

408014



P.- 52.363

File N° 31233-F

MEMORIA DESCRIPTIVA

Para solicitar PATENTE DE INVENCION por VEINTE años

A nombre de GULF OIL CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en 439 Seventh Avenue, Pittsburgh, Pensilvania,
Estados Unidos de América.

por : "UN DISPOSITIVO INTERCAMBIADOR DE CALOR"

(Clase Internacional F22b, G21f)

25.11.72

- 1 -



Esta invención se refiere a generadores de vapor tales como los que se utilizan en relación con la producción de vapor de agua para accionar turbinas de vapor. Más particularmente, la invención se refiere a un generador de vapor que es especialmente adecuado para uso con un reactor nuclear enfriado por gas en una instalación de generación de energía eléctrica.

Desde la aparición de los reactores de energía nuclear se han tomado medidas sustanciales encaminadas a la producción eficaz y económica de energía eléctrica a partir de la energía térmica obtenida de estos reactores. Un factor importante en la consecución de este objetivo es el funcionamiento de tales reactores a temperaturas suficientemente altas para facilitar la producción directa de vapor a temperaturas y presiones adecuadas para un funcionamiento de alto rendimiento de las turbinas de vapor. A este respecto, la tecnología actual de los reactores ha conducido al desarrollo de reactores de alta temperatura enfriados por gas que, cuando se emplean con un sistema adecuado de turbinas de vapor, tienen la capacidad de producir corriente eléctrica en una cantidad y a un coste que satisfacen los requisitos de la industria eléctrica.

En general, las centrales nucleares que emplean reactores de alta temperatura enfriados por gas incluyen el reactor en una cuba a presión, a través de la cual es

21 016-1972



hecho circular un refrigerante fluido, tal como helio gaseoso o dióxido de carbono, para retirar la energía térmica liberada por el reactor. El vapor para el funcionamiento de las turbinas se obtiene normalmente por la transferencia de calor desde el refrigerante al fluido de un sistema de agua/vapor. Convencionalmente, tal transferencia de calor se efectúa en un generador de vapor, en el que la energía térmica retirada del reactor se utiliza para producir vapor recalentado.

10 En un sistema de reactor/generador enfriado por gas de este tipo, es deseable con frecuencia que el gas sea obligado a hacer una sola pasada a través del generador de vapor antes de ser devuelto al reactor. Por consiguiente, es importante que la mayor cantidad posible de calor sea
15 retirada del gas durante la pasada única para conseguir un rendimiento máximo. Sin embargo, es también importante que haya una limitación lo más pequeña posible para el flujo de gas a fin de que el trabajo invertido en transportar el gas a través del sistema sea mantenido en un mínimo. Cuando,
20 por diversas razones incluida la economía estructural, se incluye el generador de vapor en la misma cuba de contención de soporte de presión que el propio reactor, es también importante que el tamaño del generador sea reducido al mínimo y que el generador de vapor o secciones del
25 mismo puedan retirarse fácilmente a través de aberturas.



necesariamente limitadas de la cuba de contención. Para satisfacer estos extremos, los generadores de vapor emplean frecuentemente haces de tubos compuestos de una pluralidad de tubos helicoidalmente configurados agrupados apretadamente unos con otros.

En tal sistema de reactor nuclear, el vapor que está siendo generado o recalentado, después que su temperatura es aumentada por un flujo a través de un haz particular de tubos en un generador de vapor, tiene que enviarse frecuentemente de nuevo a través de conductos adecuados alrededor del haz para volver al mismo extremo del generador de vapor de cuba de reactor por el que entró. Esto es particularmente cierto cuando el generador de vapor está contenido en una zona que penetra dentro de una cuba de reactor. La necesidad de volver a enviar las entradas o las salidas al mismo extremo del haz de tubos puede dar por resultado una pérdida de rendimiento, debido a la transferencia de calor cuando se pasa alrededor del haz. Asimismo, el espacio preciso para el envío anteriormente citado requiere una penetración mayor en la cuba del reactor o una reducción consiguiente en el tamaño del haz de tubos utilizable en una penetración dada en la cuba del reactor.

Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar un generador de vapor mejorado particularmente adecuado para uso en un sistema de reactor



nuclear.

Otro objeto de la invención es proporcionar un generador de vapor, en el que el tamaño del haz de tubos dentro del generador de vapor se hace máximo para un espacio disponible dado.

Otro objeto de la invención es proporcionar un generador de vapor, en el que todas las entradas y salidas están en el mismo extremo del haz de tubos.

Otros objetos de la invención resultarán evidentes a los expertos en la técnica por la siguiente descripción, tomada en unión de los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es una vista recortada, en perspectiva, de una parte de un reactor nuclear que incorpora el generador de vapor de la invención;

La figura 2 es una vista esquemática totalmente en sección de la parte inferior del generador de vapor de la figura 1;

La figura 3 es una vista en sección tomada a lo largo de la línea 3-3 de la figura 2; y

La figura 4 es una vista esquemática que ilustra una realización alternativa de la invención.

En términos muy generales, el intercambiador de calor de la invención comprende al menos un haz de tubos 11 que tiene una pluralidad de tubos 13 de intercambiador de



calor. Los tubos 13 están dispuestos en una pluralidad de
filas anulares coaxiales 15, comprendiendo cada fila una
pluralidad de los tubos, estando los tubos de cada fila
arrollados helicoidalmente en un radio común con respecto
5 al eje geométrico de las filas anulares. Están previstos
unos medios de conducto 17 y 19 para dirigir un flujo de
un primer fluido calentado sobre los tubos a fin de calen-
tar un segundo fluido presente en los tubos. Unos medios
21 conectan los extremos de pares respectivos de los tubos
10 en un extremo del haz de tubos. En el otro extremo del haz
de tubos, unos medios 23 suministran el segundo fluido a
presión a un tubo de cada uno de los pares de tubos, y
unos medios 25 reciben el segundo fluido desde el otro tu-
bo de cada uno de los pares de tubos.

15 Haciendo ahora referencia más particularmente a los
dibujos, se muestra una parte de un sistema de reactor nu-
clear que incorpora la invención. El sistema de reactor nu-
clear incluye una cuba a presión 27 de hormigón pretensado,
soportada de forma adecuada por medios no ilustrados, den-
20 tro de una estructura aneja, tampoco ilustrada. Unas arma-
duras de pretensado 29 se extienden axialmente a través del
hormigón de la cuba a presión 27 que es de forma general-
mente cilíndrica, y en la superficie exterior de la cuba
a presión está formada una pluralidad de gargantas anula-
25 res 31 para acomodar flejes de pretensado circunferencia-



les, no ilustrados.

El interior de la cuba a presión 27 incluye una cámara principal 33, en la que está soportado un núcleo de reactor, no ilustrado. La cámara 33 está provista de un ferro 35 de metal adecuado anclado en el hormigón. El núcleo del reactor puede ser de cualquier tipo adecuado, pero el sistema de reactor ilustrado es del tipo llamado enfriado por gas. Están previstos medios para hacer que circule un gas refrigerante, tal como helio o dióxido de carbono, sobre el núcleo del reactor, no mostrado, para elevar la temperatura del gas. El gas es hecho circular entonces sobre uno o más intercambiadores de calor o generadores de vapor para producir vapor de agua u otro vapor destinado a hacer funcionar la maquinaria para generar electricidad. El gas circulante es devuelto luego al núcleo para ser calentado una vez más.

En el sistema de reactor ilustrado, la cámara principal 33 está rodeada por una pluralidad de cámaras cilíndricas circunferencialmente espaciadas 37, de las cuales solamente se ilustra una en los dibujos. Las cámaras 37 son de configuración cilíndrica y se extienden verticalmente dentro de la cuba del reactor, teniendo sus ejes paralelos al eje de la cuba del reactor. En cada una de las cámaras 37 están dispuestos un generador de vapor y un circulador de refrigerante. En los dibujos, el generador de



vapor se muestra generalmente en 39, y una parte del circulator de refrigerante se muestra generalmente en 41. El gas refrigerante es conducido desde la cámara principal 33 a cada una de las cámaras 37 a través de conductos horizontales 43, de los cuales se ilustra uno en los dibujos. El refrigerante es devuelto a la cámara 33 para recirculación sobre el núcleo del reactor a través de un conducto horizontal 45. En los extremos superiores de las cámaras 33 y 37 están previstos cierres adecuados, no mostrados.

10 La cámara 37 es accesible desde el extremo inferior de la cuba a presión 27 a través de penetraciones 47. Cada penetración 47 está provista de un forro metálico 49 que se extiende hacia arriba y está soldado a un forro metálico 51 de la cámara 37. Cada penetración 47 está cerrada y hermetizada por un tapón de hormigón 53 que tiene un revestimiento metálico exterior 55. En el tapón 53 están practicadas penetraciones adecuadas para la entrada de las diversas tuberías de vapor, explicadas en lo que sigue, en la cámara 37 para conducir agua y vapor al generador de vapor 39 y desde el mismo.

Más particularmente, el agua de alimentación para el generador de vapor 39 es conducida desde una tubería de entrada de agua de alimentación 57 hasta un colector de agua de alimentación 59. En el colector 59, el agua de alimentación es distribuida entre una pluralidad de tubos de



entrada de agua de alimentación 61, que pasan por una penetración del tapón 53 a la cámara 37. Los tubos 61 son llevados luego a lo largo del espacio entre los medios de conducto 17 de doble pared del generador de vapor hasta la

5 región situada justamente encima del conducto 43. Cada uno de los tubos 61 se convierte en un arrollamiento helicoidal para formar un haz principal de vapor 63. En la parte superior del haz principal de vapor 63, los tubos 61 son agrupados en sub-colectores por medios apropiados, no mostrados,

10 y unas salidas de tubo 65 desde los sub-colectores, y son bajados a través de un tubo central 67 que se extiende axialmente a todo lo largo del generador de vapor 39. En la región de dentro de la cámara 37 situada debajo del generador de vapor 39, los tubos 65 son dirigidos hacia una

15 penetración adecuada del tapón de acceso inferior 53 para ser hechos pasar a su través al exterior de la cuba a presión hasta un colector 69. El vapor que entra en el colector 69 desde los tubos 65 es luego recogido en la tubería de salida de vapor 71 y conducido a las turbinas, no

20 mostradas. El haz de tubos 63 constituye un evaporador-economizador y un recalentador, y, por consiguiente, el vapor que sale a través de la tubería de vapor 71 es vapor recalentado.

En el sistema de reactor nuclear ilustrado, la invención está incorporada solamente en la sección de reca-

25



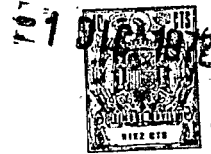
lentador, explicada en lo que sigue. Por consiguiente, no se darán otros detalles estructurales de la sección principal de evaporador-economizador y recalentador del generador de vapor. Sin embargo, para fines de exposición completa, deberá entenderse que el haz principal de vapor 63 puede ser de cualquier construcción mecánica adecuada. Por ejemplo, el haz principal de vapor puede estar soportado por placas perforadas, no mostradas, a través de las cuales están arrollados los tubos que integran el haz principal de vapor. Estas placas pueden estar fijadas a cualquier parte adecuada del generador de vapor para proporcionar soporte a las placas.

Como se ha mencionado previamente, el haz de tubos 11 en la realización ilustrada comprende la sección de recalentador del generador de vapor 39. El haz de tubos está contenido dentro de una cámara impelente definida por los medios de conducto 17 y 19. Los medios de conducto 17 comprenden una pared cilíndrica doble exterior que tiene un reborde de soporte anular 73 en su extremo superior que está provisto de una pestaña anular de montaje 85 montada en una pestaña apropiada de montaje 75 que se extiende hacia dentro desde el forro de la penetración o forro 51 de la cámara. Los medios de conducto interiores 19 comprenden un cilindro alargado dispuesto en un eje vertical coaxial con el tubo o cilindro central 67. Una cúpula 77



cierra el espacio entre los medios de conducto cilíndricos 17 y el cilindro 19 por encima del conducto 43, entrando el conducto 43 en el espacio así definido a través de un canal de entrada 79. Por encima de la cúpula 77, el haz principal 63 está rodeado por un cilindro o envolvente 81 soportado por la pestaña de montaje 85 en la pestaña de montaje 75 fijada al forro 51 de la cámara 37.

Helio caliente procedente del núcleo del reactor del sistema de reactor en la cámara 33 es hecho pasar a través del conducto 43 e introducido en la cámara impelente definida entre las paredes o cilindros 17 y 19. El helio caliente pasa luego hacia abajo sobre el haz de tubos 11 del recalentador. El extremo inferior del cilindro 17 está provisto de un piso 87, y el extremo inferior del cilindro 19 termina cierta distancia por encima del piso 87. Por consiguiente, el helio caliente u otro gas refrigerante, después de pasar hacia abajo sobre el haz de tubos 11, penetra en el espacio anular comprendido entre el cilindro interior 67 y el cilindro 19. Luego pasa hacia arriba, paralelo al eje del generador de vapor, hasta la región situada encima del haz principal de tubos 63. El extremo superior del cilindro 81 está cerrado por una serie de segmentos de pared anulares 89. El helio caliente sale de la cámara impelente anular entre el cilindro 67 y el cilindro 19 y después es impulsado hacia fuera y una vez más hacia



abajo a través del haz de tubos 63 en el espacio definido por el cilindro 19 y el cilindro exterior 81. El borde inferior del cilindro 81 termina cierta distancia por encima de la pestaña 85, extendiéndose hacia abajo hasta la pestaña unas patas adecuadas 91 para soportar el cilindro. Así, el helio gaseoso caliente, después de pasar sobre el haz de tubos 63, es impulsado anularmente hacia fuera a través del espacio comprendido entre el borde inferior del cilindro 81 y la pestaña 85 para penetrar en el espacio comprendido entre el cilindro 81 y el forro 51 de la cámara 37. En esta región, otro cambio de dirección de 180° da por resultado el flujo de gas, de tal manera que el gas pasa verticalmente hacia arriba por fuera del cilindro 81.

Con el fin de mantener la circulación del gas refrigerante, el gas que se mueve hacia la región situada encima del generador de vapor 39 es recogido en una cámara im- pelente definida por una estructura de forma de copa 93. El circulador de helio 41 comunica con el espacio definido por la estructura de forma de copa 93 e incluye unos álabes de turbina 95 que son accionados por un eje adecuadamente impulsado 97 para forzar el gas refrigerante a través de un conducto anular 99. El gas abandona el conducto 99 en una región, no ilustrada, y penetra en la parte superior de la cámara 37, estando indicada en 101 la parte superior.



La parte superior de la cámara 37 por encima de la estructura de forma de copa 93 comunica con el conducto 45, y así el gas circulante es forzado de nuevo a través del conducto a fin de ser devuelto sobre el núcleo del reactor para su recalentamiento.

Los medios que suministran el vapor de recalentamiento al haz de tubos 11 del recalentador y lo recogen desde el mismo están dispuestos por debajo del haz de tubos. Los medios de suministro 23 comprenden un colector alimentado por una tubería de entrada de vapor de recalentamiento frío 103. El vapor de recalentamiento frío se distribuye entre una pluralidad de tubos alimentadores 105 que pasan luego a través del tapón 53 de la penetración a la región situada debajo del generador de vapor 39. Los tubos 105 son llevados hasta un lugar adecuado por debajo del haz de tubos 11. Como se ha mencionado previamente, el vapor de recalentamiento circula primero helicoidalmente hacia arriba a través de los tubos del haz de recalentamiento 11 y luego es devuelto helicoidalmente hacia abajo. Los tubos de transferencia 107 transportan el vapor de recalentamiento, después de su flujo de retorno helicoidal hacia abajo, desde lugares distribuidos alrededor de la región situada debajo del haz de tubos 11, hasta la región situada encima de una penetración de acceso a través del tapón 53. Los tubos 107 se acodan luego hacia abajo para salir de la cámara 37 a



través del tapón 53 y penetrar en los medios de colector
o recogida 25. El vapor de recalentamiento caliente que en-
tra en el colector 25 es entonces transportado a través de
una tubería de salida 109 de vapor de agua de recalenta-
5 miento para ser expandido una vez más en las turbinas, no
mostradas.

La construcción particular del haz de tubos 11 del
recalentador puede verse más claramente en las figuras 2
y 3. El propio haz de tubos está formado por una plurali-
10 dad de filas coaxiales anulares de tubos, comprendiendo ca-
da fila una pluralidad de tubos. En cada fila de tubos,
los tubos están arrollados helicoidalmente alrededor de un
eje común con el mismo radio. Esto quiere decir que cuan-
do los tubos de entrada de vapor de recalentamiento 105 se
15 doblan por debajo del generador de vapor 39, se extienden
cada uno hasta una posición diferente circunferencialmente
espaciada alrededor de la parte inferior de cada una de las
diversas filas anulares de tubos. Lo mismo es cierto para
los tubos de salida de vapor de recalentamiento 107. La mi-
20 tad de los tubos 13 del haz de tubos 11 se utiliza para
transportar vapor de recalentamiento helicoidalmente hacia
arriba en el haz de tubos, y la mitad de los tubos 13 del
haz de tubos 11 se utiliza para transportar vapor de reca-
lentamiento hacia abajo a través de una trayectoria heli-
25 coidal en el haz de tubos. Así, los tubos de entrada 105



están conectados a la mitad de los tubos 13, y los tubos de salida 107 están conectados a la otra mitad de los tubos 13.

En la realización ilustrada en las figuras 2 y 3,
5 los tubos helicoidales de flujo ascendente y los tubos helicoidales de flujo descendente están colocados en filas separadas de las filas verticales 15. Así, la fila más interior de tubos helicoidales en el haz de tubos comprende un juego de tubos de flujo ascendente, de modo que el vapor
10 pasa helicoidalmente hacia arriba en el haz de tubos, y la fila inmediatamente adyacente comprende un juego de tubos de flujo descendente. Cada uno de los tubos de la fila anular más interior está conectado a un tubo respectivo de los tubos de la fila anular inmediatamente adyacente,
15 te, en la parte superior del haz de tubos, por un segmento de tubo en U 21. Esto es cierto también para las otras filas, de modo que cada tubo helicoidal que lleva vapor hacia arriba en el haz de tubos está conectado a través de un segmento en U 21 a un tubo helicoidal que lleva el vapor
20 helicoidalmente hacia abajo en el haz de tubos. Para evitar un radio demasiado pequeño en los segmentos de tubo en U 21 los pares de tubos no están inmediatamente adyacentes entre sí, sino que están circunferencialmente espaciados unos con relación a otros en una pequeña distancia,
25 como se ve en la figura 3.



Construyendo el haz de tubos 11 de la manera descrita, todas las entradas y salidas están en el mismo extremo del haz. Esto elimina pérdidas de calor como resultado de tener que transferir vapor alrededor del haz desde un extremo al otro. Asimismo, el espacio que se utilizaría ordinariamente para tal conducción puede ser utilizado por una fila o filas adicionales de tubos, aumentando la capacidad del haz de tubos. Alternativamente, se reduce el tamaño del espacio requerido para un tamaño dado del haz de tubos.

Haciendo referencia a la figura 4, se ilustra una realización alternativa de la invención. En la figura 4, en lugar de que la totalidad de los tubos de una sola fila de tubos conduzca el vapor en el mismo sentido, es decir, hacia arriba o hacia abajo, tubos alternos de cada fila conducen el vapor hacia arriba y hacia abajo. Los segmentos de tubo en U 21 no cruzan así por encima entre filas como se muestra en la figura 3, sino que, por el contrario, pasan a su alrededor para conectarse al tubo inmediatamente adyacente de la misma fila. Una ventaja de la construcción de la figura 4 es que no se requiere un número par de filas de tubos 15, sino que se requiere solamente un número par de tubos en cada fila. Además, para hacer la conexión de cruce entre los tubos de flujo ascendente y los tubos de flujo descendente se requiere una altura algo me-



nor que en el caso de la realización de las figuras 2 y 3. La conexión de cruce entre los tubos puede efectuarse al mismo tiempo que se está construyendo la fila particular de tubos, en lugar de después del montaje de dos filas adyacentes. Esto reduce los costes de fabricación.

A causa de la mezcla de tubos de flujo ascendente y tubos de flujo descendente en cada fila, resulta una distribución de temperatura más difundida que en el caso en que la totalidad de los tubos de una fila dada son de flujo ascendente o de flujo descendente. Finalmente, la realización de la figura 4 puede ofrecer una disposición más deseable para combatir las vibraciones inducidas por el flujo y puede dar por resultado una menor caída de presión lateral del vapor debido a la menor resistencia al flujo.

Por consiguiente, puede verse que la invención proporciona un intercambiador de calor o generador de vapor mejorado particularmente adecuado para uso en la producción de vapor en un reactor nuclear enfriado por gas. En particular, el intercambiador de calor de la invención comprende un haz de tubos que incorpora arrollamientos helicoidales y en el que todos los tubos de entrada y salida pueden conectarse en el mismo extremo del haz de tubos. El diseño hace posible utilizar un tamaño de haz mayor para un espacio disponible dado, resultando menos pér-



didas por transferencia de calor. Si bien se ha descrito la invención en relación con la generación de vapor de agua, puede aplicarse también a otros sistemas de líquido-vapor.

5 A los expertos en la técnica les resultarán evidentes de la anterior descripción y dibujos que se acompañan diversas modificaciones de la invención, además de las mostradas y descritas en esta memoria. Se pretende que tales modificaciones caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10

La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 28 de Octubre de 1971, bajo el Nº 193.371, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15

REIVINDICACIONES

20

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

25

1.- Un dispositivo intercambiador de calor que com-

25.11.72



prende al menos un haz de tubos que tiene una pluralidad de tubos de intercambio de calor, caracterizado porque dichos tubos están dispuestos en una pluralidad de filas anulares coaxiales, comprendiendo cada fila una pluralidad de dichos tubos, estando arrollados helicoidalmente dichos tubos de cada fila en un radio común con respecto al eje de dichas filas anulares, medios de conducto para dirigir un flujo de un primer fluido calentado sobre dichos tubos para calentar un segundo fluido presente en dichos tubos, medios que conectan los extremos de pares respectivos de dichos tubos en un primer extremo de dicho haz de tubos, y medios en el extremo de dicho haz de tubos opuesto a dicho primer extremo para suministrar el segundo fluido a presión a un tubo de cada uno de dichos pares y para recibir el segundo fluido calentado desde el otro tubo de cada uno de dichos pares.

2.- Un dispositivo intercambiador de calor según la reivindicación 1, en el que los tubos de cada uno de dichos pares están en filas adyacentes.

3.- Un dispositivo intercambiador de calor según la reivindicación 1, en el que los tubos de cada uno de dichos pares están en la misma fila.

4.- Un dispositivo intercambiador de calor según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos medios de conexión comprenden cada uno un seg-



1972

mento de tubo en U.

5.- Un dispositivo intercambiador de calor según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos medios de conducto comprenden medios para dirigir el primer fluido sobre dichos tubos en un primer sentido hacia el citado extremo opuesto de dicho haz de tubos, y luego a través del espacio definido por la interior de dichas filas anulares en un segundo sentido opuesto a dicho primer sentido.

6.- Un dispositivo intercambiador de calor según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos medios de suministro del segundo fluido incluyen una primera chapa de tubos y una pluralidad de tubos de conexión que se extienden desde dicha primera chapa de tubos, cada uno hasta un tubo de un par respectivo de dichos pares de tubos, y en el que dichos medios de recepción del segundo fluido incluyen una segunda chapa de tubos y una pluralidad de tubos de conexión que se extienden desde dicha segunda chapa de tubos, cada uno hasta el otro tubo de los pares respectivos de dichos pares de tubos.

7.- Un dispositivo intercambiador de calor.

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 ventiuna hojas escritas a

- 1 -



máquina por una sola cara.

Madrid,

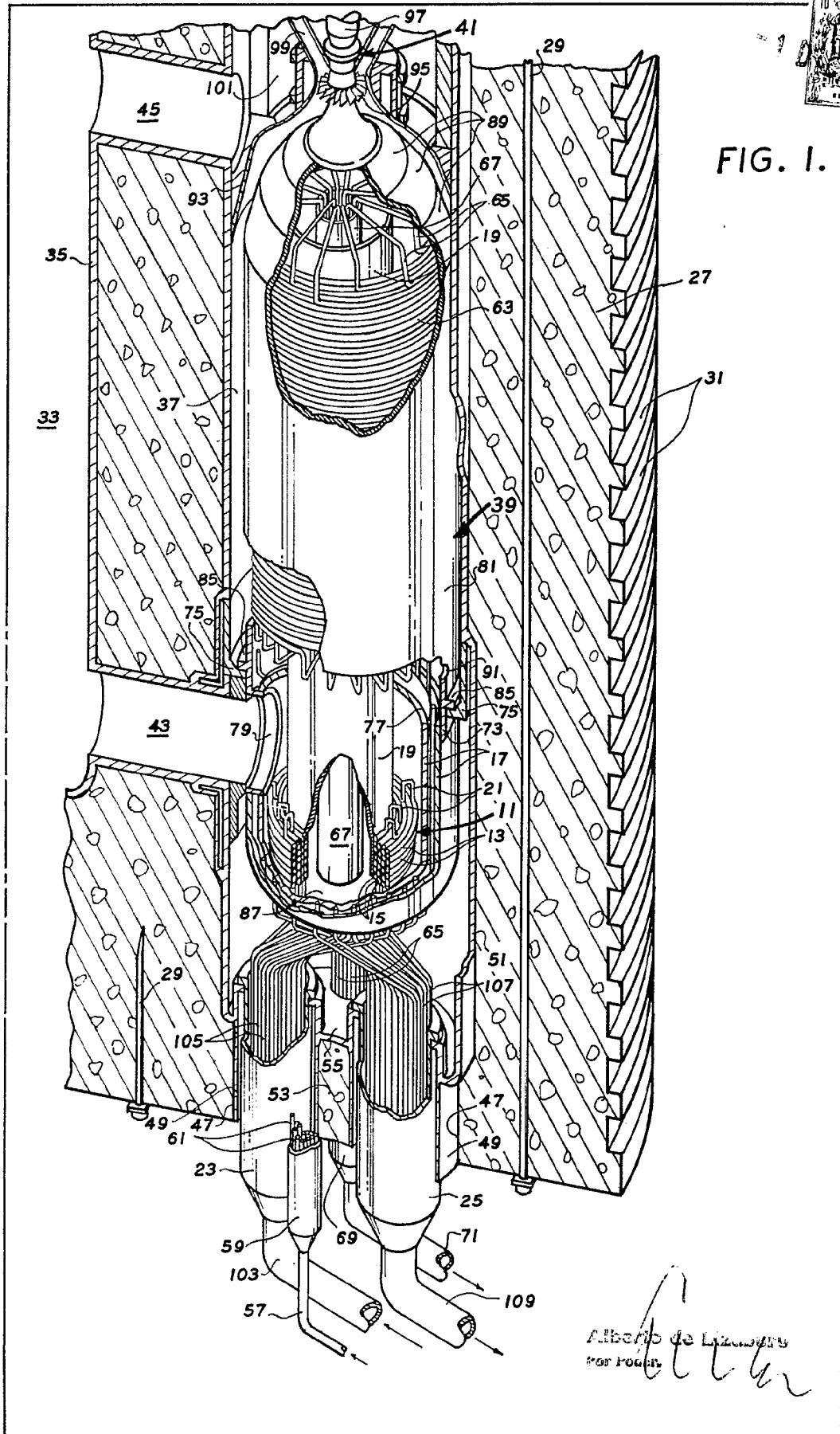
1 DIC. 1972

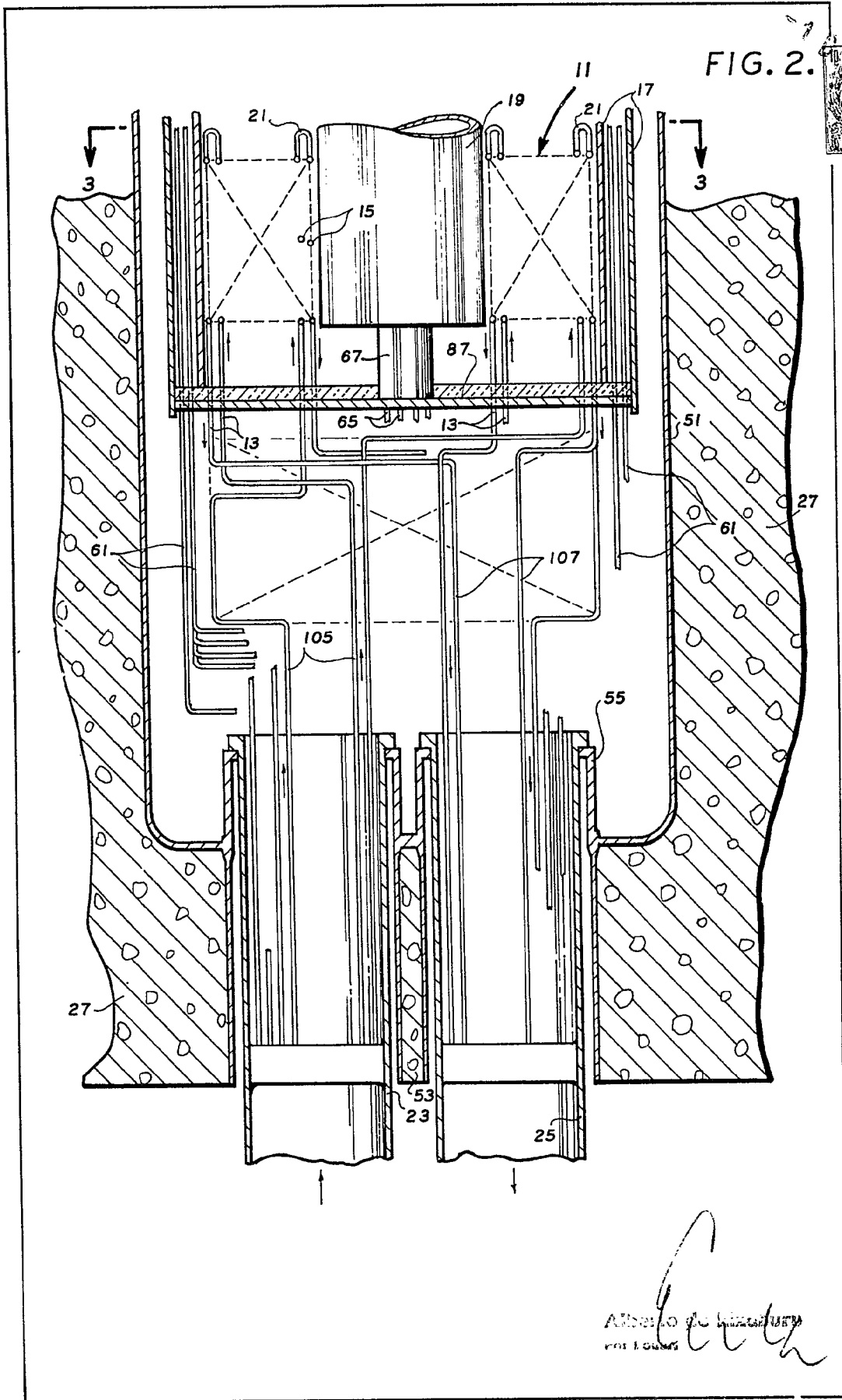
P.A.

Alberto de Ezcurra
Por Poder

25.11.72

H.M.C.





70



FIG. 3.

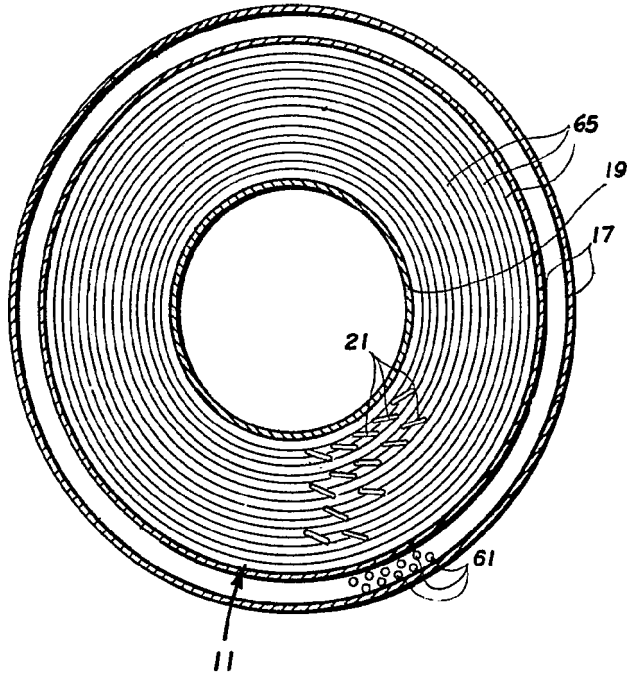
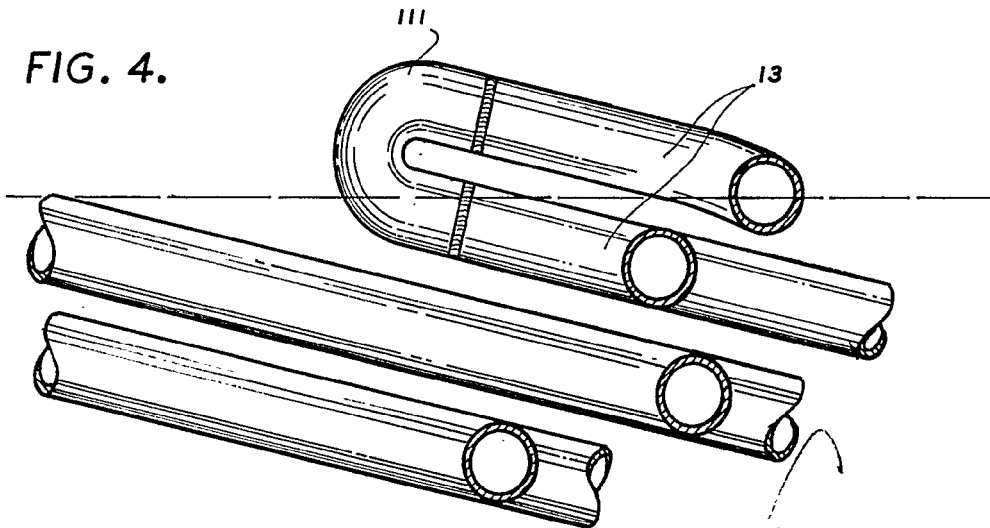


FIG. 4.



Handwritten signature or initials
GULF OIL CORPORATION
Houston, Texas