inoxidable abierta por sus extremos. La pantalla 132 se extiende por encima y por debajo de los límites superior e inferior de la región de combustible activo del núcleo, habiendo dispuesta una cubierta de núcleo 134 en el interior de la pantalla 132, forman-

do una pared vertical alrededor de la periferia externa de los conjuntos de elementos combustibles 92 y 93. La cubierta 134 y la pantalla 132 constituyen un pasaje de circulación 136 que se extiende verticalmente alrededor del límite externo de los conjuntos de elementos combustibles. Entre la cubierta 134 y la pantalla 132 hay dispuesta una placa obstructora horizontal 138 dotada de aberturas 139, para limitar el paso de refrigerante primario a través del pasaje de circulación 136.

Las pantallas térmicas permanentes 54 y 56 (figs. 2 y 6) van situadas al exterior de la pantalla térmica desmontable 132. Las pantallas 54 y 56 se extienden hacia abajo partiendo de junto a la cara inferior del conjunto de placa de enrejado superior 45, terminando la pantalla térmica permanente 54 aproximadamente en el límite inferior de la región de combustible activo comprendida entre los conjuntos de elementos combustibles. La pantalla exterior 56 se extiende por debajo de la pantalla interior 54 y termina junto a la parte superior del faldon de apoyo 52.

Con referencia a la fig. 8 hay un conjunto de apoyo 57 para las pantallas 54 y 56 sujeto a la pared 33 del recipiente de presión. El conjunto 57 comprende un anillo 58 fijado a la superficie interna de la pared 33 del recipiente de presión y revestido de acero inoxidable. Al anillo 58 vá soldado un soporte 59 de suspensión en forma de cilindro de poca profundidad, abierto por sus extremos que se extienden hacia abajo. Al soporte de suspensión va soldado un anillo soporte 60, al cual van soldadas las pantallas 54 y 56. En el anillo soporte 60 hay dispuestos unos pasajes de circulación 60A, 60B y 60C dotados de tapones perforados 61A, 61B y 61C, respectivamente que facilitan a su través un paso de circulación regulado. Los tapones son

sustituibles por otros tapones de diferente tamaño de orificios; que permitan la variación de paso o flujo del refrigerante.

El anillo 58 sostiene un tubo 63 verticalmente dispuesto que lo atraviesa. El tubo 63 se utiliza para contener instrumentos o material a ensayar por exposición a la radiación. A la pared 33 del recipiente de presión vá sujeto un soporte intermedio 64 para sostener el tubo 63.

En las pantallas 54 y 56 van dispuestos de modo ajustable unos tornillos de presión 65A y 65B y al extremo de los tornillos de presión 65A hay colocadas unas almohadillas de apoyo 65C. Los tornillos 65A y 65B y las almohadillas de apoyo 65C se utilizan en el montaje.

El faldon de apoyo 52 (fig. 2) está dispuesto en la parte superior de la cámara plenaria inferior 46 y comprende una serie de protuberancias 52A, una placa de obstrucción 52B y un anillo de apoyo 52C. Las protuberancias del faldon de apoyo 52A que van sujetas a la pared 33 del recipiente de presión están espaciadas proporcionando aberturas para el paso de refrigerante a las pantallas térmicas 54, 56 y 132. La placa de obstrucción 52B comprende una pared que converge hacia arriba desde las protuberancias 52A y soldada a las mismas. El anillo de apoyo 52C está dispuesto horizontalmente alrededor del borde superior de la placa de obstrucción 52B y soldado al mismo. El anillo de apoyo 52C sostiene el conjunto de la cámara plenaria inferior, que a su vez soporta las demás partes internas desmontables del reactor.

El conjunto de cámara plenaria inferior comprende el conjunto de placa de enrejado inferior 47, un obstructor de entrada 76, una placa de diafragma 84 del obstructor de entrada y una pluralidad de tubos de guía 85 de barras de control. El obstruc-

tor 76 está construído en forma de pared troncocónica que se ensancha hacia arriba. Alrededor del borde superior del obstructor y fijo al mismo hay dispuesto un anillo soporte 78 del obstructor 76, que se emperna al conjunto de placa de enrejado inferior 47. El obstructor 76 tiene unas aberturas 76A para el paso de refrigerante a su través y para procurar una uniforme distribución de flujo. La placa de obstructor 84 se dispone horizontalmente a través del borde inferior del obstructor 76. En la placa 84 hay unas aberturas 85A dispuestas para el paso, a su través de los árboles o vástagos 129 de accionamiento de las barras de control.

Con referencia a las figs. 2, 3, 9, 10 y 13 el conjunto de placa de enrejado inferior 47 está dispuesto coaxil y horizontalmente en el interior del recipiente de presión, y vá sostenido en el anillo de apoyo 52C. El conjunto 47 comprende una placa de enrejado inferior 67, un órgano soporte en forma de panal 68, una pluralidad de manguitos soporte 71 de entrada de elementos combustibles y unos manguitos 72 de tubo de guía de barra de control, un cilindro 73 abierto por los extremos y un anillo de apoyo 74. El anillo de apoyo 74, horizontalmente dispuesto, vá sostenido en el faldon de apoyo 52, y a su vez, soporta al cilindro vertical 73 que constituye un receptáculo periférico para el conjunto 47. La placa 67 está horizontalmente dispuesta a través del borde superior del cilindro 73 y proporciona una pared entre la cámara plenaria inferior 46 y la cámara del núcleo 50. La placa de enrejado inferior tiene unas aberturas 75A para los conjuntos 92 y 93 de elementos combustibles, y unas aberturas 75B para el paso de barras de control 128, En la placa de enrejado inferior 67 hay dispuestos asimismo unos agujeros 75C que sirven para situar en posición y sujetar los manguitos 71. En la

placa 67 hay asimismo unos agujeros 75D para pernos de fijación de los manguitos 72 (no representados en la fig. 3) a la placa de enrejado inferior. El órgano soporte 68 está construído de una retícula de placas verticales dispuestas perpendicularmente entre sí, extendiéndose la retícula a través de la parte interior del cilindro 73. El órgano 68 está dispuesta debajo de la placa 67 y tiene sus bordes superiores en contacto con la placa de enrejado inferior para proporcionarle apoyo a la misma. A través de la placa de enrejado inferior 67 y en la intersección de las placas perpendicularmente colocadas hay dispuestos unos tapones 70 perforados y estos tapones son sustituíbles por otros tapones de diferente tamaño de orificios para facilitar la variación de flujo del refrigerante. En los bordes inferiores de las placas que se cortan entre sí van dispuestas unas placas de refuerzo 69. En el interior de las aberturas 75A de la placa 67 hau sujetos unos manguitos 71 para recibir los adaptadores 116. A los manguitos 71 y a las placas del órgano 68 van sujetas unas fajas verticales 75 que sirven para alinear y dar rigidez a los manguitos.

En la cámara plenaria inferior vá dispuesta una pluralidad de tubos 85 verticales y de sección recta circular que sirven para guía de las barras de control y se encuentran en posición coaxil con los canales 126 de barra de control del núcleo. Los extremos inferiores de los tubos de guía 85 van sujetos a la placa de diafragma 84, y los extremos superiores conectados a los manguitos 72 que están empernados a la placa de enrejado inferior 67. Los manguitos 72 son de sección recta aproximadamente cuadrada, con costados ligeramente cóncavos. Los manguitos 72 y los tubos 85 proporcionan soporte lateral para las barras seguidoras 131 y los vástagos de mando 129, y presentan también

una cámara de circulación a través de la cámara plenaria inferior desde la placa 84 hasta la placa 67. Unos cierres herméticos 87 de boquilla de barra de control, dispuestos entre la placa 84 y la pared extrema 32 del recipiente de presión del reactor, conectan entre sí las prolongaciones 130 de boquilla de barra de control y los tubos de guía 85 de las barras de control. En cada sello o cierre hermético 87 hay un orificio 88 para la admisión de refrigerante al interior de los tubos 85. En los extremos opuestos de las prolongaciones 130 van dispuestos unos cierres herméticos de amortiguamiento 89, para reducir al mínimo el escape del refrigerante a lo largo de los vástagos de accionamiento 129.

El conjunto de cámara plenaria superior, tal como se representa en las figuras 2, 3 y 11 comprende un conjunto de placa de enrejado superior 45, una sección de transición 155, un obstructor superior 166 de paso, una pluradlidad de tubos de guía 172 de barras de control, y un conjunto de cierre hermético de freno 180. El conjunto 45 está dispuesto en posición concéntrica en el interior de la pantalla térmica 132 desmontable, quedando un espacio anular 143 entre ambos para el paso regulado de refrigerante primario desde la cámara de núcleo 50 a la cámara plenaria superior 48. El conjunto 45 está dispuesto para recibir los adaptadores 118 de prolongación de boquilla de salida de los conjuntos 92 de elementos combustibles, y está sostenido por los conjuntos de elementos combustibles. Con referencia particularmente a las figs. 3 y 11 el conjunto de placa de enrejado superior 45 comprende una placa de enrejado superior horizontal 144, un cilindro 146 abierto por los extremos, un órgano soporte 148 en forma de panal, una pluralidad de manguitos soporte 150 de salida de elementos combustibles, y un anillo de apoyo 152,

La placa 144 proporciona una pared entre la cámara de núcleo 50 y la cámara plenaria superior 48, pero tiene unas aberturas 144A para el paso de las barras de control en sentido vertical y a través de las mismas hasta el interior de la sección de transición 155, y unas aberturas circulares 144B donde se reciben los adaptadores 118 para sostener los conjuntos 92. Las aberturas 144A y 144B tienen unos biseles o chaflanes 145A y 145B respectivamente, en el lado de la placa de enrejado correspondiente a la cámara de núcleo, para facilitar la alineación de los conjuntos 92 de elementos combustibles y de las barras de control 128 con las aberturas 144A y 144B durante el montaje. En la placa de enrejado superior 144 van situados unos tapones perforados sustituibles 144C semejantes a los tapones 70 representados en la fig. 13. En la placa 144 hay asimismo unos agujeros 144D para recibir en ellos barras de control simuladas.

En el interior de las aberturas 144B hay dispuestos unos manguitos soporte 150 de salida de elementos combustibles, verticalmente colocados, para recibir las prolongaciones 121 de los adaptadores 118. A los manguitos 150 y a las placas del órgano soporte 148 van sujetas unas fajas verticales 151 para alinear y dar rigidez a los manguitos 150.

El cilindro 146 está apoyado y soldado a la perfieria de la cara superior de la placa de enrejado superior 144 constituyendo un receptáculo periférico para el conjunto de placa de enrejado superior 45. El órgano soporte de panal 148 está construído en forma de reticula de placas verticales dispuestas perpendicularmente entre sí, extendiéndose la retícula a través del interior del cilindro 146. El órgano reticular 148 está dispuesto encima de la placa de enrejado superior para sostener la misma, y tiene unos compartimientos que presentan una sección

recta horizontal similar a la de los grupos 124 de conjuntos de barra de control y elementos combustible. A los bordes superiores de las placas que constituyen el elemento soporte 148, en la intersección de las placas, van sujetas unas placas de refuerzo 153. El anillo de apoyo 152 está sostenido en el cilindro 146 y sujeto al mismo, extendiéndose el anillo hacia dentro para servir de soporte a las caras de los bordes superiores de las placas del órgano soporte reticular 148.

La sección de transición 155 está sostenida por el conjunto de placa de enrejado superior 45, y comprende un cilindro 156 abierto por sus extremos, que tiene un diámetro exterior y un espesor de pared iguales a los del cilindro 146, y unos anillos de apoyo superior e inferior 152 y 158 que se extienden hacia dentro a partir de los bordes horizontales superior e inferior, respectivamente, del cilindro. En la pared del cilindro 156 hay dispuestas unas aberturas 156A para el paso de refrigerante por ellas. A través del extremo superior del cilindro 156 hay una placa diafragma 159 dispuesta horizontalmente y que tiene una pluralidad de aberturas 159A que la atraviesan. Los tubos de guía 172 van sujetos a la placa de enrejado superior, se extienden verticalmente hacia arriba atravesando la sección de transición 155 hasta la placa de diafragma 159, y van sujetos en las aberturas 159A. Los tubos de guía 172 son de sección recta circular y tiene cada uno de ellos una tapa 174 dispuesta a través de su extremo superior. En cada tapa hay un orificio 173 que permite al refrigerante circular desde los tubos de guía 172.

En la cámara plenaria superior 48 hay dispuesto un obstructor superior de paso 166 de forma troncocónica que se ensancha hacia arriba. En los bordes horizontales superior e inferior

del obstructor 166 hay colocados unos anillos de apoyo 167 y 168, superior e inferior respectivamente. La pestaña inferior del obstructor 166 es del mismo diámetro exterior que el cilindro 156 de la sección de transición, recibiendo sostén el obstructor desde la sección de transición por medio del anillo 168 que se apoya en el anillo 157. En la cámara 48, en la junta del recipiente de presión, vá dispuesto un conjunto de anillo de freno o retención 176, descansando la cabeza de cierre 36 sobre la cara superior del conjunto de anillo de retención 176 que, a su vez, descansa sobre el anillo de apoyo 167 para sujetar las partes internas desmontables del reactor. En el obstructor superior de paso 166 hay unas aberturas 166A para el paso de refrigerante a través de las mismas.

El conjunto de sellado o cierre hermético 180 (figs. 2 y 12) proporciona un cierre hermético entre la cámara 48 y aquella porción de la cámara de núcleo 50 comprendida entre la superficie exterior de la pantalla térmica desmontable 132 y la cara interna de la pared 33. El conjunto 180 comprende unos soportes 182, unos muelles de freno o retención 184, unos bloques de apoyo 185 para los muelles, un anillo perforado 186 y un conjunto de cierre hermético 192. El anillo comprende un par de placas planas anulares 186A unidas entre sí por una serie de placas separadoras verticales 186B, y una serie de anillos separadores 187 va sujeta a la pestaña interior de las placas 186A. Los soportes 182 van soldados al cilindro 156 y los muelles 184 actúan entre los soportes 182 y los bloques 185 obligando a los bloques de apoyo hacia abajo sobre el anillo 186, que está dispuesto concéntricamente alrededor de la parte inferior del cilindro 156. El anillo 186 se apoya en el conjunto de cierre de émbolo 192, alineado con éste en sentido axil. El conjunto 192 está

apoyado en el borde superior de la pantalla 132 y coopera en contacto con el anillo de apoyo 60 formando un cierre hermético circular entre la cámara de núcleo 50 y la cámara 48. El conjunto 192 comprende un anillo de cierre hermético 193, unos muelles 194 y un reborde anular 196 que coopera con el anillo de émbolo proporcionando un cierre hermético. Cuando el empuje ascensional hidraulico y la dilatación diferencial comprimen los muelles 184, el conjunto elástico 192 mantiene un cierre hermético entre la cámara de núcleo 50 y la cámara plenaria superior 48. En el cilindro 156 hay unas espigas 197 dispuestas para entrar en los anillos 187 y que se utilizan para extraer el anillo 186 al desmontar el reactor. De modo semejante, se disponen unas espigas 198 en la pantalla 132, que se utilizan para extraer el conjunto 192 al desmontar el reactor.

En el funcionamiento del reactor y en condiciones de plena carga se hacen pasar 475 $m^3$ de agua ligera por minuto, como refrigerante primario, a través del recipiente de presión 10 del reactor, a una presión de 102 atmosferas. Un 85% aproximadamente, del caudal total pasa en relación de intercambio o transmisión de calor con los conjuntos de elementos combustibles para extraer el calor de escisión, y el 15% restante fluye más allá de las barras de control 128, por el exterior de los conjuntos de elementos combustibles y por las pantallas térmicas 54, 56 y 132. Así, el refrigerante primario fluye a través del volumen entero del recipiente de presión del reactor.

El agua refrigerante primaria se lleva al interior de la cámara plenaria 46 a través de la conexión de entrada 19, y se provoca una distribución del flujo por medio del obstructor de entrada 76 a través de la cámara plenaria inferior 46 para su paso a la cámara de núcleo 50. La mayor parte del refrigeran-

te pasa a través de las aberturas 76A del obstructor de paso de entrada 76 y fluye hasta la placa de enrejado inferior 67, en donde aproximadamente un 85% del flujo o caudal total pasa al interior de los manguitos 71 y por tanto a las cámaras de circulación formadas entre las paredes 94 de los conjuntos de elementos combustibles. El refrigerante que fluye a través de las cámaras de circulación de los conjuntos 92 de elementos combustibles, atraviesa las aberturas 113 de las placas 112A y 112B y recibe calor procedente de las espigas de combustible individuales 98. El refrigerante sale luego de las cámaras de circulación a través de los adaptadores 118, entra en el cilindro 156 de la sección de transición y fluye por las aberturas 156A hasta la conexión de salida 21.

El 13% aproximadamente del caudal total que entra por la conexión 19, pasa a la cámara de núcleo 50 a través de los tapones perforados 70 de la placa de enrejado inferior 67, y por los orificios 88 a los tubos 85. El refrigerante que entra en el núcleo a través de los tapones 70 y por los tubos 85 fluye por los espacios comprendidos entre los conjuntos de elementos combustibles 92 y las barras de control 128, y pasa también por alrededor de la periferia del núcleo, fluyendo hacia arriba por entre la pantalla t ermica desmontable 132 y la cubierta de núcleo 134, y atraviesa la placa obstructora 138 de la cubierta del núcleo. El refrigerante sale entonces del núcleo bien por los tubos 172 o bien a través del espacio anular de salida 143. El refrigerante que pasa por los tubos 172 atraviesa los orificios 174 de las tapas 173 y sigue luego por las aberturas 166A del obstructor 166 hasta la conexión de salida 21. El refrigerante que fluye a través del espacio anular de salida 143 pasa radialmente hacia fuera por entre las placas 186A del anillo 186

y fluye después hasta la conexión de salida 21.

El resto del caudal de refrigerante, que asciende aproximadamente a un 2% pasa a través de la porción de cámara de núcleo comprendida entre la cara exterior de la pantalla 132 y la pared 33 del recipiente de presión. El refrigerante entra en este espacio a través de los espacios abiertos dispuestos entre las protuberancias repartidas 52A y fluye hacia arriba pasando de las pantallas térmicas permanentes 54 y 56 por la cara externa de la pantalla térmica desmontable 132. Los tapones perforados 61A, 61B y 61C (fig. 8) del anillo 60 permiten el paso de este resto de refrigerante hasta la cámara plenaria superior 48 y de allí a la conexión de salida 21.

Como ilustración complementaria de la realización preferida del invento, en la tabla que sigue se dán algunos detalles del reactor:

Datos del reactor:

| | |
|---|---|
| Tipo del reactor | Convertidor interno de torio |
| Energía neutrónica | Térmica |
| Potencia térmica de salida del reactor | 585 MW |
| Condiciones del vapor de agua procedente del reactor | 27,5 atmosferas a 231ºC |

Refrigerante primario:

| | |
|---|---|
| Temperatura (ºC) | Agua ligera a presión<br>250 (entrada); 265 (salida) |
| Caudal ($m^3$/min). | 475 |
| Pérdida de carga (atmosferas) | 2,8 (en núcleo); 7,9 (total) |

246857

| | |
|---|---|
| Presiones (atmosferas absolutas) | 122 (proyecto); 102 (trabajo) |
| Bucles de refrigerante | Cuatro de acero inoxidable 304, 2 bombas por bucle, 1 caldera por bucle. |

Núcleo del reactor:

| | | |
|---|---|---|
| Días de vida activa a plena marcha | 600 | |
| Carga (Kg): | Inicial | Final |
| $ThO_2$ | 17.400 | 17.100 |
| $U^{235}$ | 850 | 517 |
| $U^{233}$ | -- | 146 |
| Relación total de conversión | 0,55 | |
| Densidad de potencia (kW/l) | 66 | |
| Tamaño del núcleo | 2 m diám. x 2,4 m altura | |
| Flujo térmico medio | 303.000 kcal/$m^2$ | |

Materiales de los elementos combustibles:

| | |
|---|---|
| a) Combustible | Mezcla de $ThO_2$ y $UO_2$ |
| b) Revestimiento | Acero inoxidable |
| c) Piezas de transición, placas de tubos | Acero inoxidable 304 |
| d) Muelles | Inconel-X |
| e) Paredes de elementos combustibles | Zircaloy-2 |
| Diám. de pastilla de combustible | 6,795 mm nominal |
| Diám. exterior de revestimiento | 7,94 mm nominal |
| Espesor de revestimiento | 0,51 mm nominal |
| Separación entre espigas de combustible (retícula cuadrada) | 9,665 mm nominal |
| Espigas por paquete | 206 |
| Paquetes por elemento combustible | 6 |

| | |
|---|---|
| Elementos combustibles en núcleo | 120 |
| Espesor de pared de elemento combustible | 4,6 mm nominal |
| Area de transmisión de calor | 1.404 $m^2$ |
| Relación de metal a agua | 1,122 |

Núcleo: Porcentajes en volumen:

| | |
|---|---|
| Agua (moderador y refrigerante) | 48 |
| Zircaloy- | 11 |
| $ThO_2$-$UO_2$ | 27 |
| Barras de control | 2 |
| Acero inoxidable (revestimientos y placas de tubos) | 12 |

Aun cuando se ha mencionado el agua ligera como moderador refrigerante, se prevé que un reactor conforme a la invención puede ser empleado eficazmente con otros refrigerantes primarios, tales como agua pesada, líquidos orgánicos y metales líquidos.

El combustible ha sido descrito como mezcla de óxido de uranio altamente enriquecido y óxido de torio. No obstante, se prevé que la invención pueda funcionar eficazmente utilizando mezclas de materiales fisionables tales como el uranio 233 y el plutonio 239, con material fértil tal como el uranio 238 y el uranio natural. Además, la invención no ha de considerarse limitada a óxidos de los materiales fisionables y fértiles, sino que puede utilizarse la forma metálica de estos materiales, bien como espigas o como placas. Asimismo, la invención resultaría igualmente eficaz si el material fisionable adoptara la forma de

mezclas de los diversos materiales fisionables ya conocidos, tal como por ejemplo un 2% de $U^{233}$ y un 3,3% de $U^{235}$.

Los grupos 124 de conjuntos de barras de control y elementos combustibles se han representado como conteniendo cuatro conjuntos colocados alrededor de una barra de control 128 situada en el centro, pero se prevé que la invención resultaría asimismo eficaz caso de emplearse un número diferente de conjuntos situados alrededor de una barra colocada en el centro. Por ejemplo los conjuntos de elementos combustibles pueden adoptar la forma de triángulos y estar dispuestos de modo que haya cinco conjuntos colocados alrededor de una barra de control dotada de cinco alas o brazos radiales.

Los tubos 100 de elementos combustibles y las paredes 94 que constituyen la cámara de circulación del conjunto 92 pueden estar construídos de cualquiera de los materiales de reducida sección recta de absorción de neutrones térmicos, tales como los diversos Zircaloys 2, 3, 4 o circonio, aluminio y magnesio

Esta solicitud que corresponde a la presentada en EE.UU. el 31 de Enero de 1958, bajo el nº 712.512 se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

## N O T A

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan en España para que sean objeto de esta Patente de Invención por VEINTE años, son los siguientes:

1ª.- Un reactor nuclear en el que hay un núcleo que contiene una mezcla de material fértil y material fisionable, alojado en el interior de un recipiente de presión entre una cámara de entrada de refrigerante y una cámara de salida de refrigerante, caracterizado por el hecho de que el núcleo incluye una pluralidad de conjuntos de elementos combustibles reemplazables que se extienden entre un órgano transverso de entrada y un órgano transverso de salida, y cada uno de los cuales comprende una caja o funda abierta por los extremos que aloja una pluralidad de elementos combustibles enriquecidos, espaciados y que se extienden longitudinalmente, y está fijado de modo desmontable en los extremos a dichos órganos transversos, de modo que el refrigerante que procede de dicha cámara de entrada puede fluir a través de las fundas en relación de intercambio o transmisión de calor con los elementos combustibles alojados en las mismas, y puede fluir a través del núcleo en relación de intercambio o transmisión de calor con las superficies exteriores de dichas fundas.

2ª.- Un reactor nuclear conforme a la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que en el núcleo hay dispuestos unos grupos de dichos conjuntos de elementos combustibles, estando los conjuntos de cada grupo dispuestos simétricamente alrededor de un eje longitudinal, y de que hay una barra de control vertical dispuesta para moverse a lo largo de dicho eje, teniendo cada barra unas alas radiales, y habiendo en las fundas de los elementos combustibles de dicho grupo unos entrantes para acomodar las alas entre conjuntos adyacentes del grupo circundante.

3ª.- Un reactor nuclear conforme a la reivindicación 2, caracterizado por el hecho de que cada grupo comprende cuatro conjuntos de elementos combustibles con unas fundas de sección recta

en general cuadrada, dispuestas alrededor de una barra de control que tiene cuatro alas radiales perpendiculares entre sí, y cada funda de elementos combustibles tiene un entrante a lo largo de una parte de cada una de las dos paredes internas, habilitando cuatro ángulos en entrante que cooperan entre sí para acomodar la barra de control de cuatro alas.

4ª.- Un reactor nuclear conforme a la reivindicación 1, 2 o 3, caracterizado por el hecho de que dichos conjuntos de elementos combustibles están dispuestos en una zona interior y una zona exterior, y los elementos combustibles de la zona exterior están más enriquecidos que los elementos combustibles de la zona interior.

5ª.- Un reactor nuclear en el que hay un núcleo que contiene una mezcla de material fértil y material fisionable alojado en el interior de un recipiente de presión entre una cámara inferior de entrada de refrigerante y una cámara superior de salida de refrigerante, caracterizado por el hecho de que el núcleo incluye una pluralidad de conjuntos de elementos combustibles reemplazables que se extienden entre un órgano transverso y un órgano transverso superior, y cada uno de los cuales comprende una caja o funda abierta por los extremos que aloja una pluralidad de elementos combustibles verticales espaciados y está fijada de modo desmontable en los extremos a dichos órganos transversos de modo que el refrigerante que procede de dicha cámara de entrada puede fluir hacia arriba a través de las fundas en relación de intercambio o transmisión de calor con los elementos combustibles alojados en las mismas, y dicho órgano inferior está provisto de una pluralidad de orificios de entrada para el paso regulado de refrigerante, procedente de dicha cámara de entrada, a través del núcleo en relación de intercambio o transmisión

de calor con las superficies exteriores de dichas fundas, estando dicho órgano superior provisto de unas salidas para el paso de dicho flujo regulado de refrigerante a dicha cámara de salida.

6ª.- Un reactor nuclear conforme a la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que dichos orificios de entrada están dispuestos en unos tapones sujetos de modo reemplazable en dicho órgano transverso inferior.

7ª.- Un reactor nuclear conforme a la reivindicación 5 o 6 caracterizado por el hecho de que dichas salidas están dispuestas en unos tapones sujetos de modo reemplazable en dicho órgano transverso superior.

8ª.- Un reactor nuclear conforme a cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado por el hecho de que dicho núcleo está rodeado de una funda o envoltura vertical de núcleo, y de que hay dispuesto al menos un pasaje entre la envoltura del núcleo y dicho recipiente de presión para permitir el flujo ascendente regulado de refrigerante desde dicha cámara de entrada, cortocircuitando el interior del núcleo.

9ª.- Un reactor nuclear conforme a la reivindicación 8, caracterizado por el hecho de tener dispuestos unos medios elásticos de cierre hermético alrededor del extremo superior de dicha envoltura de núcleo, impidiendo el libre paso de refrigerante desde dicho pasaje hasta dicha cámara de salida.

10.- Un reactor nuclear conforme a cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, caracterizado por el hecho de que los conjuntos de elementos combustibles de dicho núcleo van dispuestos en grupos, estando los conjuntos de cada grupo colocados simétricamente alrededor de un eje vertical, y de que hay una barra de control vertical dispuesta para moverse a lo largo de dicho

eje, estando cada barra provista de unas alas radiales que se extienden entre conjuntos adyacentes del grupo circundante.

11ª.- Un reactor nuclear conforme a la reivindicación 10, caracterizado por el hecho de que las fundas de los conjuntos de elementos combustibles tienen unas partes entrantes que cooperan entre sí habilitando unos canales para acomodar dichas alas.

12ª.- Un reactor nuclear conforme a la reivindicación 10 u 11, caracterizado por el hecho de haber unos conductos dispuestos en dichas cámaras de entrada y salida y sujetos a dichos órganos transversos, para proporcionar tubos de guía de dichas barras de control, y unos orificios en los conductos para el paso regulado de refrigerante al interior de los conductos inferiores y, por tanto, al interior del núcleo, desde la cámara de entrada, y para la salida por los conductos superiores, desde el interior del núcleo hasta la cámara de salida.

13ª.- Un reactor nuclear conforme a cualquiera de las reivindicaciones 5 a 12, caracterizado por el hecho de tener unos medios de apoyo horizontalmente dispuestos y fijados alrededor de la cara interna de dicho recipiente de presión en la región inferior del mismo; una envoltura vertical de núcleo que se extiende hacia arriba rodeando el núcleo del reactor y en su región inferior proporciona apoyo periférico para dicho órgano inferior transverso que se extiende a través del interior de la envoltura del núcleo y está soportado por su extremo inferior en dichos medios de apoyo, estando los conjuntos de elementos combustibles soportados en el órgano inferior transverso y recibiendo apoyo el órgano superior transverso desde los conjuntos de elementos combustibles; y una envoltura superior apoyada en dicho órgano superior transverso y que se extiende hacia arriba

hasta entrar en contacto cooperativo con la superficie superior de dicho recipiente de presión.

14ª.- Un reactor nuclear conforme a la reivindicación 13, caracterizado por el hecho de tener un órgano con carga de resorte dispuesto a un extremo de cada funda de elemento combustible para proporcionar un apoyo elástico para el órgano superior transverso.

15ª.- Para un reactor nuclear un conjunto de elementos combustibles caracterizado por el hecho de comprender; una funda alargada y abierta por sus extremos; una pluralidad de grupos de elementos combustibles alargados alojados en el interior de la funda y dispuestos los grupos unos a continuación de otros, extremo con extremo, y extendiéndose los elementos combustibles a lo largo de la funda espaciados y paralelos entre sí; unos medios de apoyo perforados que se extienden transversalmente por el interior de la funda en la unión o en cada unión entre grupos consecutivos para recibir y soportar los extremos de los elementos combustibles; y medios, a los extremos de la funda, para recibir y sostener los extremos exteriores de los elementos combustibles de grupos adyacentes y dispuestos para dejar pasar a su través un refrigerante flúido, de modo que el refrigerante pueda fluir a través de la funda en relación de intercambio o transmisión de calor con los elementos alojados en la misma.

16ª.- Un conjunto de elementos combustibles conforme a la reivindicación 15, caracterizado por el hecho de haber unas prolongaciones tubulares dispuestas en los extremos de la funda para sujeción a un par de órganos de apoyo espaciados.

17ª.- Un conjunto de elementos combustibles conforme a la reivindicación 16, caracterizado por el hecho de que la prolongación tubular tiene una carga de resorte a un extremo de dicha funda para facilitar la sujeción desmontable a dichos órga-

18 MA

246867

nos de apoyo.

18ª.- Un conjunto de elementos combustibles conforme a cualquiera de las reivindiacaciones 15 a 17, caracterizado por el hecho de que cada elemento combustible comprende un tubo, una columna de pastillas de combustible que contiene una mezcla de material fértil y material fisionable alojada en dicho tubo, una pastilla aislante a cada extremo de la columna, un tapón a cada extremo del tubo habilitando así un recipiente herméticamente cerrado para las pastillas, y un medio de transmisión de calor que ocupa los espacios comprendidos entre las pastillas de combustible y la superficie interior de dicho recipiente.

19ª.- Un reactor nuclear.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta y cinco hojas escritas por una sola cara.

Madrid, 18 MAR 1959

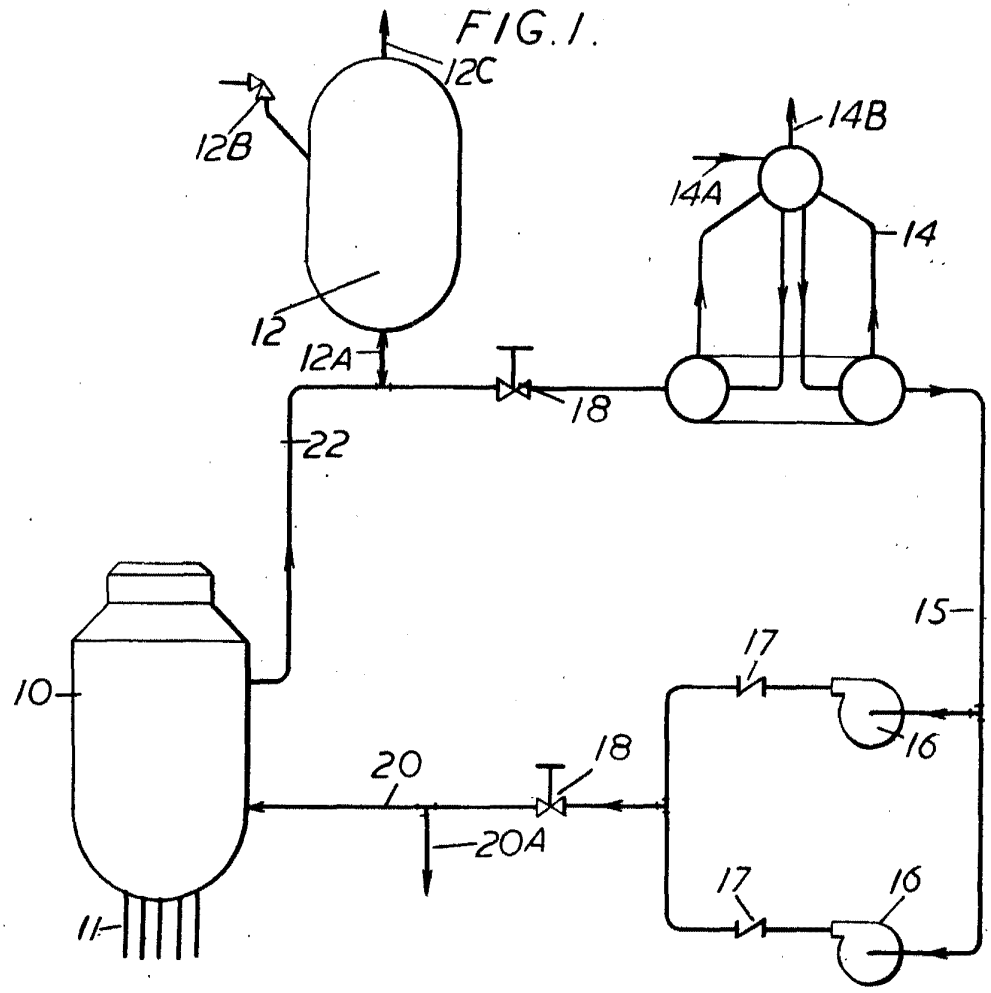
P.A.

GM

5 CENTIMOS 5 CTS ESPECIAL MOVIL

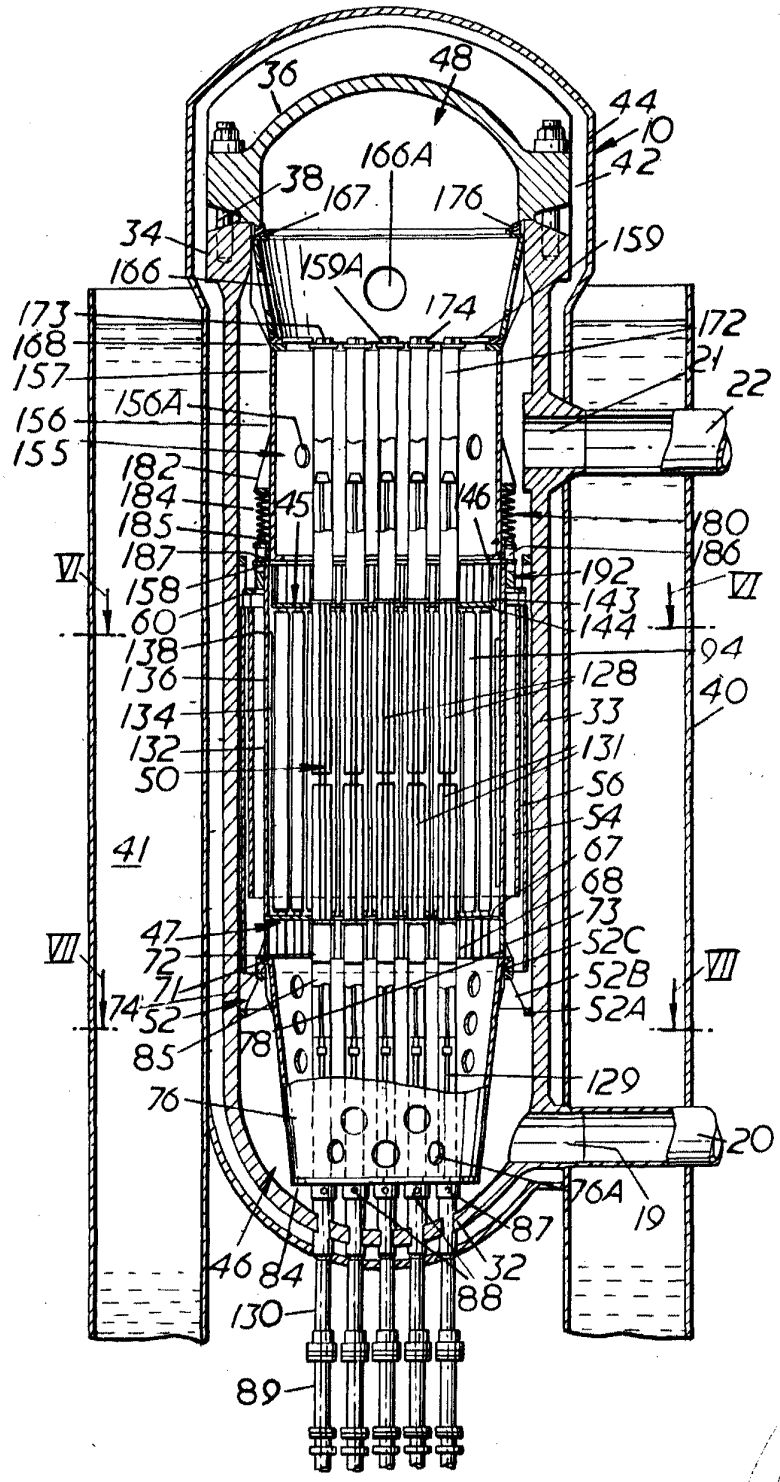
246801

FIG. 1.



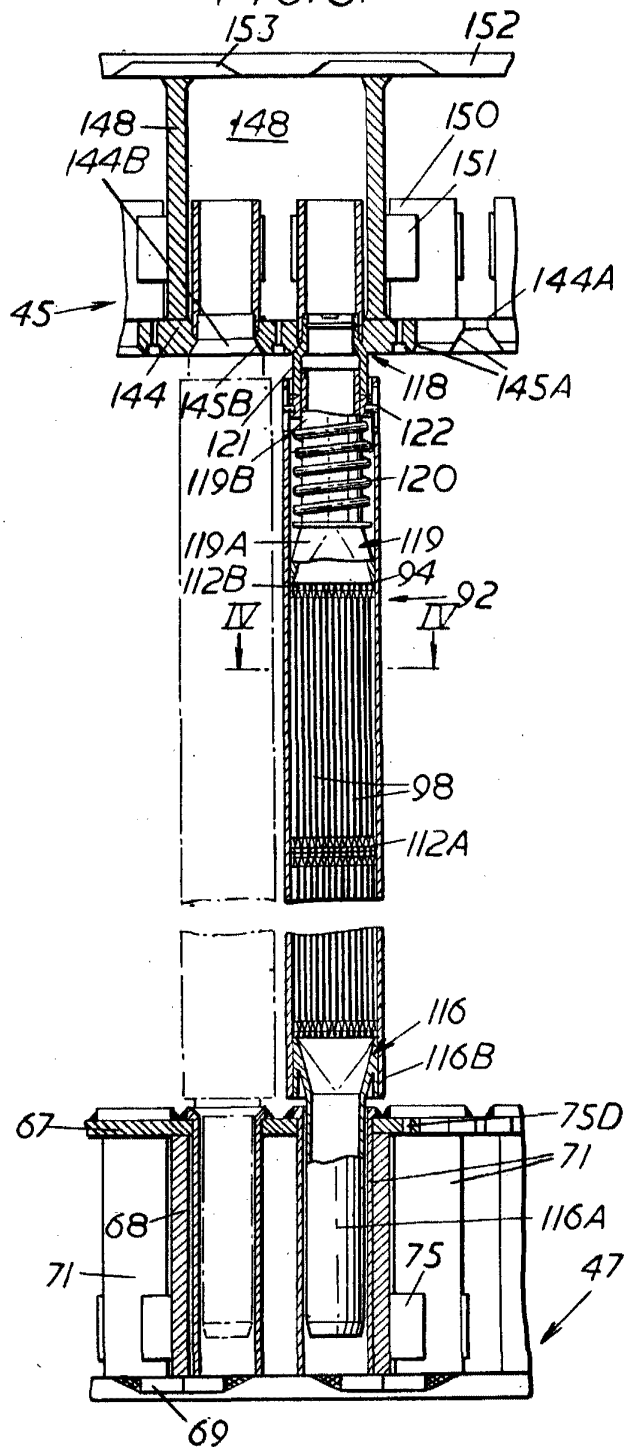
246857

FIG. 2.


36
48
44
10
42
166A
38
167
176
34
159
166
159A
174
173
172
168
21
22
157
156A
156
155
182
184
185
187
158
60
138
136
134
132
50
45
146
180
186
192
143
144
94
128
40
33
131
56
54
67
68
73
52C
52B
52A
41
47
72
71
74
52
85
78
76
129
20
76A
19
87
46
84
32
88
130
89
VI
VII

246857

FIG. 3.


153
152
148
148
150
144B
151
144A
45
144
145B
118
145A
121
122
119B
120
119A
119
112B
94
92
IV
IV
98
112A
116
116B
67
75D
71
68
116A
71
75
47
69

246857

FIG.4.

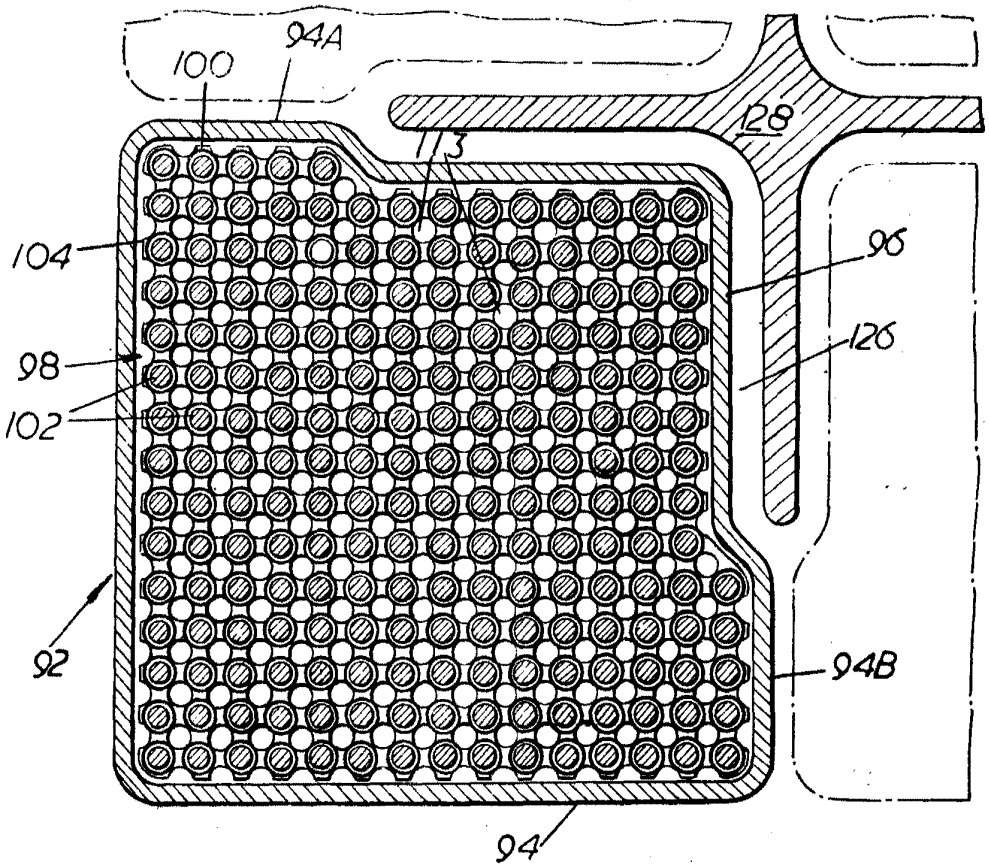
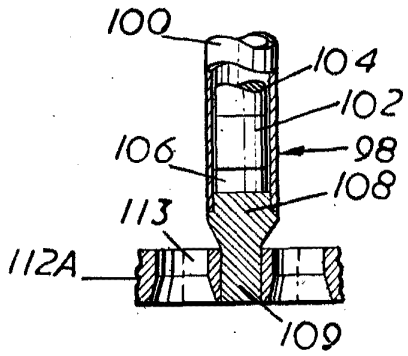



FIG.5.



246857

FIG.6.

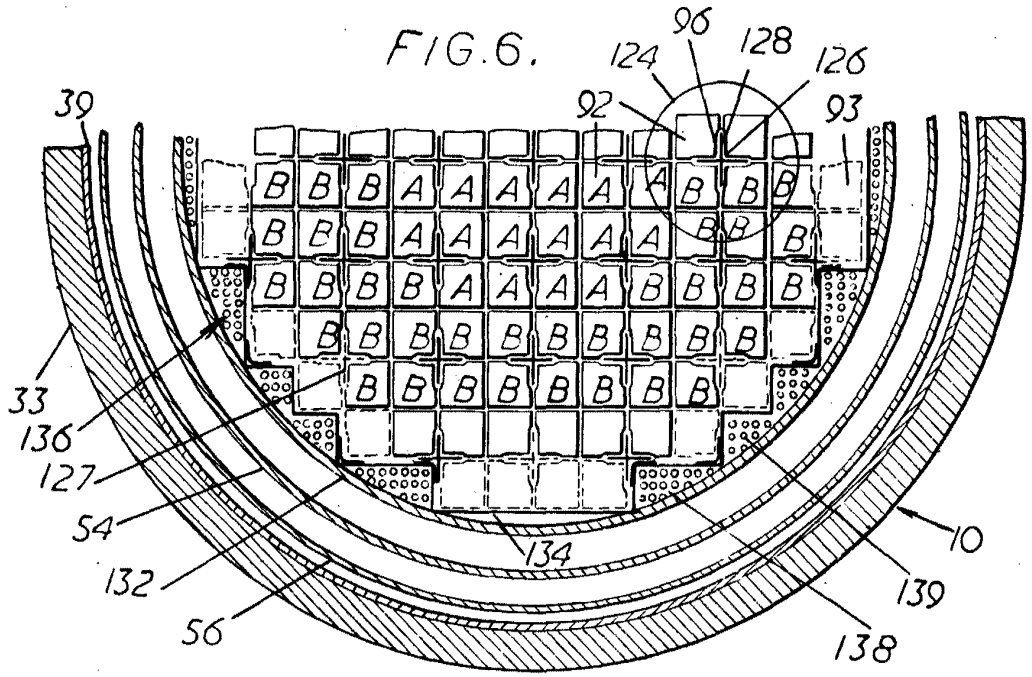
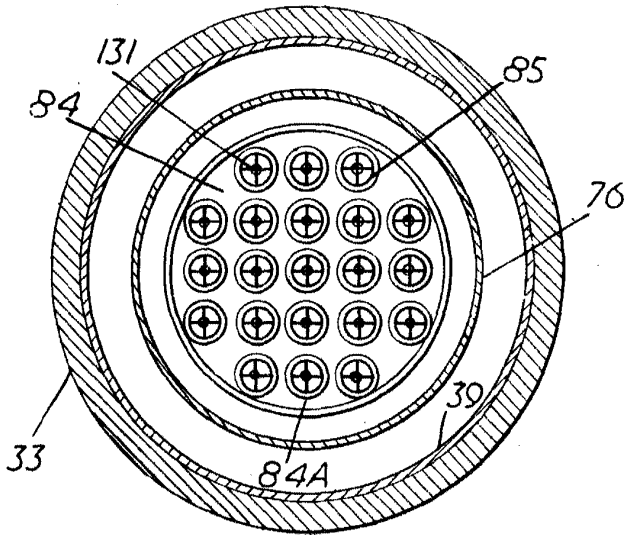



FIG.7.



246861

FIG.8.

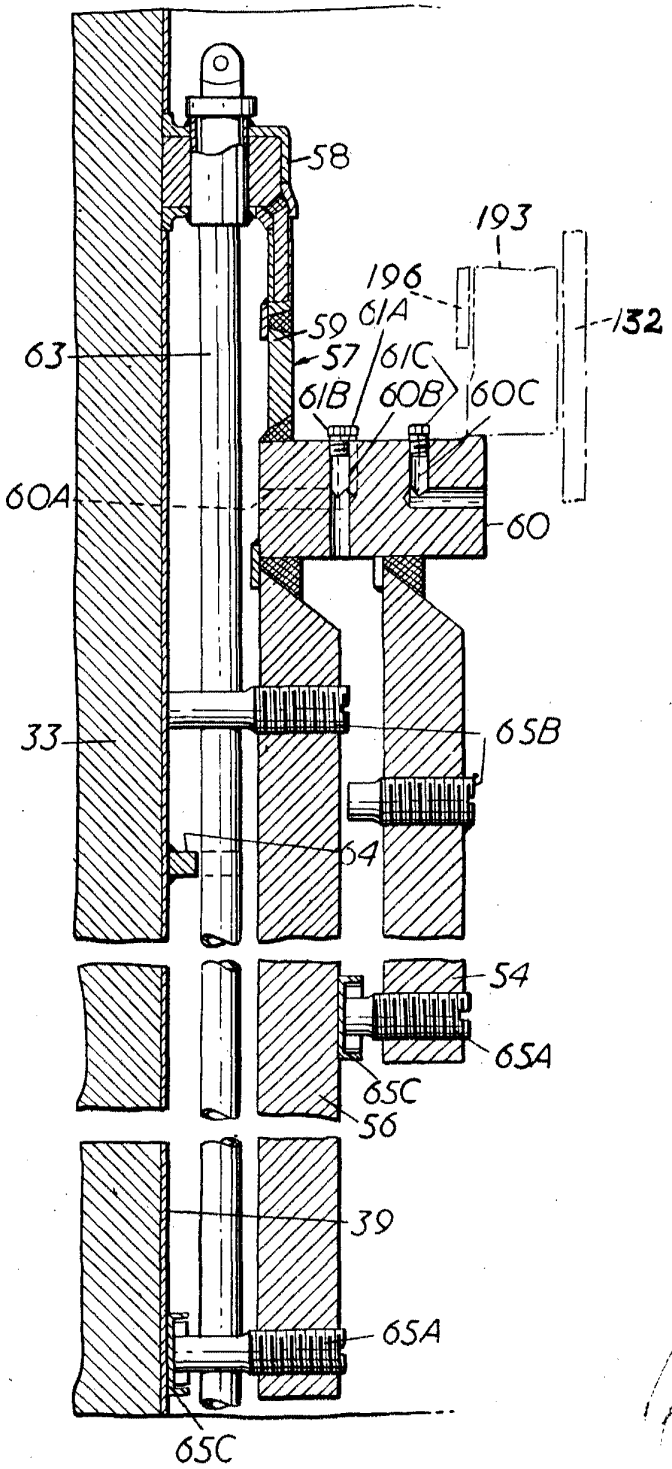

58
193
196
61A
59
132
63
57
61C
61B
60B
60C
60A
60
33
65B
64
54
65A
65C
56
39
65A
65C

FIG.9.

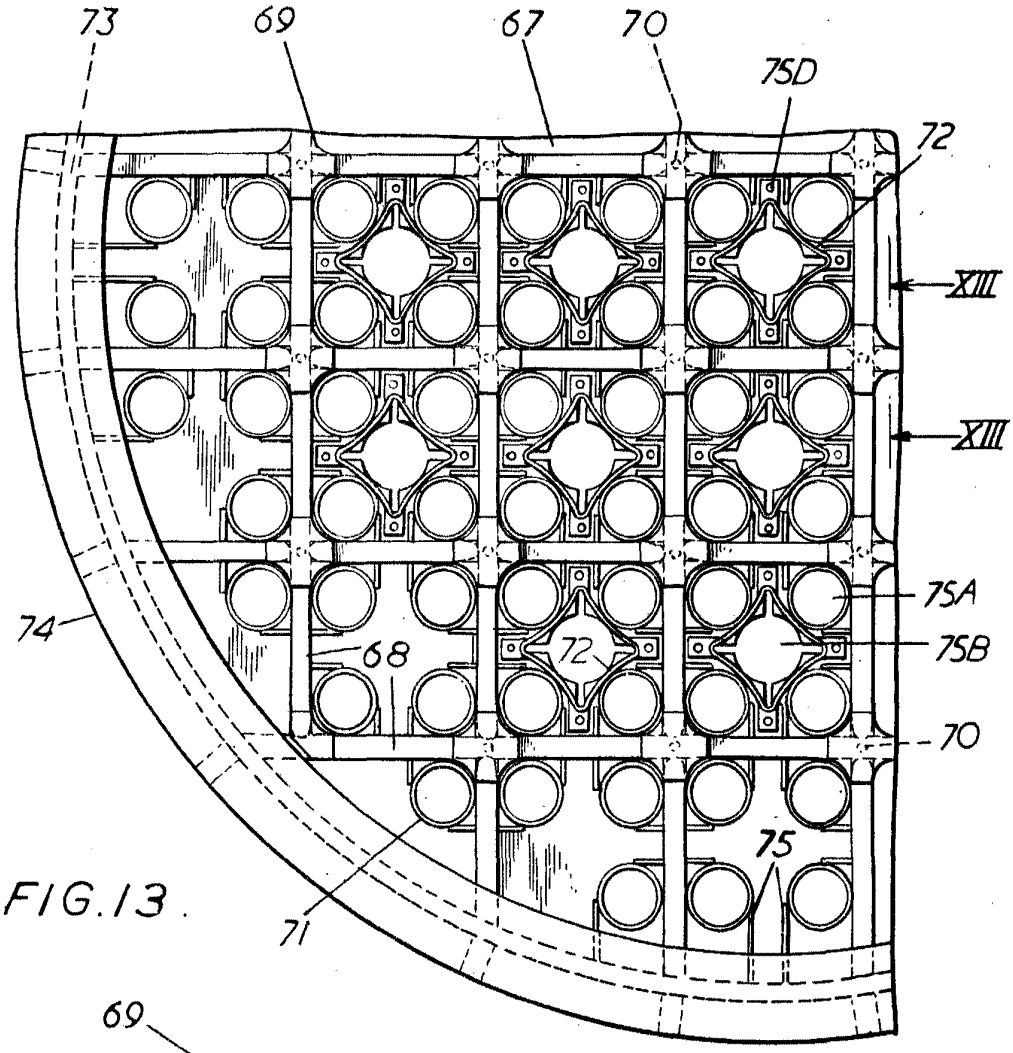



FIG.13.

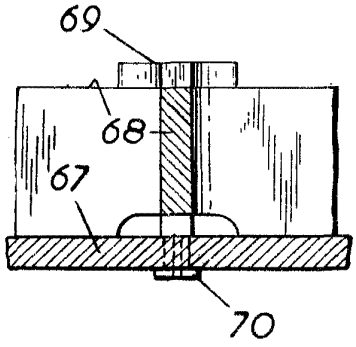
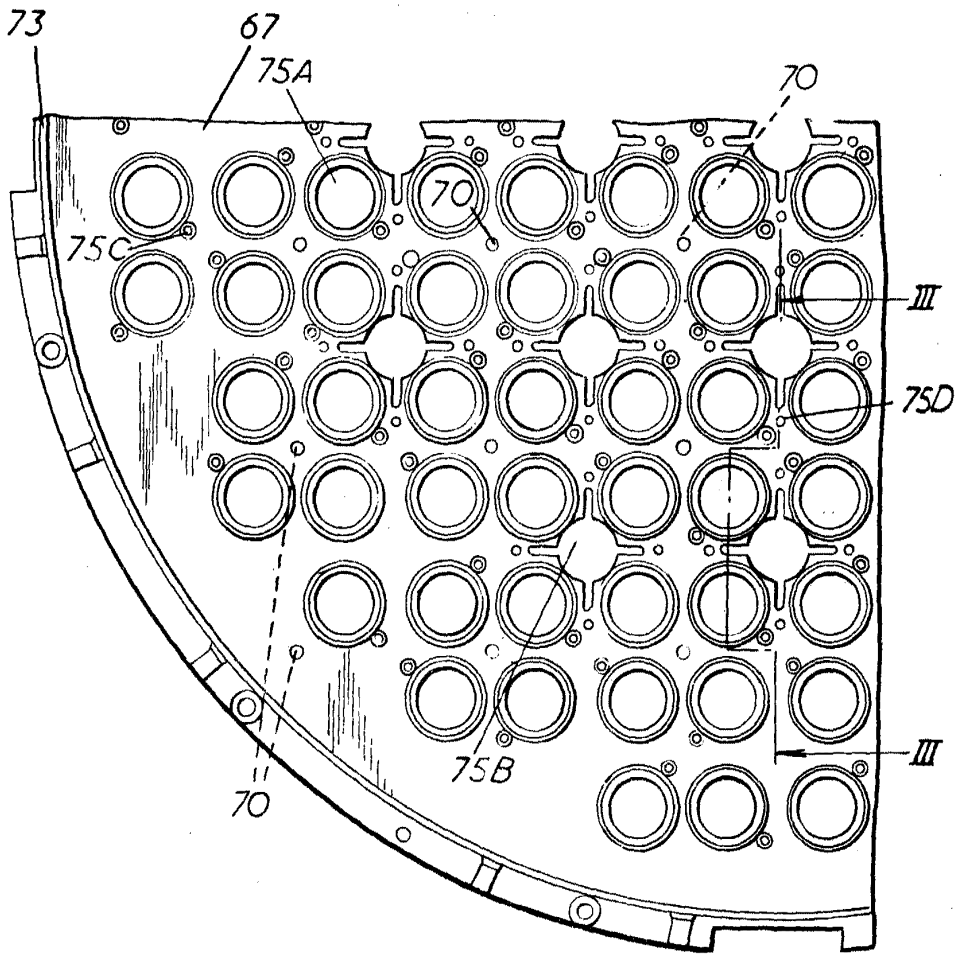
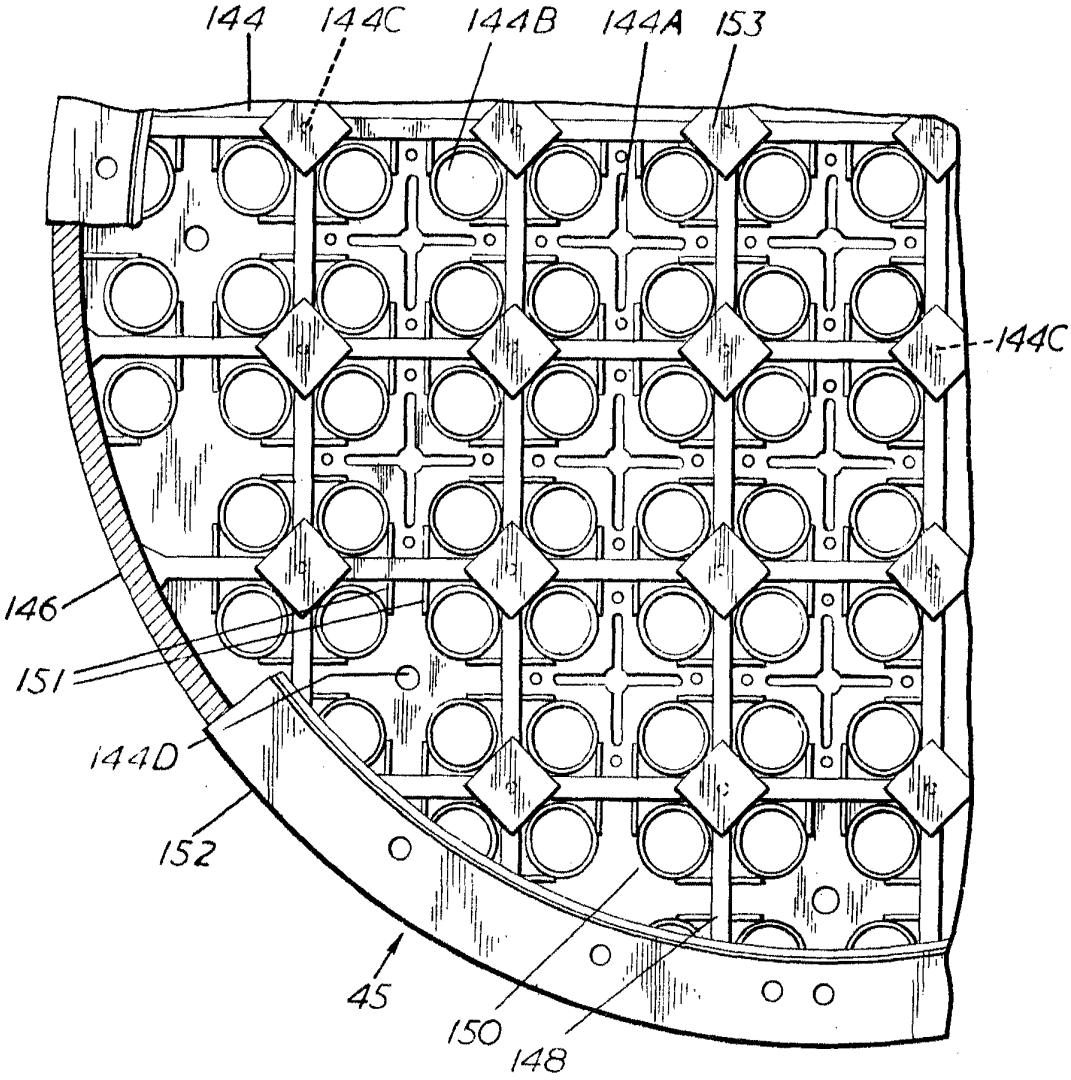


FIG. 10.



246857

FIG. 11.



246857

FIG. 12.