



334504

MEMORIA DESCRIPTIVA
que se presenta para unir a la solicitud
de
PATENTE DE INVENCION
formulada el 14 de Diciembre de 1.966, con el núm. 334.504
en
E S P A Ñ A
por VEINTE años
a nombre de CHICAGO BRIDGE & IRON COMPANY, entidad norteameri-
cana establecida en 901 West 22nd Street, Oak Brook, Illinois,
Estados Unidos de América por:
" UNA MAQUINA DE REFRIGERACION ".

Esta invención se refiere a máquinas de refrigeración.
Más particularmente, esta invención concierne a una máquina de
refrigeración que es muy adecuada para obtener bajas tempera-
turas y particularmente temperaturas criógenas.

5 Aunque se empleó primeramente el ciclo de Stirling en un
motor de gas caliente para desarrollar potencia, se ha visto en
tiempos recientes que el empleo de este ciclo para fines de re-
frigeración es particularmente interesante y práctico. En los
refrigeradores basados en el ciclo de Stirling, se emplea ge-
10 neralmente un regenerador estacionario con un volumen de ci-



lindro variable, o un regenerador movible con un volumen de cilindro constante. Sin embargo, en los sistemas anteriores, en los que ha habido a un mismo tiempo movimiento del regenerador y volumen de cilindro variable, se ha utilizado un cigüeñal para efectuar el movimiento. La acción de movimiento en vaivén resultante del pistón con relación al cilindro y del regenerador puede considerarse que se mueve en un ciclo armónico similar a una curva sinusoidal (veasé las patentes Norteamericanas 3.074.244; 2.856.756 y 2.2.907.169 para motores del tipo de ciclo de Stirling).

Los refrigeradores anteriores que siguen el ciclo de Stirling no permiten un tiempo adecuado para que se alcance el equilibrio termodinámico entre el gas y el regenerador, de manera que pudiera conseguirse más solidamente un proceso reversible. Además, las máquinas de refrigeración de la técnica anterior que trabajan de acuerdo con el ciclo de Stirling o modificaciones del mismo, han sido generalmente costosas debido a las estrechas tolerancias u holguras entre las partes que se han requerido.

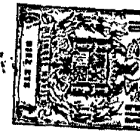
Por consiguiente, esta invención crea una nueva máquina de refrigeración caracterizada por tener una cámara formada por un cilindro y un pistón de volumen variable con un regenerador movible situado en dicha cámara. Tal máquina puede ser hecha trabajar con gran rendimiento. Esta máquina de refrigeración, además, no emplea un cigüeñal y evita así los ciclos armónicos empleados en las máquinas de refrigeración de la técnica anterior.

Más en particular, la máquina de refrigeración de esta invención tienen una cámara cerrada de volumen variable formada por un pistón y un cilindro para recibir y descargar gas,



un regenerador movable en la cámara, medios para efectuar el movimiento en vaivén esencialmente no armónico del pistón con relación al cilindro para cambiar el volumen de la cámara de un volumen mínimo a un volumen máximo, y medios para efectuar el movimiento en vaivén esencialmente no armónico del regenerador en la cámara. Además, el movimiento en vaivén del pistón con relación al cilindro se efectúa de manera muy adecuada a velocidad sustancialmente constante. Es también aconsejable que se efectúe el movimiento del regenerador en la cámara a una velocidad sustancialmente constante.

En una realización más específica, la máquina de refrigeración tiene un pistón y un cilindro que se mueven en vaivén uno con relación al otro, definiendo dicho pistón y cilindro una cámara cerrada retenedora de gas que tiene un regenerador permeable al gas, siendo la cámara de volumen variable desde un volumen mínimo a un volumen máximo, unos medios que comprenden una lumbrera de entrada para suministrar gas a presión a dicha cámara para expandir la cámara de un volumen mínimo a un volumen máximo, al ser efectuado por dicho gas al desplazamiento del pistón con relación al cilindro, unos medios para mover el regenerador con movimiento relativo del pistón y el cilindro para situar el regenerador cerca de un extremo de dicha cámara a volumen máximo, medios para mover el regenerador desde dicho extremo de la cámara al otro extremo de la cámara sin movimiento, relativo sustancial del pistón y el cilindro, mientras la cámara contiene dicho gas a presión, medios que cierran la lumbrera de entrada, cuando el regenerador está en dicho otro extremo, unos medios que comprenden una lumbrera de salida aguas abajo del regenerador que se abre cuando dicho regenerador está en di-



cho otro extremo de la cámara para liberar el gas de dicha cámara a través de la lumbrera de salida a una presión más baja, enfriando con ello en regenerador a medida que el gas en expansión fluye precipitadamente por él y sale por la lumbrera de salida, unos medios para desplazar el pistón con relación al cilindro, sin movimiento sustancial del regenerador, para reducir la cámara al volumen mínimo y expulsar el gas frío residual a través del regenerador y por la lumbrera de salida, y unos medios que cierran la lumbrera de salida y abren la lumbrera de entrada para suministrar gas a la cámara con el fin de expandirla de un volumen mínimo a un volumen máximo con un movimiento conmensurado del regenerador seguido por la repetición de los ciclos de trabajo.

Asociado con el regenerador hay un cambiador de calor a través del cual puede hacerse pasar un fluido para enfriar el mismo durante el funcionamiento de la máquina de refrigeración.

La invención se describirá, además en unión de los dibujos adjuntos, en los que;

Las figuras 1 a 4 son dibujos esquemáticos que muestran el funcionamiento de una máquina de refrigeración de un solo cilindro de esta invención y la situación relativa del pistón, cilindro y regenerador en diferentes periodos durante un ciclo completo de la máquina;

La figura 5 es una representación esquemática de una máquina de refrigeración de dos cilindros que tiene pistones opuestos dentro del alcance de esta invención;

La figura 6 es un alzado isométrico, parcialmente arrancado de una máquina de refrigeración de esta invención.

La figura 7 es una vista en sección a través del eje central de la máquina de refrigeración de la figura 6;



La figura 8 es una vista en sección por la línea 8 - 8 de la figura 7;

La figura 9 es una vista en sección por la línea 9 - 9 de la figura 7;

5 La figura 10 es una vista vertical, a mayor escala, que muestra de manera más detallada la estructura del regenerador;

La figura 11 es una vista en sección tomada por la línea 11 - 11 de la figura 10;

10 La figura 12 es una vista en sección que muestra los elementos de la estructura del regenerador en relación espaciada; y

La figura 13 es una vista en sección por la línea 13-13 de la figura 9, que ilustra la estructura aislante que rodea el conducto de fluido y una prensaestopas retenedor.

15 Donde resulte adecuado, se utilizarán los mismos números para describir las mismas partes o similares del aparato de la máquina de refrigeración en las diversas vistas de los dibujos.

20 Con referencia a las figuras 1 a 4, estos dibujos ilustran esquemáticamente el funcionamiento básico de una máquina de refrigeración creada por esta invención. Como se ve en estas figuras, hay un refrigerador movable que está situado en una cámara de volumen variable. En la figura 1, la base 10 soporta un pistón estacionario 11 que está rodeado por un cilindro 12. Un cierre hermético 13 de diafragma rodante de construcción de tejido proporciona un cierre hermético sustancialmente estanco entre el cilindro 12 y el pistón 11. En lugar de un cierre hermetico de tejido rodante, puede emplearse un

25

30 aro convencional del pistón para el mismo fin. Unos brazos 14



están fijados al cilindro 12 y terminan en unos cilindros
15. Los cilindros 15, u otros medios adecuados están ajus-
tados convenientemente para proporcionar una acción de li-
mitación contra el movimiento hacia arriba del cilindro 12
5 debido a que el gas es alimentado a presión a una cámara
16. Esta fuerza de limitación sirve para transformar un
trabajo, que, de otra manera, sería ejecutado en la cámara
como calor de compresión con un aumento de la temperatura
resultante del gas en la cámara, y le haría actuar hacia
10 afuera de la cámara. Este trabajo puede recuperarse para
reducir los requisitos de potencia total para hacer funcio-
nar la máquina. Manteniendo el gas de la cámara a una tem-
peratura baja, es decir, no mucho más alta que la del gas
en la fuente de suministro, resulta un rendimiento mayor
15 y la maquina puede, por consiguiente, utilizarse para re-
frigerar hasta temperaturas más bajas que las que serían
posibles de otra manera. En lugar de los cilindros 15, que
pueden ser unos cilindros hidráulicos, pueden utilizarse
para este fin otros medios adecuados. Una cámara 16 de vo-
20 lumen variable está formada por el pistón 11 y el cilindro
12, y en la camara está situado un regenerador 17= El re-
generador 17 está fijado a un brazo 18 que termina en un
cilindro de accionamiento 19 ó en otros medios adecuados
para conseguir un movimiento en vaivén del regenerador de
25 una manera no armónica, es decir, diferente de si se uti-
lizara un cigüeñal. Un conducto 20, que tiene una válvula
21, suministra gas a presión a la cámara 16. Un conductor
22, que tiene una válvula 23, sirve para conducir el gas
de la cámara 16 al exterior de la cámara.

30 Al comienzo del ciclo, como se muestra en la figura,



1, el cilindro 12 está en su punto bajo de movimiento al igual que el regenerador 17. Como resultado, la cámara 16 está a volumen mínimo. En este punto, el gas a presión tal como a 3'5 105 kg/cm², es alimentado por el conducto 20, con la válvula abierta, a la cámara 16. Mientras se está realizando ésto, la válvula 23 del conducto 22 se cierra y se ajustan los cilindros de accionamiento para proporcionar una fuerza de limitación importante contra el desplazamiento hacia arriba del cilindro 12. De esta manera, si el gas a presión está a 7 - Kg/cm², el cilindro 15 puede ajustarse para limitar el movimiento del cilindro 12 hasta que la presión en la cámara 16 alcance un nivel predeterminado, tal como 3'5 a 5'25 Kg/cm². Esta acción de limitación impide que la temperatura del gas que expande la cámara 16 aumente por encima de la temperatura del gas suministrado a la cámara. El gas que llena la cámara aumenta su presión aproximandose a la presión del suministro de gas. Una buena parte del trabajo que debería resultar de otra manera de tal expansión de la cámara es, debido a la acción de limitación del cilindro 15, transferida a él y al fluido hidráulicos u otros medios usados en lugar de a la cámara 16. Esto aumenta grandemente el rendimiento de la máquina. A medida que el gas entrante es alimentado a través del conducto 20, fuerza el cilindro 12 hacia arriba hasta que consigue el máximo desplazamiento hacia arriba y la cámara 16 alcanza el maximo volumen. A medida que el cilindro 12 es desplazado hacia arriba, el regenerador 17 es también movido hacia arriba y deseablemente a la misma velocidad a que el cilindro se mueve. La figura 2 ilustra la situación del cilindro y regenerador al alcanzarse el máximo de movimiento hacia arriba del cilindro y del regenerador. Una vez que se



ha conseguido esto, el cilindro de accionamiento 19, que acciona el brazo 18, baja el regenerador 17 a su punto más bajo en la cámara 16. La válvula 23 está cerrada durante el movimiento del regenerador 17 de la posición mostrada en la figura 2 a la posición mostrada en la figura 3, si bien la válvula 21 del conducto 20 puede estar abierta o cerrada.

El regenerador 17 puede ser de cualquier material adecuado pero deberá ser permeable a los gases de manera que pueda moverse muy fácilmente en la cámara sin crear una importante presión diferencial a cada lado de ella durante tal movimiento. Además, aunque no se muestra en los dibujos de las figuras 1 a 4 que el regenerador se extiende hasta la pared del cilindro, en la práctica deberá hacerse así para el máximo rendimiento.

Antes o después de que el regenerador 17 haya sido movido hacia abajo de manera alternativa hacia la posición mostrada en la figura 3, la válvula 21 se cierra y la válvula 23 se abre. Como el gas en la cámara 16 está a presión, la apertura de la válvula 23 permite la evacuación de gas de la cámara 16 a una presión externa mas baja excepto el gas residual que permanece en la cámara a tal presión externa. Al expedirse la cámara 16, el gas enfría el regenerador 17 y lo lleva a una temperatura más baja. La acción de refrigeración se utiliza ventajosamente haciendo circular un fluido adecuado a través del regenerador 17 por medio de un cambiador de calor, no mostrado en las figuras 1 a 4, si bien estaría presente para fines de refrigeración. Después de que la cámara 16 en la figura 3 haya sido vaciada de gas dejándola expandirse hacia afuera a través del conducto 22, los



5 cilindros 15 son accionados para mover los brazos 14 conec-
tados al cilindro 12 hacia abajo, desplazando con ello el
cilindro a su posición más baja. Al hacer esto, la cámara 16
es reducida a un volumen mínimo y el gas enfriado residual
5 en ella es forzado a través del regenerador 17 enfriándolo
más con ello antes de que sea expulsado a través del conduc-
to 22. La máquina de refrigeración de esta invención, tal co-
mo se ha descrito con referencia a las figuras 1 a 4, se ca-
racteriza por un regenerador movable y una cámara 16 de vo-
10 lumen variable. Además, el movimiento alternativo del cilin-
dro con relación al pistón es efectuado a una velocidad sus-
tancialmente constante, ya que no se emplea un cigüeñal para
efectuar el movimiento. Además, el regenerador se mueve a
una velocidad sustancialmente constante, puesto que, además,
15 es operado sin utilizar un cigüeñal. Se comprende que, quan-
do se inicia el movimiento del pistón y/o el cilindro uno
con relación al otro, ha de vencerse la inercia antes de al-
canzarse la velocidad constante. Sin embargo, excepto para
iniciar cada acción alternativa de una parte a otra, el mo-
20 vimiento es a una velocidad sustancialmente constante. Esto
es igualmente aplicable al movimiento del regenerador. Una
característica de esta invención es también efectuar el mo-
vimiento del cilindro con relación al pistón por medio de un
gas a presión sustancialmente constante, a medida que la cá-
25 mara se expande del volumen mínimo al volumen máximo. Además
aunque las figuras 1 a 4 ilustran a una máquina de refrigera-
ción, en la que el cilindro se mueve y el pistón es estacio-
nario, es igualmente adecuado mantener el cilindro estaciona-
rio y mover el pistón. De esta manera, el cilindro y el pis-
30 tón necesitan solamente ser hechos moverse en vaivén uno con



relación al otro para utilizar los principios de esta máquina de refrigeración.

5 La figura 5 de los dibujos ilustra una máquina de refrigeración de dos cilindros de acuerdo con esta invención, en la que los cilindros y pistones están situados en relación de oposición. Una base inferior 30 y una base superior 31 están situadas en relación espaciada por medio de unos tirantes 32. Un pistón inferior 33 está montado sobre la base 30 y un pistón superior 34 está montado sobre la base 31. Un cilindro 35 es tubular y está situado para moverse en vaivén de arriba a abajo. El interior del cilindro está dividido por medio de una placa 36, formando con ello una cámara 37 en el lado inferior y una cámara 38 en el lado superior de la placa 36 que divide el cilindro. Estas cámaras están hechas hermeticas a los gases por medio de unos cierres de diafragma rotante 39 que conectan las paredes del pistón y las del cilindro. Unos cilindros de accionamiento 40 están conectados con unos brazos 41 para limitar el movimiento del cilindro 35 cuando una cámara respectiva está siendo agrandada por el gas alimentado a ella a presión. Un regenerador 42 está situado en la cámara 37 y es accionado por un brazo 43 conectado de manera movable al cilindro de accionamiento 44. De manera similar un regenerador 45 en la cámara 38 está conectado a un brazo 46 que es accionado de manera movable por un cilindro 47. El gas es alimentado a presión por un conducto 48, a través de una válvula 49, a la cámara 37 y es retirado de la cámara 37 por un conducto 50 a través de una válvula 51. De manera similar, el gas es alimentado a presión por un conducto 52 a través de una válvula 53 a la cámara 38 y evacuado de dicha cámara por un conducto 54 a través de una válvula 55.

30 Durante el funcionamiento de la máquina de refrigeración



de la figura 5, el gas a presión es alimentado a través del
conducto 48, con la válvula 49 abierta, a la cámara 37, es-
tando la válvula 51 cerrada. Esto hace que el cilindro 35 se
mueva hacia arriba y expanda la cámara 37 al volumen máximo.
5 El cilindro 40 y el brazo 51 limitan parcialmente de manera
conveniente el movimiento del cilindro 35 hacia arriba para
impedir que el gas en la cámara 37 haga un trabajo innecesario
en la cámara y aumente con ello indebidamente la temperatura.
Cuando el cilindro 40 es un cilindro hidráulico, la presión
10 del gas que expande la cámara se convierte en energía de pre-
sión hidráulica en el cilindro 40. Aunque tal acción de limi-
tación no es esencial para el funcionamiento de la máquina,
cuando se emplea resultan un mayor rendimiento y una mejor re-
frigeración. Simultáneamente, el regenerador 42 es hecho mo-
15 verse hacia arriba con el movimiento del cilindro 35. A la vez
que se mueve hacia arriba el cilindro 35, es movido hacia arri-
ba el regenerador 45 en la cámara 38 por medio del cilindro
de accionamiento 47 y el brazo 46. El gas de la cámara 38 es
expulsado por tal movimiento a través del conducto 54 con la
20 válvula 55 abierta y la válvula 53 cerrada. Después de que el
cilindro 35 ha alcanzado su límite superior de desplazamiento
la válvula 49 se cierra y el regenerador 42 es hecho moverse
hacia abajo por el cilindro de accionamiento 44 y el brazo 43.
Entonces se abre la válvula 51 y el gas a presión de la cámara
25 37 es evacuado por la caída de presión a través del conducto
50, haciendo con ello que el regenerador 42 se enfríe a causa
de la expansión del gas. Entonces el cilindro 35 es despla-
zado hacia abajo a su posición baja por medio del gas a pre-
sión que está siendo alimentado por el conducto 52, a través
30 de la válvula 53, a la cámara 38. Los cilindros 40 y los bra-



zos 41 están ajustados para limitar parcialmente el movimiento del cilindro 35 con el fin de reducir al mínimo el trabajo en la cámara. 38, impidiendo con ello que aumente excesivamente la temperatura del gas durante la expansión de la cámara. A medida que el cilindro 35 se mueve hacia abajo, el regenerador 45 es hecho moverse hacia abajo por el cilindro de accionamiento 47 y el brazo 46 hasta que alcanza el máximo desplazamiento hacia abajo. Luego se cierra la válvula 53, se mueve hacia arriba a su límite superior el regenerador 45, se abre la válvula 49 y se cierra la válvula 51 para permitir que el gas a presión entre en la cámara 37, y se abre la válvula 55 de manera que el gas a presión de la cámara 38 pueda ser evacuado a través del conducto 54, haciendo con ello que se enfríe el regenerador 45. El funcionamiento de la válvula descrito puede efectuarse operando manualmente las válvulas y los cilindros de accionamiento. Sin embargo, para un rápido funcionamiento de la máquina se emplearía un sistema automático de control.

Las figuras 6 a 13 ilustran una realización específica de una máquina de refrigeración de esta invención. Mas específicamente, estos dibujos ilustran una máquina que tiene dos pistones en oposición y un cilindro movable del tipo H, tal como la máquina de la figura 5. Por razones de conveniencia, solamente se muestra con detalles en las figuras 6 y 7 la mitad inferior de la máquina, comprendiéndose que una disposición similar de regenerador-cilindro-pistón está situada por encima del aparato de estas figuras para completar la máquina. Sin embargo la máquina podría construirse fácilmente como una unidad de un solo pistón y de un solo cilindro empleando solamente el aparato mostrado en las figuras 6 y 7, y ser operada de la manera mostrada en los dibujos esquemá



5 ticos de las figuras 1 a 4.

5 Con referencia a las figuras 6 y 7, una plataforma 60 es-
tá soportada por unas patas 61,. Una placa 62 de base circular
está montada sobre la plataforma 60. Extendiéndose verticalmente
hacia arriba desde la base 62 y la plataforma 60 hay unos tiran-
tes 63 que están conectados con una base superior similar a la
base 62. Los tirantes 63 mantienen las dos partes de base separa-
das de manera rígida. Montado entre los tirantes hay un cilin-
dro 64 en forma de H. Comprende un miembro tubular metálico alar-
gado 65 que tiene una placa divisora central 66. Una sección 67
10 de pared tubular interna está situada axialmente en el cilindro
64 al igual que lo está la sección 68 de pared tubular de diáme-
tro algo mayor que la parte tubular 67. El diámetro agrandado de
la parte tubular 68 crea un espacio para un cierre hermético de
15 diafragma movable y flexible 69 que está conectado circunferen-
cialmente alrededor del interior de la parte cilíndrica 68 en la
zona 70 por unos pernos 120. El otro extremo del diafragma 69
está conectado en la zona 70 alrededor de la parte periferia cir-
cular del pistón 72 por unos pernos 121. La zona entre las pare-
des interiores 67 y 68 del cilindro y la pared exterior 65 está
20 llena de un material aislante adecuado 73, tal como esponja de
poliuretano.

 Sobre la base 62 está montado con seguridad el pistón 72.
El pistón 72 es esencialmente un tubo alargado metálico cerrado
25 en su extremo superior por unas placas 74 y 74a. El extremo in-
ferior del pistón está parcialmente cerrado por unas placas 75
que se extienden hasta las placas 76 alargadas, verticales y pla-
nas. Las dos placas 76 están situadas paralelas y equidistantes
entre sí, como se muestra claramente en la figura 8. Las placas
30 76 están unidas, tal como por soldadura, a la pared interna del



pistón 72, formando con ello unos pasillos 77 y 78. Estos pasillos proporcionan caminos de paso por los que el gas es transportado al espacio 79 de la cámara, formado por el extremo del pistón y del cilindro. De esta manera, el gas a presión tal como a aproximadamente 3.5 a 105 Kg/cm^2 , se puede transportar a través de espada 80 y a través del pasillo 78 a una válvula esférica de tres vías 82 por medio de una abertura 83 en la placa 76 u otro dispositivo adecuado de control. El gas es evacuado después por la abertura 84 que comunica con la cámara 79. Para vaciar la cámara 79, la válvula 82 es manipulada para cerrar la entrada 83 y abrir la salida 85. El gas es transportado desde la cámara 79 a través de la abertura 84, a través de la salida 85, por el pasillo 77 y sale por la lumbrera de salida 81. La lumbrera de entrada 80 y la lumbrera de salida 81 pueden hacerse del mismo o de diferente tamaño, según convenga. La válvula 82 es manipulada para abrir y cerrar la entrada y las salidas 83 y 85 por medio de una disposición 86 de la cremallera y piñón. La cremallera es obligada a moverse horizontalmente de un lado a otro por los cilindros de accionamiento 87, a los que es transportado un fluido a presión por las tuberías 88. El accionamiento de la válvula 82 está, naturalmente sincronizado para que se abra y se cierre a medida que lo requiera el funcionamiento de la máquina. Esta sincronización puede efectuarse manualmente o por medios de control automáticos.

Situado en la cámara 79 hay un regenerador 90. El movimiento del regenerador en la cámara está dispuesto para ser independiente del movimiento del cilindro 64. Con referencia a las figuras 10 y 11 particularmente, el regenerador 90 tiene una placa superior 91 y una placa inferior 92, cada una de las



5 cuales está construida de manera similar y contiene unas ranuras 93 alargadas y paralelas. Situadas entre las placas 91 y 92 están unas capas alternantes de tela de cobre 94 y de tela de vidrio 95, o de otro material adecuado de acumulación de calor. Incluido en el regenerador está un serpentín 96 de cambio de calor que tiene un conducto de entrada 97 y un conducto de salida 98. Unos espaciadores 99 sirven para mantener separadas las placas 91 y 92 cuando los elementos del regenerador incluidas las capas de tela y de cobre 94 y la tela de vidrio 95, más el serpentín de cambio de calor, están fijados entre sí, tal como por unos pernos 101.

10 Un aislamiento tubulár está situado alrededor de las tuberías 97 y 98. Este aislamiento está compuesto de un tubo exterior de plástico rígido reforzado con fibras de vidrio 102 y un tubo interior de poliuretano 103 u otro aislamiento adecuado como se muestra en las figuras 12 y 13. Los conductos 97 y 98 destinados a hacer circular fluido a través del serpentín de cambio y de calor 96 se extienden a través del tubo aislado de poliuretano 103. La placa 92 está asegurada a los tubos 102 por medios adecuados, tales como una moldadura 104 de pegamento epoxídico. Los tubos 102, si bien pueden ser de otro material adecuado, pasan a través de la placa 74 de la cabeza del pistón en una disposición deslizable. Para impedir el escape de gas, está prevista una disposición de prensaestopas 105 (figura 13) alrededor de los tubos 102. Una empaquetadura 106, tal como de politetrafluoroetileno, sirve para impedir fugas al tiempo que proporciona todavía el movimiento deslizable del tubo 102 a través de la abertura 107 de la placa 74. La posición del prensaestopas 105 por debajo de la placa 74 deberá apreciarse también en relación con la figura 9.



Como se muestra en la figura 7, los dos elementos tubulares 102 se extienden desde el regenerador hasta una barra 108 que mantiene los tubos 102 en relación fija separada. Los extremos de la barra 108 están provistos de unos medios de abrazadera 103, como se ve en la figura 8, para retener de manera desmontable los dos tubos 102 en sus extremos. Una varilla 109 está asegurada a la barra 108 y sobresale hacia abajo hasta que se extiende más allá del extremo inferior del complejo de pistón. Para asegurar la varilla 109 en posición contra movimiento lateral, pero para permitir una acción alternativa vertical, una barra 110 está asegurada de manera fija a las paredes interiores de las dos placas 76. A la barra 110 está asegurado un tubo de guía 111 a través del cual puede moverse de manera deslizable la varilla 109. Accionando la varilla 109 de una manera alternativa vertical se consigue el movimiento alternativo vertical del regenerador 90, así como del serpentín de cambio de calor 96 asociado con él. La varilla 109 puede moverse manualmente, a medida que se requiere, o puede integrarse en un sistema automático para movimiento sincronizado con el movimiento del cilindro de una manera apropiada con arreglo a si el gas está siendo alimentado a la cámara 79 o está siendo expulsado de la misma.

El extremo de trabajo del pistón está cerrado por tres segmentos de placa dos de los cuales, las 74 a, sirven para bloquear los extremos de los pasillos 77 y 78 y el otro, de los cuales el 74, bloquea la zona entre las dos placas 76 y la pared del cilindro. Esta placa central 74 tiene unas pestañas periféricas, dando de ésta manera una estructura cóncava o del tipo de plato, y está, por consiguiente, situada entre las dos placas 76 y la pared del pistón para bloquear



esa parte del extremo de trabajo del pistón. Asegurando esa placa de manera desmontable, puede obtenerse un acceso fácil al interior del pistón, tal como para el caso en que fuera conveniente hacer cualquier ajuste de la válvula 82.

5 La varilla 109, que provoca el movimiento del regenerador 90, está conectada al cilindro de accionamiento 122 para efectuar el movimiento de éste. El movimiento del cilindro 64 es limitado parcialmente por los brazos 120 que están conectados a los cilindros de accionamiento 121. Si se desea, la potencia
10 derivada de esta acción de limitación puede recuperarse para reducir el requisito de potencia total para hacer funcionar la máquina. De este modo, haciendo los cilindros 121 como cilindros hidráulicos, la energía de expansión del gas en la cámara
15 79 puede ser convertida ampliamente en energía de presión hidráulica. El fluido hidráulico puede ser bombeado desde un acumulador de baja presión a un acumulador de alta presión. Puede recuperarse un trabajo útil durante el paso del acumulador de alta presión al acumulador de baja presión. Esto puede efectuarse haciendo pasar el líquido hidráulico a través de un motor o
20 turbina hidráulicos.

 Para cerrar herméticamente el diafragma rodante 69 contra el interior del cilindro y contra el exterior del pistón, puede utilizarse en unión con pernos unos aros adecuados de cierre hermético para efectuar un cierre hermético a los gases. Sin
25 embargo, si es conveniente el diafragma rodante puede reemplazarse por un cierre hermético de aro de pistón convencional. Es ventajoso, sin embargo, emplear el diafragma rodante. Entre estas ventajas está la eliminación de estrechas tolerancias para el pistón y el cilindro. Esto efectúa una reducción considerable del coste y, por consiguiente, es la estructura preferida.
30



Para cerrar herméticamente el diafragma rodante 69 contra el interior del cilindro y contra el exterior del pistón puede utilizarse en unión con pernos unos aros adecuados de cierre hermético para efectuar un cierre hermético a los gases. Sin embargo, si es conveniente el diafragma rodante puede reemplazarse por un cierre hermético de aro de pistón convencional. Es ventajoso, sin embargo, emplear el diafragma rodante. Entre estas ventajas está la eliminación de estrechas tolerancias para el pistón y el cilindro. Esto efectúa una reducción considerable del coste y, consiguientemente la estructura preferida.

Los extremos inferiores de los tubos 97 y 98 que alimentan fluido a y desde el serpentín de cambio de calor 96 sobresalen por debajo de la parte baja del pistón y en tal lugar están hechos de un material flexible de manera que se puedan doblar hacia arriba y hacia abajo a causa del desplazamiento del regenerador en la cámara.79. Sin embargo, se mantiene una tensión moderada sobre los tubos 97 y 98 por medio de unos resortes 123 fijados a los tubos y asegurados en el extremo inferior a unas ménsulas 124 situadas sobre la parte baja del pistón.

El funcionamiento de la máquina descrito con referencia a las figuras 6 a 13 es similar a las operaciones ya descritas con relación a las figuras 1 a 5. Por tanto, con referencia a las figuras 6 a 7, el gas a presión es alimentado a través de lumbrera 80, el pasillo 78 y la entrada 83 a la válvula 82 y desde allí se dirige a la cámara 79. La presión del gas, con o sin limitación por parte de los cilindros de accionamiento 121 y los brazos de conexión 120, eleva el cilindro 64. Simultáneamente, el brazo 109 es accionado para elevar el regenera-



dor 90. Una vez que el cilindro y el regenerador han alcanzado su posición más alta, el regenerador 90 es bajado por medio del brazo 109 hasta que está aproximadamente junto a la parte alta del pistón. Entonces, la válvula 82 es accionada para cerrar
5 la entrada 83 y abrir la salida 85. Como resultado, el gas a presión de la cámara 79 es evacuado por la salida 85 a través del pasillo 77 y sale por la lumbrera 81. Entonces, el cilindro 64 es bajado para expulsar el gas residual de la cámara 79. Por la expansión del gas a presión desde la cámara 79, a través del
10 regenerador 90 se efectúa un enfriamiento que sirve para enfriar el serpentín de cambio de calor 96 que, a su vez enfría un fluido que está circulando a su través por medio de los tubos 97 y 98. El ciclo se repite luego para efectuar otro enfriamiento. Naturalmente mientras está teniendo lugar el funcionamiento des-
15 crito en el cilindro más bajo, el cilindro más alto está también funcionando en cooperación con el pistón superior para efectuar un enfriamiento de la misma manera.

La máquina de refrigeración de este invento tiene características no encontradas previamente en otras máquinas. Entre
20 éstas están la regulación de tiempo independiente de cada operación o sección de ciclo con relación a las otras operaciones. De este modo, el agrandamiento de la cámara por el gas alimentado a ella puede regularse para que tenga lugar durante cualquier período considerado adecuado. El movimiento del regenerador y la evacuación del gas pueden también sincronizarse, como
25 se desee con independencia de la regulación del tiempo de la operación de expansión de la cámara. La máquina también tiene una relación reducción infinita. Además la máquina permite la programación de sucesos mecánicos y termodinámicos en sucesión
30 independientemente entre sí.



Pueden hacerse diversos cambios y modificaciones de la invención y en la medida en que tales variaciones incorporen el espíritu de la invención, se pretende que queden incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

5 La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 23 de Febrero de 1.966, bajo el núm. 529.457, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

N O T A

10 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:

15 1.- Una máquina de refrigeración que tiene un pistón y un cilindro que se mueven en vaivén uno con relación al otro, definiendo dicho pistón, y dicho cilindro una cámara cerrada para retener gas dotada de un regenerador permeable al gas, siendo la cámara de volumen variable de un volumen mínimo a un volumen máximo, unos medios que comprenden una lumbrera de entrada para suministrar gas a presión a dicha cámara para expandir la cámara de un volumen mínimo a un volumen máximo, al ser efectuado un desplazamiento del pistón con relación al cilindro por dicho gas, unos medios para mover en regenerador con el movimiento del pistón y del cilindro uno con relación al otro para situar el regenerador cerca de un extremo de dicha cámara a volumen máximo, unos medios para mover el regene-

20

25



rador desde dicho extremo de la cámara hacia el otro extremo de la cámara sin movimiento relativo sustancial del pistón y del cilindro mientras la cámara contiene dicho gas a presión, unos medios que cierran la lumbrera de entrada cuando el regenerador está en dicho otro extremo, unos medios que comprenden una lumbrera de salida aguas abajo del regenerador que se abre cuando dicho regenerador está en dicho otro extremo de la cámara para liberar el gas de dicha cámara a través de la lumbrera de salida a una presión más baja, enfriando con ello el regenerador a medida que el gas en expansión fluye precipitadamente a su través y sale por la lumbrera de salida, unos medios para desplazar el pistón con relación al cilindro, sin movimiento sustancial del regenerador, para reducir la cámara al volumen mínimo y expulsar el gas frío residual a través del regenerador y por la lumbrera de salida, y unos medios que cierran la lumbrera de salida y abren la lumbrera de entrada para suministrar gas a la cámara para expandirla desde un volumen mínimo a un volumen máximo seguido por la repetición de los ciclos de trabajo.

20 2.- Una máquina de refrigeración que tiene un pistón y un cilindro que se mueven en vaivén uno con relación al otro, definiendo dicho pistón y dicho cilindro una cámara cerrada para retener gas dotada de un regenerador permeable al gas, siendo la cámara de volumen variable de un volumen mínimo a un
25 volumen máximo, Unos medios que comprenden una lumbrera de entrada para suministrar gas a presión a dicha cámara con el fin de expandir la cámara de un volumen mínimo a un volumen máximo al ser efectuado el desplazamiento del pistón con relación al cilindro por dicho gas a velocidad sustancialmente constante,
30 unos medios para mover el regenerador a velocidad sustancial-



mente constante y casi simultáneamente con el movimiento del pistón y del cilindro uno con relación al otro para situar el regenerador cerca de un extremo de dicha cámara a volumen máximo., unos medios para mover el regenerador a velocidad sustancialmente constante desde dicho extremo de la cámara hacia el otro extremo de la cámara sin movimiento relativo sustancial del pistón y del cilindro mientras la cámara contiene dicho gas a presión, unos medios que cierran la lumbrera de entrada cuando el regenerador está en dicho otro extremo, unos medios que comprenden una lumbrera de salida aguas abajo del regenerador que se abre cuando dicho regenerador está en dicho otro extremo de la cámara para liberar el gas de dicha cámara a través de la lumbrera de salida a una presión más baja, enfriando con ello el regenerador a medida que el gas en expansión fluye precipitadamente a su través y sale por la lumbrera de salida, unos medios para desplazar el pistón con relación al cilindro sin movimiento sustancial del regenerador, para reducir la cámara al volumen mínimo y expulsar el gas frío residual a través del regenerador y por la lumbrera de salida, y unos medios que cierran la lumbrera de salida y abren la lumbrera de entrada para suministrar el gas a la cámara con el fin de expandirla desde un volumen mínimo a un volumen máximo seguido por la repetición de los ciclos de trabajo.

3.- La máquina de refrigeración según la reivindicación 1, en la que el regenerador tiene medios de superficie de cambio de calor para hacer circular un fluido a su través con el fin de enfriar el fluido.

4.- La máquina de refrigeración según la reivindicación 1, en la que la cámara está cerrada herméticamente contra fugas de gas por un diafragma flexible rodante entre el interior



del cilindro y la pared del pistón.

5.- La máquina de refrigeración de la reivindicación 1, en la que el pistón tiene unos medios de paso para entregar gas a y desde la cámara.

5 6.- La máquina de refrigeración de la reivindicación 2, en la que el pistón tiene unos medios de paso de entrada para entregar gas a presión desde una reserva exterior a la cámara y unos medios de paso de salida para entregar gas desde la cámara a presión a reducida, y unos medios de control de válvula para bloquear el paso de salida cuando el gas está siendo entregando a la cámara y para bloquear el paso de entrada cuando el gas está siendo expulsado de la cámara.

10 7.- La máquina de refrigeración de la reivindicación 3, en la que una tubería de entrega y una tubería de retorno están situadas en el pistón y se extienden desde él para hacer circular el fluido desde una fuente a su través del serpentín.

15 8.- La máquina de refrigeración de la reivindicación 2, en la que el pistón está estacionario y el cilindro y el regenerador se mueven en vaivén independientemente en respuesta a los medios de accionamiento del control de posición.

20 9.- La máquina de refrigeración de la reivindicación 1, que tiene unos medios hidráulicos externos independientes para mover el regenerador en la cámara, y para mover el pistón y el cilindro uno con relación al otro,

25 10.- La máquina de refrigeración de la reivindicación 1, en la que el regenerador está conectado a un miembro de accionamiento que se extiende desde la cámara para mover el regenerador de un lado a otro y es maniobrable desde el exterior.

30 11.- La máquina de refrigeración de la reivindicación 6, en la que la válvula es una válvula de tres vías situadas



en el extremo del pistón junto a la cámara.

12.- Una máquina de refrigeración que tiene dos pistones opuestos en un cilindro de forma de M que se mueve en vaivén con relación a los pistones, definiendo cada pistón y el cilindro una cámara cerrada para retener gas dotada de un regenerador permeable al gas, siendo cada cámara de volumen variable desde un volumen mínimo a un volumen máximo, estando una de dichas cámaras a volumen mínimo cuando la otra cámara está a volumen máximo, unos medios que comprende una lumbrera de entrada para suministrar gas a presión a cada una de las cámaras con el fin de expandir la cámara desde un volumen mínimo a un volumen máximo al ser efectuado el desplazamiento del cilindro con relación al pistón por dicho gas, unos medios para mover el regenerador con el movimiento del pistón y del cilindro uno con relación al otro para situar el regenerador cerca de un extremo de cada cámara a volumen máximo, unos medios para mover el regenerador a velocidad sustancialmente constante desde dicho extremo de cada cámara hacia el otro extremo de la cámara sin movimiento importante del pistón y del cilindro mientras la cámara contiene dicho gas a presión, unos medios que cierran a la lumbrera de entrada cuando el regenerador está en dicho otro extremo, unos medios que comprenden una lumbrera de salida aguas abajo del regenerador, que se abre cuando dicho regenerador está en dicho otro extremo de la cámara para liberar el gas de dicha cámara a través de la lumbrera de salida a una presión más baja, enfriando con ello el regenerador a medida que el gas en expansión fluye precipitadamente a su través y sale por la lumbrera de salida, unos medios para desplazar el cilindro con relación al pistón, sin movimiento sustancial del regenerador en la cámara, para reducir la cámara al volumen mínimo y expulsar el gas frío re-



22

5 sidual a través del regenerador y la lumbrera de salida, y unos medios que cierran la lumbrera de salida y abren la lumbrera de entrada para suministrar gas a cada cámara con el fin de expandirla desde un volumen mínimo a un volumen máximo seguido por la repetición de los ciclos de trabajo.

10 13.- Una máquina de refrigeración que tiene una cámara cerrada de volumen variable formada por un pistón y un cilindro y destinada a recibir y descargar gas, un regenerador movible en la cámara, unos medios para efectuar el movimiento en vaivén esencialmente no armónico del pistón con relación al cilindro para cambiar el volumen de la cámara desde un volumen mínimo a un volumen máximo, y unos medios para efectuar el movimiento en vaivén esencialmente no armónico del regenerador en la cámara.

15 14.- Una máquina de refrigeración según la reivindicación 13, en la que el movimiento en vaivén del pistón con relación es efectuado por los medios a velocidad sustancialmente constante, y el movimiento del regenerador es efectuado por los medios a velocidad sustancialmente constante.

20 15.- Una máquina de refrigeración según la reivindicación 1, que tiene medios para limitar parcialmente el movimiento del cilindro con relación al pistón cuando la cámara está siendo agrandada desde un volumen mínimo a un volumen máximo por el gas suministrado a ella a presión.

25 16.- Una máquina de refrigeración según la reivindicación 15, en la que la potencia procedente de los medios de limitación se recuperan para reducir el requisito de potencia total para hacer funcionar la máquina.

17.- Una máquina de refrigeración.

30 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede representado en los dibujos que se acompañan y para los fi-



nes que se han especificado.

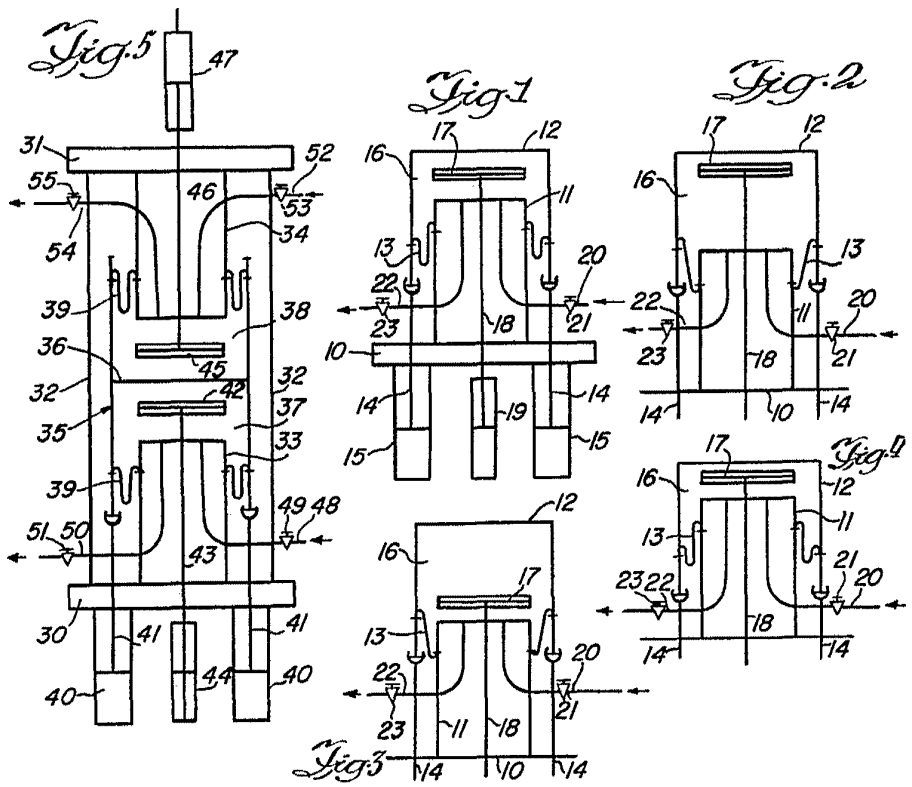
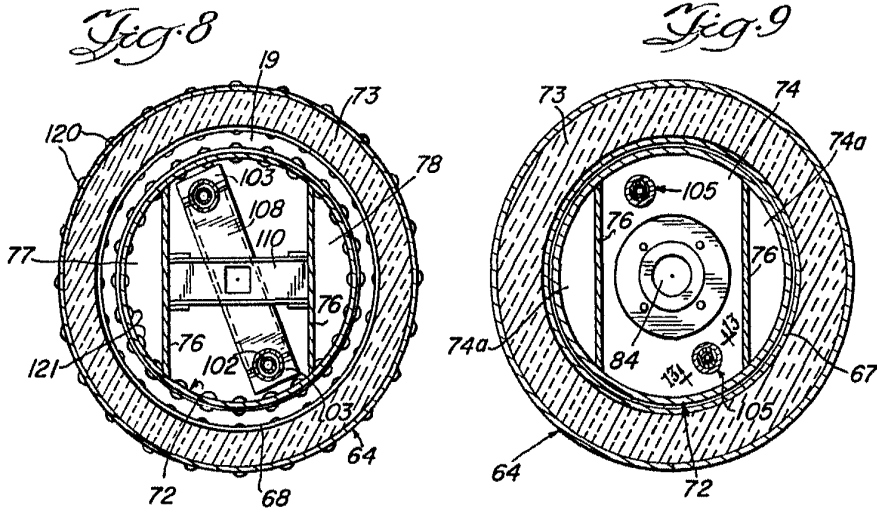
Esta Memoria consta de veintiseis hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

P.A.

Alto.

334504



W. S.

334504

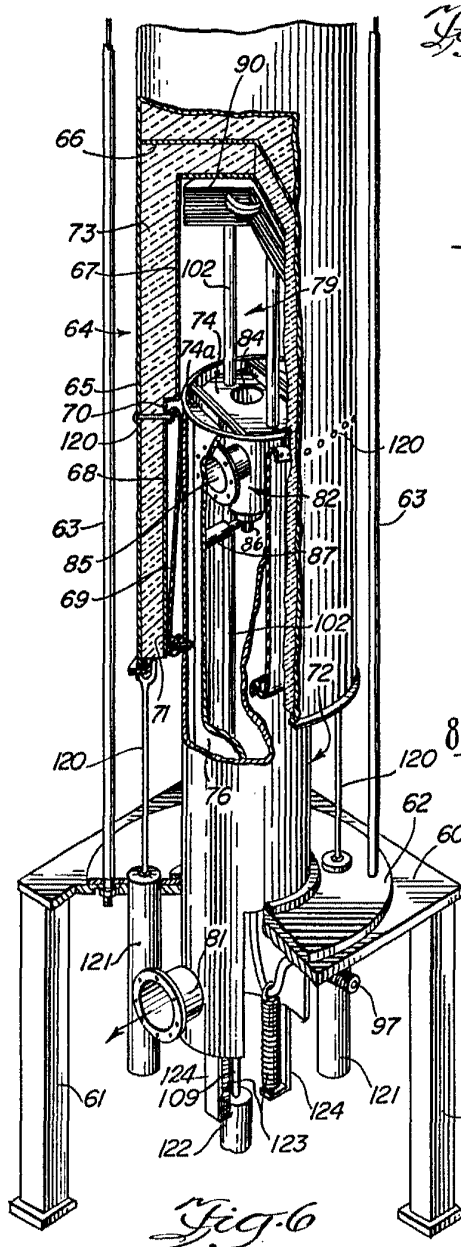


Fig. 6

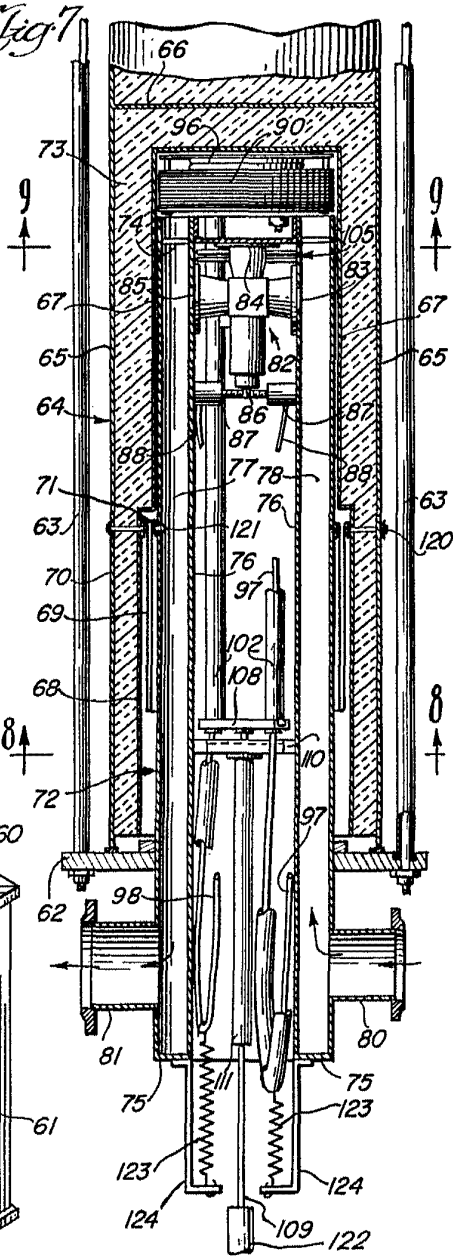


Fig. 7

Handwritten signature or initials

334504

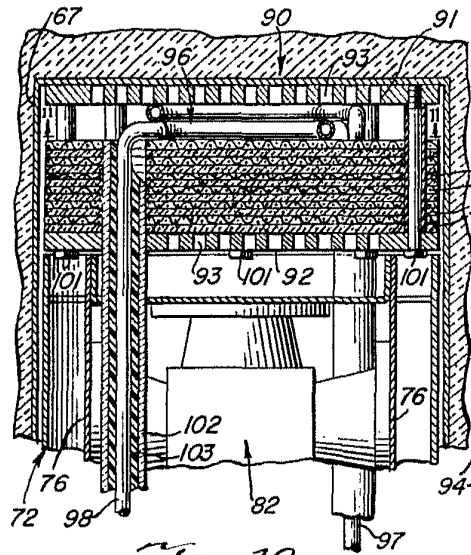


Fig. 10

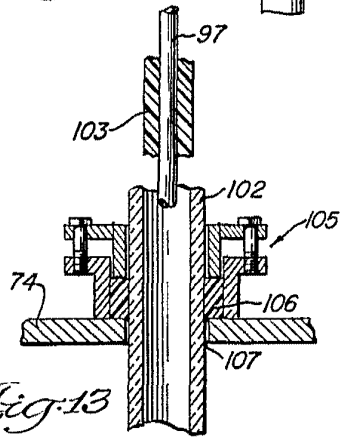
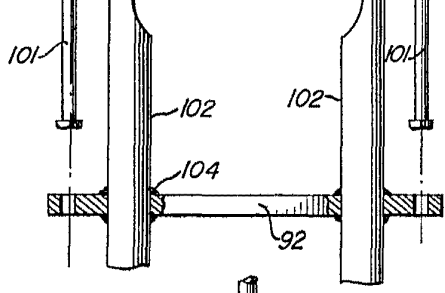
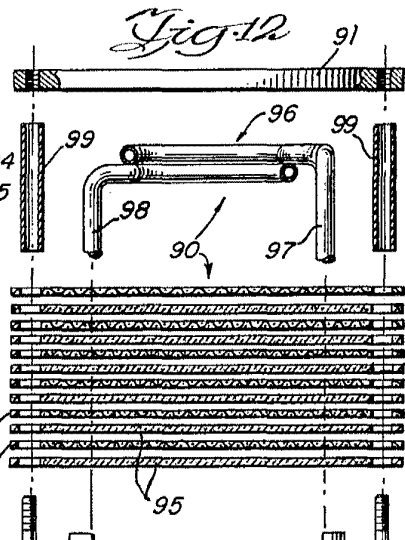


Fig. 13

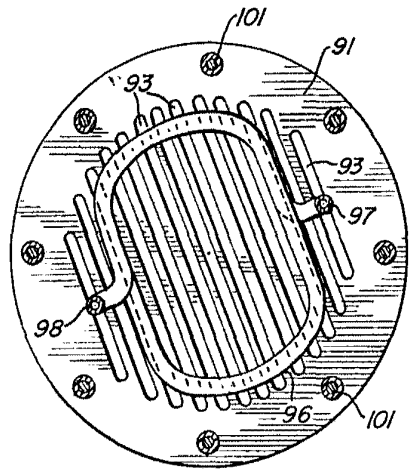


Fig. 11

Wm