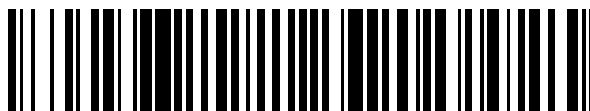


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 302**

51 Int. Cl.:

F01B 7/16 (2006.01)

F04B 25/00 (2006.01)

F25B 9/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.07.2013** **PCT/EP2013/065786**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.02.2014** **WO14023586**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2013** **E 13741768 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018** **EP 2882935**

54 Título: **Dispositivo para comprimir un fluido gaseoso**

30 Prioridad:

09.08.2012 FR 1257738

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

28.02.2019

73 Titular/es:

BOOSTHEAT (100.0%)
41 et 47 Boulevard Marcel Sembat
69200 Vénissieux, FR

72 Inventor/es:

JOFFROY, JEAN-MARC

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 702 302 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para comprimir un fluido gaseoso

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a dispositivos para comprimir un fluido gaseoso, y en particular se refiere a compresores regenerativos accionados por calor.

10 **Estado de la técnica**

Ya existen múltiples soluciones técnicas para comprimir un gas utilizando una fuente de calor.

15 En los compresores regenerativos accionados por calor, tales como los descritos en los documentos US2.157.229 y US3.413.815, el calor recibido se transmite directamente al fluido a comprimir, lo que elimina la necesidad de cualquier elemento mecánico para las etapas de compresión y de descarga.

20 En los documentos US2.157.229 y US3.413.815, un pistón de desplazamiento está montado de forma móvil en una carcasa y desplaza el fluido alternativamente hacia los medios de calentamiento o hacia los medios de enfriamiento. Este pistón de desplazamiento está unido a un vástago de control, que está conectada a un mecanismo de control.

25 Estos dispositivos están diseñados como sistemas de una sola etapa, lo que limita la velocidad de compresión a valores bajos o moderados. Para ciertas aplicaciones de compresión que requieren una velocidad de compresión significativa, es necesario multiplicar el número de compresores de una etapa (colocando dos, tres o cuatro en serie), y configurar una sincronización mecánica entre los mecanismos de control de las distintas etapas. Esto aumenta el coste y la complejidad de la implementación real, así como las pérdidas mecánicas debido al mayor número de elementos mecánicos. Además, existe un riesgo de fallo en el sellado hermético para cada etapa, como resultado de la presencia del mecanismo de sincronización.

30 Hay una necesidad de optimización de tales compresores accionados por calor de múltiples etapas, en particular, su arquitectura. En particular, sería útil ofrecer un compresor de una, dos o cuatro etapas, basado en una arquitectura modular con componentes comunes.

35 Existe también una necesidad de aumentar la vida útil y/o reducir la necesidad de mantenimiento, sobre todo en el mecanismo de accionamiento.

Objeto de la invención

Para este fin, se propone un dispositivo para comprimir fluidos gaseosos, que comprende:

- 40
- una entrada para el fluido gaseoso a comprimir y una salida para el fluido gaseoso comprimido,
 - una carcasa principal cilíndrica que contiene el fluido gaseoso,
 - al menos una primera cámara, acoplada térmicamente a una fuente de calor adaptada para agregar energía térmica al fluido gaseoso,
 - 45 - al menos una segunda cámara, acoplada térmicamente a una fuente de frío para transferir energía térmica desde el fluido gaseoso a la fuente de frío,
 - al menos un conjunto de pistón montado en un manguito cilíndrico para moverse en una dirección axial y separar la primera cámara y la segunda cámara dentro de dicha carcasa principal,
 - al menos un intercambiador de calor regenerativo dispuesto circunferencialmente alrededor del manguito y que
 - 50 establece una comunicación fluida entre la primera y la segunda cámaras por medio de al menos una primera línea de comunicación,

comprendiendo la primera cámara al menos un primer paso de comunicación dispuesto en un primer extremo de la carcasa y conectado a la primera línea de comunicación, comprendiendo la segunda cámara al menos un segundo

55 paso de comunicación dispuesto en un segundo extremo de la carcasa y conectado a la primera comunicación la línea, la primera cámara, la segunda cámara y la primera línea de comunicación, formando una primera etapa de compresión; en el que el dispositivo comprende una pluralidad de tercer y cuarto pasos en forma de puertos dispuestos en una porción intermedia de la carcasa entre el primer y segundo extremos, estando la pluralidad de tercer y cuarto pasos preestablecidos para la conexión fluida de la tercera y cuarta cámaras que posiblemente están

60 dispuestas en la carcasa principal entre la primera y segunda cámaras.

Mediante estas disposiciones, un compresor con dos etapas de compresión puede obtenerse fácilmente a partir de un compresor de este tipo de una sola etapa.

65 En un aspecto de la invención, el dispositivo puede comprender adicionalmente, dentro de la misma carcasa principal, dichas tercera y cuarta cámaras y un primer divisor fijo que separa las tercera y cuarta cámaras, el

conjunto de pistón comprende un primer y segundo pistones conectados entre sí por un vástago y dispuesto a cada lado del divisor fijo, al menos una segunda línea de comunicación que establece una comunicación entre la tercera y cuarta cámaras a través del regenerador, formando la tercera cámara, la cuarta cámara y la segunda línea de comunicación una segunda etapa de compresión, funcionalmente colocada en serie detrás de la primera etapa; de tal manera que se obtenga un compresor de dos etapas que es particularmente adecuado para un buen rendimiento de calor y para optimizar la sincronización entre las dos etapas.

En diversas realizaciones de la invención, pueden utilizarse una o más de las siguientes disposiciones.

En un aspecto de la invención, el regenerador puede comprender al menos dos secciones de anillo del regenerador, independientes entre sí, formando el conjunto de secciones de anillo un anillo dispuesto alrededor del cilindro, cerca del primer divisor fijo; esta es una ubicación particularmente optimizada para organizar la función de regeneración.

En otro aspecto de la invención, el dispositivo puede comprender N etapas, eligiéndose N de entre un conjunto de valores incluyendo 2, 3, 4, 6, 8, en el que el regenerador está dividido en N secciones de anillo, teniendo cada una un arco de $360^\circ/N$, independientes entre sí; de modo que la modularidad está asegurada a partir de un compresor básico de una sola etapa.

En un aspecto de la invención, el dispositivo puede comprender adicionalmente la tercera y cuarta etapas ($N = 4$), comprendiendo la tercera etapa una cámara de calor, una cámara de frío, y una tercera línea de comunicación, comprendiendo la cuarta etapa una cámara de calor, una cámara de frío, y una cuarta línea de comunicación; de tal manera que un compresor de cuatro etapas se puede obtener de forma modular, con una arquitectura similar a la del compresor de dos etapas.

En otro aspecto de la invención, las cámaras de la cuarta etapa se pueden insertar entre las cámaras de la tercera etapa, estando esta última insertada entre las cámaras de la segunda etapa, y estando estas últimas insertadas entre las cámaras de la primera etapa; por medio del cual se obtiene una disposición particularmente adecuada para instalar cuatro etapas en un solo cilindro y, en particular, para optimizar el aislamiento térmico.

En otro aspecto de la invención, el dispositivo puede comprender adicionalmente un sistema para el accionamiento del conjunto de pistón que comprende una cámara auxiliar, un vástago fijado al conjunto de pistón y axialmente guiado, una biela conectada al vástago, y un volante de inercia conectado a la biela, por medio del cual el movimiento hacia atrás y hacia adelante del conjunto del pistón puede ser autosostenido mediante dicho sistema de accionamiento.

En otro aspecto de la invención, la primera línea de comunicación y/o la segunda línea de comunicación y/o la tercera o cuarta línea de comunicación puede comprender al menos una porción externa dispuesta en la respectiva vecindad inmediata de las fuentes de calor y/o frío, entre el regenerador y al menos uno de los extremos de la carcasa; de tal manera que los intercambios de calor se maximizan para cada línea de comunicación.

En otro aspecto de la invención, la segunda línea de comunicación y/o la tercera o cuarta línea de comunicación comprende un orificio en el que se inserta un núcleo disimétrico, lo que la porción externa con acoplamiento térmico maximizado es fácil de crear industrialmente.

Por último, la invención también se refiere a un sistema térmico que comprende un circuito de transferencia de calor y un dispositivo de compresión como se describe anteriormente. El sistema térmico en cuestión puede estar destinado a eliminar la energía térmica de una ubicación cerrada y, en tal caso, es un sistema de enfriamiento o refrigeración, pero el sistema térmico en cuestión puede estar destinado a agregar energía térmica a una ubicación cerrada y, en cuyo caso es un sistema de calentamiento tal como calentamiento residencial o calentamiento industrial, por ejemplo.

Descripción de las figuras

Otras características, aspectos y ventajas de la invención se comprenderán mejor a partir de la lectura de la siguiente descripción de una realización de la invención, proporcionada como un ejemplo no limitativo. La invención también se entenderá mejor a partir de los dibujos adjuntos, en los cuales:

- La figura 1 es una vista esquemática en sección transversal axial de un dispositivo de compresión de fluido gaseoso de la invención, con dos etapas de compresión,
- La figura 2 representa una vista esquemática en sección transversal del dispositivo en la figura 1,
- Las figuras 3a y 3b son vistas en sección transversal axial esquemática de un dispositivo de compresión de fluido gaseoso de la invención, con cuatro etapas de compresión,
- La figura 4 representa una vista en sección transversal del dispositivo de la figura 3,
- La figura 5 es una vista esquemática en sección transversal axial de un dispositivo de compresión de fluido gaseoso de la invención, con una etapa de compresión,
- La figura 6 representa una vista en sección transversal del dispositivo de la figura 5,

- La figura 7 muestra un diagrama del ciclo termodinámico realizado en un dispositivo de cuatro etapas,
- La figura 8 representa un diagrama del ciclo para el dispositivo de accionamiento autosostenido,
- La figura 9 representa un cilindro compresor que puede alojar una configuración de compresor con una, dos o cuatro etapas de compresión,
- La figura 10 muestra un dispositivo de accionamiento autosostenido,
- La figura 11 muestra una variante de realización del aparato de la figura 3, y
- Las figuras 12, 12A, 12B, 12C muestran vistas detalladas de las líneas de comunicación de las realizaciones.

En las diferentes figuras, los mismos números de referencia usan para indicar elementos iguales o similares.

Descripción detallada de la invención

La figura 1 muestra un dispositivo **1** para comprimir un fluido gaseoso, adaptado para admitir un fluido gaseoso (también llamado "fluido de trabajo") por una entrada o toma **81**, a una presión **P1**, y para suministrar el fluido comprimido a una presión **P2** desde una salida **82**.

En el ejemplo ilustrado en la figura 1, el dispositivo de compresión comprende dos etapas de compresión, pero en la presente invención un dispositivo con una sola etapa o con cuatro etapas puede obtenerse fácilmente a partir de la misma arquitectura, como se verá a continuación.

El dispositivo está dispuesto preferentemente verticalmente a lo largo de un eje **Z**, y tiene una carcasa principal **2** que generalmente es de forma cilíndrica con un eje **Z**. En el ejemplo ilustrado, el dispositivo comprende una porción caliente **16** dispuesta en la región superior y una porción fría **15** dispuesta en la región inferior. La porción caliente está acoplada térmicamente a una fuente de calor **6**, que preferiblemente está dispuesta adyacente a la porción caliente **16** de la carcasa principal, para proporcionar energía térmica a la porción caliente del dispositivo.

De manera similar, la porción fría está acoplada térmicamente a una fuente de frío **5** para eliminar energía térmica de la porción fría del dispositivo. La fuente de frío puede estar dispuesta, por ejemplo, adyacente a la porción fría **15** de la carcasa principal **2** o de cualquier otra manera que establezca un buen acoplamiento térmico.

Al menos un conjunto de pistón **7** está ubicado dentro de la carcasa principal **2**, montado en un manguito **50** (o "cilindro") para moverse en la dirección axial **Z**. El manguito **50** es cilíndrico con el eje **Z** y tiene un diámetro menor que el diámetro de la carcasa principal **2**.

En el ejemplo de dos etapas en la figura 1, el conjunto de pistón **7** comprende un primer pistón **71** y un segundo pistón **72** conectados entre sí por un vástago **8**. Entre los dos pistones **71**, **72** está dispuesto un divisor fijo **61** ubicado a media altura entre un extremo superior **2b** de la carcasa **2** y un extremo inferior **2a** de la carcasa **2**. El divisor fijo **61** proporciona aislamiento térmico entre las porciones caliente **16** y fría **15**. Un anillo **18** rodea el vástago para suministrar las funciones de guiado y estanqueidad al fluido. El vástago **8** se acciona en un movimiento alternativo hacia adelante y hacia atrás mediante un dispositivo de accionamiento que no está representado en las figuras 1, 3a, 3b, aunque a continuación se describirá una de sus posibles realizaciones.

Para la porción fría **15**, una primera cámara de trabajo en frío **E11** se define así entre el primer pistón **71** y el extremo inferior de la carcasa **2a**.

Para la porción caliente **16**, una segunda cámara de trabajo en caliente **E12** se define entre el segundo pistón **72** y el extremo superior de la carcasa **2b**.

Una primera línea de comunicación **F1** conecta, fuera del manguito, la primera cámara **E11** con la segunda cámara **E12** a través de un intercambiador de calor regenerativo **9** que también se llamará de una manera más simple regenerador a continuación.

De esta manera, la primera cámara **E11**, la segunda cámara **E12**, y la primera línea de comunicación **F1** forman un conjunto llamado la primera etapa de compresión **E1**, que tiene una presión interna **PE1** que es sustancialmente homogénea.

Además, una tercera cámara de trabajo **E21**, en el lado frío, se define entre el primer pistón **71** y el divisor fijo **61**, y una cuarta cámara de trabajo **E22** en el lado caliente está definida entre el segundo pistón **72** y el divisor fijo **61**. Una segunda línea de comunicación **F2** conecta, fuera del manguito, la tercera cámara **E21** con la cuarta cámara **E22** a través de otra parte del regenerador **9**.

De esta manera, la tercera cámara **E21**, la cuarta cámara **E22**, y la segunda línea de comunicación **F2** forman un conjunto llamado la segunda etapa de compresión **E2**, que tiene una presión interna **PE2** que es sustancialmente homogénea.

Nótese que las cámaras **E21**, **E22** de la segunda etapa **E2** se insertan entre las cámaras **E11**, **E12** de la primera

etapa **E1**.

Más particularmente, el segundo pistón 72 aísla las cámaras de trabajo en caliente E12, E22, mientras que el primer pistón 71 aísla las cámaras de trabajo en frío E11, E21, pero con la adición de una válvula de retención **3a**, que sirve como un paso de una sola vía entre la primera etapa E1 y la segunda etapa E2, estando la segunda etapa E2 colocada funcionalmente en serie detrás de la primera etapa E1.

Cuando el conjunto de pistón **7** se mueve hacia arriba, el volumen de las cámaras E21 y E12 después disminuye, mientras que el volumen de las cámaras E11 y E22 aumenta. La primera línea de comunicación F1 hace que el fluido pase al regenerador de arriba a abajo, mientras que la segunda línea de comunicación F2 hace que el fluido pase de abajo a arriba a otra parte del regenerador, como se verá más adelante.

En cuanto a la regenerador **9**, está dispuesto alrededor del manguito **50** en una mitad de la altura entre el extremo superior **2b** y el extremo inferior **2a** de la carcasa. Preferiblemente, dicho regenerador 9 está dispuesto a media altura en la carcasa, y se extiende hasta una altura que, por ejemplo, puede estar, pero no necesariamente, cerca del espesor del divisor fijo **61**.

Dicho regenerador 9 comprende tubos internos **90** y elementos de almacenamiento de energía térmica, en forma de elementos discretos o continuos, por ejemplo, una rejilla de alambres metálicos.

El regenerador 9 comprende una interfaz caliente **9b** a la que se conectan las porciones calientes de la primera y segunda líneas F1, F2, y una interfaz de fría **9a** para que las porciones frías de la primera y segunda líneas F1, F2 estén conectadas.

Además, el regenerador **9** está dividido en varias secciones de anillo dispuestas circunferencialmente una tras otra para formar un anillo de eje Z alrededor del manguito **50**.

Como se representa en particular en la figura 2, para la versión de dos etapas, una o más secciones de anillo serán parte de la primera etapa de compresión **E1**, mientras que uno o más secciones complementarias serán parte de la segunda etapa de compresión **E2**.

En el ejemplo representado aquí, el regenerador **9** está dividido en cuatro partes o secciones en forma de secciones de cuartos **31-34**, extendiéndose cada una sobre un arco de aproximadamente 90°. Las secciones 31, 32 forman una primera porción de regenerador 91 y forman parte de la primera etapa de compresión y están conectadas a la primera línea de comunicación F1, mientras que las secciones 33, 34 forman una segunda porción de regenerador 92 y forman parte de la segunda etapa de compresión y están conectadas a la segunda línea de comunicación F2.

El regenerador se distribuye así entre una porción dedicada a la primera etapa y una segunda porción dedicada a la segunda etapa, desplazándose el fluido que a atraviesa la primera porción en la dirección opuesta del fluido que atraviesa la segunda porción.

Las secciones de anillo de regenerador **31-34** son físicamente independientes y no están conectadas directamente entre sí mediante comunicaciones fluidas. Dichas secciones pueden ser todas idénticas y formar un componente estándar.

Para la primera etapa, la primera cámara E11 comprende un primer paso de comunicación **51** dispuesto cerca del primer extremo **2a**; dicho primer paso está conectado a la primera línea de comunicación F1, en particular, a la porción fría de esta línea. La segunda cámara E12 comprende un segundo paso de comunicación **52** dispuesto cerca del segundo extremo 2b; dicho segundo paso **52** está conectado a la primera línea de comunicación F1, en particular, a la porción caliente de esta línea.

Para la segunda etapa, la tercera cámara E21 comprende un tercer paso de comunicación **53** dispuesto cerca del divisor 61; dicho tercer paso 53 está conectado a la segunda línea de comunicación F2, en particular, a la porción fría de esta línea. La cuarta cámara E22 comprende un cuarto paso de comunicación **54** dispuesto cerca del divisor 61; dicho cuarto paso 54 está conectado a la segunda línea de comunicación F2, en particular, a la porción caliente de esta línea.

Hay que señalar que la entrada **81** está conectada a la primera línea de comunicación F1 a través de la válvula 81a, mientras que la salida **82** está conectada a la segunda línea de comunicación F2 a través de la válvula 82a.

Las figuras 3a, 3b y 4 representan una configuración de compresión con cuatro etapas dispuestas en serie, construidas sobre la misma arquitectura que la descrita anteriormente.

En esta configuración, el dispositivo comprende una primera etapa de compresión **E1** que comprende una cámara de frío E11 dispuesta en la porción fría 15 del compresor y una cámara de calor E12 dispuesta en la porción caliente 16, estando conectadas dichas cámaras E11, E12 entre sí por una primera línea de comunicación **F1**. De manera

similar a la configuración de dos etapas, el dispositivo comprende una segunda etapa de compresión designada como **E2**, que comprende una cámara de frío E21 dispuesta en la porción fría y una cámara de calor E22 en la porción caliente, estando conectadas dichas cámaras E21, E22 por una segunda línea de comunicación **F2**. La segunda línea de comunicación F2 está conectada a la cámara de frío E21 correspondiente mediante uno o más pasos o puertos indicados **57** y está conectada a la cámara de frío E22 correspondiente por medio de uno o más pasos indicados **58**.

Además, el dispositivo comprende una tercera etapa de compresión indicada **E3** que comprende una cámara de frío E31 dispuesta en la porción fría y una cámara de calor **E32** en la porción caliente, estando conectadas dichas cámaras E31, E32 entre sí fuera del manguito mediante una tercera línea de comunicación **F3**. La tercera línea de comunicación **F3** está conectada a la cámara de frío correspondiente por medio de uno o más pasos o puertos indicados **55** y está conectada a la cámara de calor correspondiente mediante uno o más pasos indicados **56**. La presión que prevalece en la tercera etapa de compresión se indica **PE3**.

Y, para terminar, el dispositivo comprende una cuarta etapa de compresión indicada **E4** que comprende una cámara de frío E41 dispuesta en la porción fría y una cámara de calor **E42** en la porción caliente, estando conectadas dichas cámaras E41, E42 entre sí fuera del manguito mediante una tercera línea de comunicación **F4**. La cuarta línea de comunicación **F4** se conecta a la cámara de frío correspondiente por medio de uno o más pasos o puertos **53** ya mencionados y se conecta a la cámara de frío correspondiente por medio de uno o más pasos indicados **54** ya mencionados. La presión que prevalece en la cuarta etapa de compresión se indica **PE4**.

Como se ilustra, las cámaras de la cuarta etapa E4 están insertadas entre las cámaras de la tercera etapa E3, que a su vez están insertadas entre las cámaras de la segunda etapa E2, que a su vez están insertadas entre las cámaras de la primera etapa E1. Sin embargo, sería posible ordenar las etapas y las cámaras de manera diferente sin abandonar el alcance de la invención, por ejemplo, a partir del extremo caliente 2b, teniendo la disposición E3, E4, E1, E2 para la porción caliente y E4, E3, E2, E1 para la porción fría.

El conjunto de pistón **7** comprende un primer pistón 71, segundo pistón 72, un tercer pistón 73 y un cuarto pistón 74. El primer y segundo pistones 71,72 separan las cámaras de la primera y segunda etapas E1, E2 como se describe para la configuración de dos etapas, mientras que el tercer y cuarto pistones 73,74 separan de manera similar las cámaras de la tercera y cuarta etapas E3, E4. Los cuatro pistones están sujetos entre sí por el vástago 8, que se desliza en el anillo 18.

Aparte del divisor medio fijo **61** ya mencionado anteriormente y de nuevo aquí presente, hay otros dos divisores fijos **62, 63**, que separan respectivamente las cámaras de la segunda y tercera etapas de compresión (véanse las figuras 3a, 3b).

Para establecer una comunicación entre las diferentes etapas de compresión, una primera válvula de retención **3a** se proporciona en el primer pistón, como ya se ha mencionado, que permite que el fluido se transfiera desde la primera etapa a la segunda etapa y evita el flujo inverso. De manera similar, se proporciona una segunda válvula de retención **3b** en el tercer divisor fijo **63**, que permite que el fluido se transfiera desde la segunda etapa a la tercera etapa y evita el flujo inverso. Finalmente, se proporciona una tercera válvula de retención **3c** en el tercer pistón **73**, que permite que el fluido se transfiera desde la tercera etapa a la cuarta etapa y evita el flujo inverso.

Para el regenerador **9**, en referencia a la figura 4, cada sección de anillo (en este caso, cada sección de cuarto) está asignada específicamente a una etapa. De este modo, la primera sección de anillo **31** forma la primera porción de regenerador **91**, la segunda sección de anillo **32** forma la segunda porción de regenerador **92**, la tercera sección de anillo **33** forma la tercera porción de regenerador **93**, y finalmente la cuarta sección de anillo **34** forma la cuarta porción de regenerador **94**.

En esta configuración, la entrada **81** está conectada a la primera línea de comunicación F1, mientras que la salida **82** está conectada a la cuarta línea de comunicación **F4**.

Las figuras 5 y 6 representan una configuración de compresión de una sola etapa, construida en la misma arquitectura que las descritas anteriormente.

El conjunto de pistón 7 está formado por un solo pistón de gran volumen que ocupa un volumen equivalente a las cámaras de las etapas superiores no utilizadas.

Solo es necesaria una línea de comunicación **F1** fuera del manguito, y establece una comunicación entre la única cámara de frío E11 y la única cámara de calor E12.

El tercer y cuarto pasos **53, 54**, que forman una disposición previa para la versión de dos etapas, pueden estar parcial o completamente cerrados, ya sea directamente, o por comunicación con un tubo ciego, o como se describirá a continuación.

De manera similar en la configuración de una sola etapa, la serie de pasos suplementarios **55-58** que forman una disposición previa para la versión de cuatro etapas si están presentes, se cerrarán o bloquearán mediante cualquier medio apropiado.

En esta configuración de una sola etapa, la entrada **81** y la salida **82** están conectadas a la primera línea de comunicación F1, no necesariamente en la misma ubicación, por ejemplo, en ubicaciones diametralmente opuestas para mantener la homogeneidad con la configuración de dos etapas.

La operación del compresor, si se trata de una, dos, o cuatro etapas, está asegurada por el movimiento alternativo del pistón **7**, así como por la acción de la válvula de admisión **81a** en la entrada **81** y la válvula de retención de flujo **82a** en la salida **82**.

Las diversas etapas A, B, C, D, que se describen a continuación, están representadas en las figuras 3, 5 y 7, mostrando la figura 7 la evolución en las respectivas presiones PE1, PE2, PE3, PE4 en las respectivas etapas y las respectivas temperaturas en relación con la carrera del conjunto de pistón 7, teniendo en cuenta que los ciclos relativos a PE3, PE4 solo son relevantes para la versión de cuatro etapas.

Operación del compresor de dos etapas

Etapas A.

El conjunto de pistón 7, inicialmente en la parte superior, se mueve hacia abajo y el volumen de las cámaras **E12**, **E21** aumenta mientras que el volumen de las cámaras **E22**, **E11** disminuye. Debido a esto, el fluido de la primera etapa se empuja a través de la primera porción del regenerador **91** desde la parte inferior hasta la parte superior, y se calienta a medida que pasa a través de la primera línea de comunicación F1 y a través de la porción correspondiente del regenerador. Al mismo tiempo, el fluido de la segunda etapa se empuja a través de la segunda porción del regenerador **92** desde arriba hacia abajo, y se enfría a medida que pasa a través de la segunda línea de comunicación F2 y a través de la porción correspondiente del regenerador.

Etapas B.

Cuando las presiones PE1 y PE2 están en un cierto valor indicado **PT12**, se abre la válvula de retención **3a**. Las válvulas **81a** y **82a** permanecen cerradas durante este período. En consecuencia, el fluido de trabajo se transfiere desde la primera etapa a la segunda etapa. La etapa B termina con el final de la carrera descendente.

Etapas C (primera etapa) y C' (segunda etapa).

El conjunto de pistón 7 se mueve ahora desde la parte inferior hacia la parte superior y el volumen de las cámaras **E22**, **E11** aumenta, mientras que el volumen de las cámaras **E12**, **E21** disminuye. Debido a esto, el fluido de la primera etapa se empuja a través de la primera porción del regenerador **91** desde la parte superior a la inferior, y se enfría durante su paso a través de la primera línea de comunicación F1 y a través de la porción correspondiente del regenerador. Al mismo tiempo, el fluido de la segunda etapa se empuja a través de la segunda porción del regenerador **92** desde abajo hacia arriba, y se calienta a medida que pasa a través de la segunda línea de comunicación F2 y a través de la porción correspondiente del regenerador.

En la etapa C, que se refiere a la primera etapa, la presión PE1 disminuye hasta que es menor que la presión de admisión P1, en cuyo punto la válvula de admisión **81a** se abre. De manera similar, para la etapa C' que es concurrente a C y se refiere a la segunda etapa, la presión PE2 aumenta hasta que es mayor que la presión de descarga **P22**, que aquí es igual a la presión de salida P2, en cuyo punto se abre la válvula de salida **82a**.

Las etapas C y C' no terminan necesariamente en ese punto, y las dos válvulas pueden abrirse en diferentes momentos.

Etapas D.

En esta etapa, fluido de trabajo es expulsado de la cámara de E21 por la salida 82 en la presión de descarga **P22**, mientras que el fluido a presión P1 es admitido en la cámara E11. La etapa D termina con el final de la carrera ascendente.

Cuatro etapas

Para la operación del compresor de cuatro etapas, en referencia a la figura 7, la operación para las dos primeras etapas es idéntica a la descripción anterior, aparte del hecho de que en la etapa D la salida de la segunda etapa expulsa gas a presión **PT23** no hacia la salida, sino hacia la tercera etapa, a través de la válvula **3b**.

Durante la etapa A, de una manera completamente similar a lo que se ha descrito para las dos primeras etapas, la presión PE3 aumenta en la tercera etapa, mientras que la presión PE4 disminuye en la cuarta etapa.

Durante la etapa B, fluido de trabajo a la presión PT34 se descarga a través de la válvula **3c** desde la tercera etapa a la cuarta etapa.

5 Durante las etapas C y C" de una manera completamente similar a lo que se ha descrito para las dos primeras etapas, la presión PE3 disminuye en la tercera etapa (etapa C"), mientras que la presión PE4 aumenta en la cuarta etapa (etapa C), y esto se produce hasta que la presión PE4 alcanza la presión de salida P2, en cuyo punto se abre la válvula 82a. La válvula 3b se abre cuando PE3 se vuelve menor que PE2. Las válvulas 81a, 3b y 82a pueden abrirse en diferentes momentos.

10 Durante la etapa D, que comienza en el extremo respectivo de las etapas C, C', C", el fluido es expulsado desde la cuarta etapa a la presión P24 hacia la salida 82, simultáneamente con la transferencia de fluido entre la segunda etapa y la tercera etapa a través de la válvula 3b a la presión PT23 y la entrada de fluido en la entrada 81.

15 Etapas únicas

Para la configuración de una sola etapa, solo el ciclo relativo a la primera etapa 'PE1' se considera en la figura 7. En este caso, la presión de salida P2 es equivalente a la presión de descarga **PT12** de la primera etapa.

20 Versión de tres etapas

Es igualmente posible crear un compresor de tres etapas basado en la misma arquitectura con componentes estándar comunes. Para hacer esto, se puede bloquear el uso de la cuarta etapa, eliminar la válvula 3c y eliminar la salida del compresor en la tercera línea de comunicación F3. Es posible dividir el regenerador en tres secciones de anillo que tienen un arco de 120°, o usar solo tres de las cuatro secciones del regenerador mencionadas anteriormente.

La figura 5 (y también la figura 11) muestra una realización del dispositivo para accionar el conjunto de vástago y pistón. Esta realización se puede aplicar de manera similar a las configuraciones de dos o cuatro etapas descritas anteriormente.

Los movimientos del vástago **8** puede ser controlado por cualquier dispositivo de accionamiento apropiado; en el ejemplo ilustrado en las figuras 5 y 10, se trata de un dispositivo de accionamiento 4 autosostenido que actúa sobre un extremo del vástago. Este dispositivo de accionamiento **4** autosostenible comprende un volante de inercia **42**, tal con una biela **41** conectada a dicho volante de inercia mediante una conexión pivotante. La biela **41** está conectada al vástago mediante otra conexión pivotante.

En el ejemplo ilustrado, el dispositivo de accionamiento autosostenible **4** está alojado en una cámara auxiliar **E0** llena de fluido de trabajo gaseoso a una presión indicada **Pa**. El anillo de sellado 18 está colocado entre la cámara **E11** y la cámara auxiliar **E0**. Cuando el dispositivo está en funcionamiento, la presión **Pa** en la cámara auxiliar **E0** converge a una presión promedio sustancialmente igual a la mitad de la suma de las presiones mínima **PE1min** y máxima **PE1max** de la primera etapa. Cuando el dispositivo se ha apagado por un tiempo, la presión en la cámara auxiliar **E0** es igual a la presión que prevalece en las cámaras de la primera etapa **E11**, **E12**. La fuerza ejercida sobre el vástago **8** se puede escribir en la forma $(PE1 - Pa) \times S$, siendo **S** el área en sección transversal del vástago.

El ciclo termodinámico, tal como se representa en la figura 8, que muestra la resultante de las fuerzas sobre el área de sección transversal del vástago como una función de su desplazamiento axial **X1**, produce trabajo positivo en el dispositivo de accionamiento autosostenible representados por el área **Wu** ilustrada en el diagrama. Como resultado, el movimiento de avance y retroceso del conjunto de pistón **7** puede ser autosostenido por dicho sistema de accionamiento **4**.

Las presiones están en equilibrio general en el conjunto de pistón **7**, excepto en la sección equivalente del vástago **8**. La producción de trabajo autosostenido es proporcional al área en sección transversal **S** del vástago y, por lo tanto, el área en sección transversal **S** del vástago se elegirá de manera que genere suficiente trabajo.

Se establece la velocidad de rotación del volante de inercia **42** y, por lo tanto, la frecuencia de las carreras del conjunto de pistón **7** cuando la fuerza gastada a través de la fricción alcanza la fuerza entregada al vástago por el ciclo termodinámico.

60 Como se ilustra en la figura 10, una carcasa **98** que encierra la cámara auxiliar **E0** tiene una base **93** que está unida al cilindro **50** mediante medios de unión **99** convencionales. Además, el sistema de accionamiento **4** puede comprender un motor eléctrico **95** que está acoplado al volante de inercia **42** a través de un eje **94** centrado en Y. En el ejemplo representado en la figura 10, el motor eléctrico **95** está ubicado dentro de la carcasa **98**, por lo tanto, dentro de la carcasa donde el gas está confinado a presión **Pa**. Solo los cables **96** que suministran energía al motor pasan a través de la pared de la carcasa, pero sin ningún movimiento relativo, lo que hace posible un alto nivel de estanqueidad.

En una variante no representada, el motor eléctrico es de una forma particular, que tiene un rotor de disco, por ejemplo, con un imán permanente, que se coloca dentro de la carcasa contra la pared y un estator colocado opuesto fuera de la carcasa contra la pared. En este caso, los circuitos de control electromagnético y los cables 96 están expuestos.

Se entiende, sin embargo, que el motor podría estar totalmente expuesto fuera de la carcasa 98, pero en este caso es necesario un anillo de deslizamiento alrededor del árbol.

Además, dicho motor eléctrico 95 acoplado al volante de inercia está adaptado para impartir un movimiento de rotación inicial a la rueda volante con el fin de inicializar el movimiento autosostenible. Además, el motor puede controlarse en modo generador mediante una unidad de control (no representada), que permite reducir la velocidad del volante de inercia y regular la velocidad de rotación del volante de inercia.

Durante la operación normal, la potencia mecánica suministrada al dispositivo de accionamiento autosostenible 4 será mayor que las pérdidas debidas a la fricción, de tal manera que energía eléctrica residual estará disponible (modo de operación de generador normal). Esta energía eléctrica adicional se podrá utilizar para elementos eléctricos que se encuentran fuera del compresor, incluido su sistema de regulación, las bombas o ventiladores de un sistema de refrigeración, la recarga de una batería de arranque o para los requisitos de cogeneración.

La figura 9 muestra una posible disposición de las diferentes series de pasos **53-58** dispuestos en el cilindro **50** en el que se mueve el conjunto de pistón **7**.

Como es evidente a partir de las diversas descripciones proporcionadas anteriormente, los divisores fijos 61, 62, 63 son opcionales y solo se instalan si son necesarios para la configuración que se está construyendo.

De manera similar, la serie suplementaria de puertos 55-58 podría estar ausente si no se ofrece la configuración de cuatro etapas.

Hay que señalar que, aunque los pasos y los puertos de las series **53-58** se representan como que están presentes a lo largo de la circunferencia, también es posible colocar cada uno de la serie de puertos solo sobre la sección de anillo necesario, por ejemplo, más de 180° para las series 53 y 54, y por ejemplo más de 90° para las series 55-58.

Para la normalización, se podría fabricar un cilindro adecuado para las configuraciones en 1, 2, 3 o 4 etapas y podrían bloquear los puertos no utilizados a través una carcasa externa, como se describirá a continuación.

En una variante representada en la figura 11, una disminución en el volumen de las cámaras de la tercera y cuarta etapas se puede prever para acomodar el aumento de la presión. Para este propósito, en las cámaras de frío y en las cámaras de calor de la tercera y cuarta etapas, se proporcionan respectivamente anillos de llenado **48**, **49** que tienen un diámetro interior correspondiente al diámetro exterior del tercer y cuarto pistones **73**, **74**, siendo este diámetro sustancialmente menor que el diámetro del primer y segundo pistones **71**, **72**.

Para mantener la disposición estándar del manguito cilíndrico 50, la posición de la serie de puertos 53, 54 y en caso necesario, de la serie de puertos 55-58 no requiere ninguna modificación, debido a los pasos de transferencia **47** dispuestos en los anillos de llenado mencionados anteriormente.

Las figuras 12, 12A, 12B y 12C muestran una realización particularmente ventajosa en relación con las líneas de comunicación F1-F4, y más particularmente las líneas de comunicación F2-F4 que conectan a los pasos o puertos que no están dispuestos en los extremos de la carcasa. Para maximizar el acoplamiento térmico entre la línea de comunicación y la fuente de calor o frío respectiva, se proporciona al menos una porción externa **67** dispuesta en las inmediaciones de la carcasa. Para la porción fría **15**, la porción externa 67 de la línea de comunicación F2-F4 se extiende entre la interfaz fría 9a del regenerador y el extremo inferior 2a de la envolvente. Para la porción caliente **16**, la porción externa 67 de la línea de comunicación F2-F4 se extiende entre la interfaz caliente 9b del regenerador y el extremo superior 2b de la carcasa.

En el ejemplo ilustrado aquí, que se refiere industrialmente a la optimización de la producción de tales líneas de comunicación **F2-F4**, un orificio ciego 64 se taladra en una pieza de marco **88**, formando su superficie interior el cilindro 50 y formando la envolvente externa de la carcasa 2. Dicho orificio 64 se realiza en una dirección paralela al eje **Z**; uno de los pasos radiales **53-58** se abre en este orificio **64**. Además, la boca de este orificio está ensanchada **77** para su conexión al regenerador **9**.

En este orificio **64** se coloca un inserto o núcleo disimétrico **66** de una forma que delimita una porción de canal interna **68** y una porción de canal externa **67** para la línea de comunicación. En efecto, el inserto **66** comprende una porción diametral **69** que no deja espacio cuando se inserta en una dirección circunferencial en el orificio 64 y una porción de obturación **76** que obliga al fluido a fluir desde el puerto **53-58** primero a través de la porción de canal interna 68 y luego la porción de canal externa **67**, donde el intercambio térmico se maximiza debido a la proximidad

de la fuente de calor o la fuente de frío.

Además, la forma del núcleo **66** puede ventajosamente ser utilizada para conectar uno o más puertos 53-58 que deben sellarse en la configuración utilizada. La boca de un puerto a ser obturar, indicada **74**, se cierra en el ejemplo
5 ilustrado por la presencia de la porción de obturación **76**. De manera similar, para un puerto que se va a obturar, indicado **75** que está ubicado entre el puerto activo **79** y el extremo de la carcasa, se proporciona una porción de obturación auxiliar **78** que permite cerrar la boca de este puerto **75** para ser obturada (ver la figura 12C). Esto representa una solución práctica que es apropiada para bloquear selectivamente las bocas externas de la serie de puertos **53-58** que no se utilizan para la configuración que se está construyendo y que, por lo tanto, deben sellarse.

10 Un experto en la técnica entenderá a partir de la lectura de la descripción anterior que es posible proporcionar una gama de compresores modulares construidos en una arquitectura común y varios componentes estándar, pudiendo incluir dicha gama un tipo de compresor de una sola etapa, un tipo de compresor de doble etapa, un tipo de compresor de cuatro etapas, sin excluir configuraciones de tres etapas, seis etapas o más. En particular, el cilindro
15 es un componente común, y las partes o secciones del regenerador también son componentes comunes. Los divisores fijos 61-63 son componentes opcionales, al igual que los anillos de llenado 48, 49. La configuración deseada se obtiene mediante la gestión de diferentes tipos de insertos 66.

20 En cuanto al conjunto de biela 41, 42 del dispositivo de accionamiento autosuficiente 4, su geometría debe adaptarse a la carrera del conjunto de pistón 7, que se acorta a medida que aumenta el número de etapas, como puede verse en las figuras.

25 Hay que señalar que la división en sección del regenerador podría diferir de las cuatro secciones de 90° cada una, pero una compartimentación ventajosa consiste en dividir 360° por el número de etapas, es decir, 360°/N si N es el número de etapas.

Debe observarse que el primer y segundo pasos no son necesariamente puertos, sino que pueden formarse como una abertura radial o por cualquier disposición específica del extremo del cilindro.

30 Es posible que no haya una, sino una pluralidad de válvulas 3a, 3b, 3c distribuidas a lo largo de la circunferencia de los pistones o divisores correspondientes.

35 Cabe señalar que el pistón o pistones 7 descritos anteriormente están equipados a lo largo de su borde periférico con un sistema estanco a los fluidos de eficiencia variable de acuerdo con las elecciones tecnológicas realizadas.

Debe observarse que el espesor del divisor central 61 podría incrementarse para mejorar el aislamiento térmico entre las partes calientes 16 y las partes frías 15 del dispositivo de compresión 1. Por lo tanto, el espesor del divisor 61 podría ser cercano o ligeramente mayor que la carrera del vástago 8.

40 Cabe señalar que, para evitar el recalentamiento del fluido de una etapa a otra, se puede proporcionar un dispositivo de refrigeración interna dentro del tercer divisor 63.

45 De manera similar, para mejorar el comportamiento dinámico de las válvulas de retención entre las diferentes etapas, se podría disponer en el primer y tercer pistones 71, 73 y en el tercer divisor fijo 63 un volumen de compensación interno (no representado), que evita una posible diferencia entre las presiones en las cámaras de frío.

50 El fluido de trabajo utilizado puede ser elegido de entre fluidos apropiados, en particular, puede incluir hidrofluorocarbonos, tales como R410A, R407C, R744 o equivalentes; el CO2 también puede ser elegido por razones ambientales.

La velocidad de movimiento alternativo del compresor puede ser elegido para estar dentro de 5 Hz a 10 Hz (300 a 600 rpm).

55 Las presiones que intervienen en las diversas etapas de compresión pueden variar desde unos diez bares a varios cientos de bares, dependiendo del fluido de trabajo elegido.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para comprimir un fluido gaseoso, que comprende:

- 5 - una entrada para el fluido gaseoso a comprimir y una salida para el fluido gaseoso comprimido,
- una carcasa principal cilíndrica (2) que contiene el fluido gaseoso,
- al menos una primera cámara (E11), acoplada térmicamente a una fuente de calor (6) adaptada para agregar energía térmica al fluido gaseoso,
- 10 - al menos una segunda cámara (E12), acoplada térmicamente a una fuente de frío (5) para transferir energía térmica desde el fluido gaseoso a la fuente de frío,
- al menos un conjunto de pistón (7) montado en un manguito cilíndrico (50) para moverse en una dirección axial (Z) y separar la primera cámara y la segunda cámara dentro de dicha carcasa principal,
- al menos un intercambiador de calor regenerativo (9) dispuesto circunferencialmente alrededor del manguito y que establece una comunicación fluida entre la primera y la segunda cámaras por medio de al menos una
- 15 primera línea de comunicación (F1),

comprendiendo la primera cámara (E11) al menos un primer paso de comunicación (51) dispuesto en un primer extremo (2a) de la carcasa y conectado a la primera línea de comunicación, comprendiendo la segunda cámara (E12) al menos un segundo paso de comunicación (52) dispuesto en un segundo extremo (2b) de la carcasa y

20 conectado a la primera línea de comunicación,

formando la primera cámara (E11), la segunda cámara (E12) y la primera línea de comunicación (F1) una primera etapa de compresión (E1), **caracterizado por que** el dispositivo comprende una pluralidad de terceros (53) y cuartos (54) pasos en forma de puertos dispuestos en una porción intermedia de la carcasa entre el primer y segundo extremos, estando la pluralidad de terceros y cuartos pasos preestablecidos para la conexión de fluido de

25 la tercera y cuarta cámaras (E21, E22) que posiblemente estén dispuestas en la carcasa principal entre la primera y segunda cámaras.

2. Dispositivo para comprimir un fluido gaseoso según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente, dentro de la misma carcasa principal, dichas tercera y cuarta cámaras (E21, E22) y un primer divisor fijo (61) que separa la

30 tercera y cuarta cámaras, comprendiendo el conjunto de pistón un primer y segundo pistones (71, 72) conectados entre sí por un vástago (8) y dispuestos a cada lado del divisor fijo, estableciendo al menos una segunda línea de comunicación (F2) una comunicación entre la tercera y cuarta cámaras a través del regenerador, formando la tercera cámara (E21), la cuarta cámara (E22) y la segunda línea de comunicación (F2) una segunda etapa de compresión (E2), colocada funcionalmente en serie detrás de la primera etapa (E1).

3. Dispositivo para comprimir un fluido gaseoso según la reivindicación 2, en el que el regenerador (9) comprende al menos dos secciones de anillo de regenerador (91, 92), independientes entre sí, formando el conjunto de secciones de anillo un anillo dispuesto alrededor del manguito (50) cerca del primer divisor fijo (61).

4. Dispositivo para comprimir un fluido gaseoso según la reivindicación 3, que comprende N etapas, eligiéndose N de entre un conjunto de valores que incluye 2, 3, 4, 6, 8, en el que el regenerador se divide en N secciones de anillo, cada una con un arco de $360^\circ/N$, independientes entre sí.

5. Dispositivo para comprimir un fluido gaseoso según la reivindicación 4, que comprende adicionalmente, dentro de la misma carcasa principal, una tercera (E3) y cuarta (E4) etapas ($N = 4$), comprendiendo la tercera etapa una

45 cámara de calor (E32), una cámara de frío (E31), y una tercera línea de comunicación (F3), comprendiendo la cuarta etapa una cámara de calor (E42), una cámara de frío (E41) y una cuarta línea de comunicación (F4).

6. Dispositivo para comprimir un fluido gaseoso según la reivindicación 5, en el que las cámaras de la cuarta etapa (E4) están insertadas entre las cámaras de la tercera etapa (E3), que a su vez están insertadas entre las cámaras de la segunda etapa (E2), que a su vez están insertadas entre las cámaras de la primera etapa (E1).

7. Dispositivo para comprimir un fluido gaseoso según una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende adicionalmente un sistema de accionamiento (4) para el conjunto de pistón que comprende una cámara auxiliar (E0), un vástago (8) fijado al conjunto del pistón y guiado axialmente, una biela (41) conectada al vástago, y un volante de

55 inercia (42) conectado a la biela, por medio del cual el movimiento hacia adelante y hacia atrás del conjunto del pistón puede ser autosostenido por dicho sistema de accionamiento.

8. Dispositivo para comprimir un fluido gaseoso según una de las reivindicaciones 5 o 6, en el que la primera línea de comunicación (F1) y/o la segunda línea de comunicación (F2) y/o la tercera (F3) o cuarta (F4) líneas de comunicación comprenden al menos una porción externa (67) dispuesta en las proximidades inmediatas respectivas de las fuentes de calor y/o de frío, entre el regenerador y al menos uno de los extremos (2a, 2b) de la carcasa.

9. Dispositivo para comprimir un fluido gaseoso según la reivindicación 8, en el que la segunda línea de comunicación (F2) y/o la tercera (F3) o cuarta (F4) líneas de comunicación comprenden un orificio (64) en el que se inserta un núcleo disimétrico (66).

10. Sistema térmico que comprende un circuito de transferencia de calor y un dispositivo para comprimir un fluido gaseoso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

FIG. 1

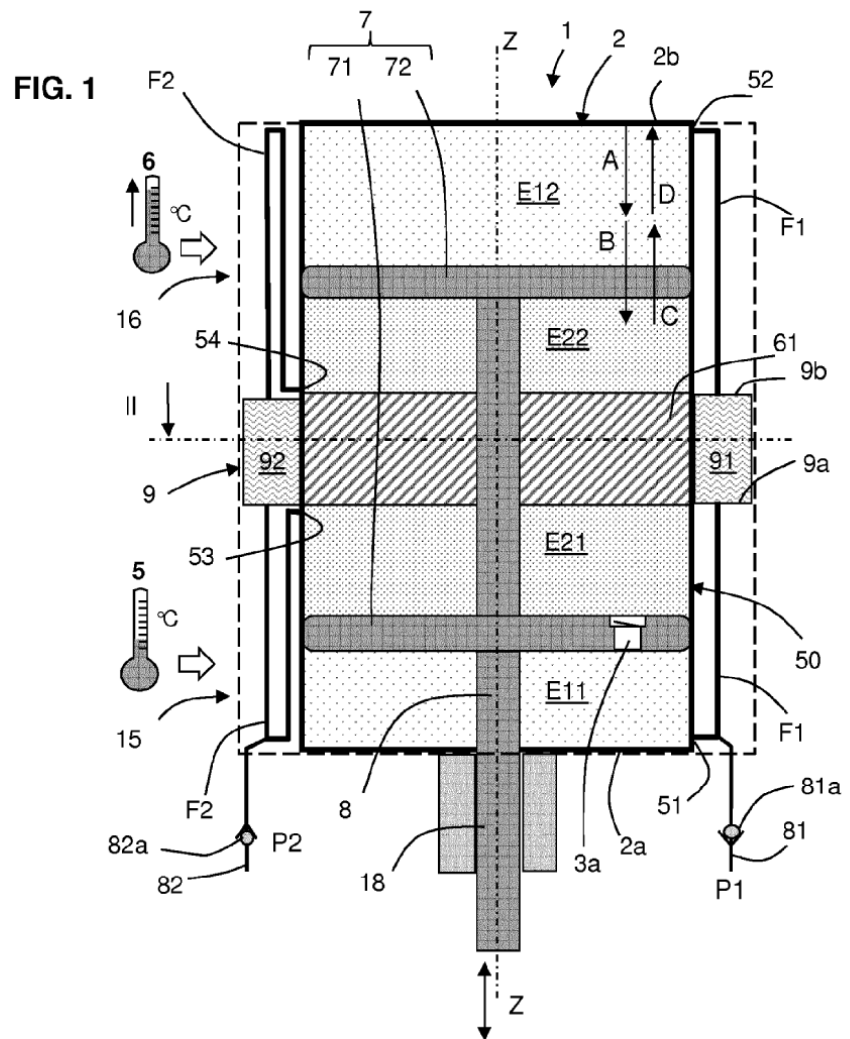


FIG. 2

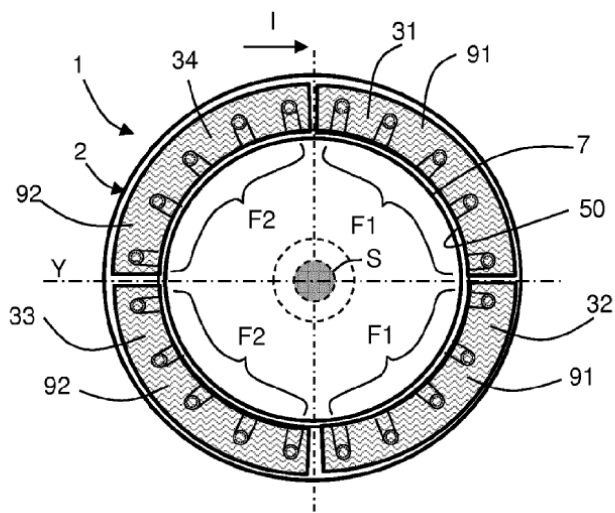


FIG. 3a

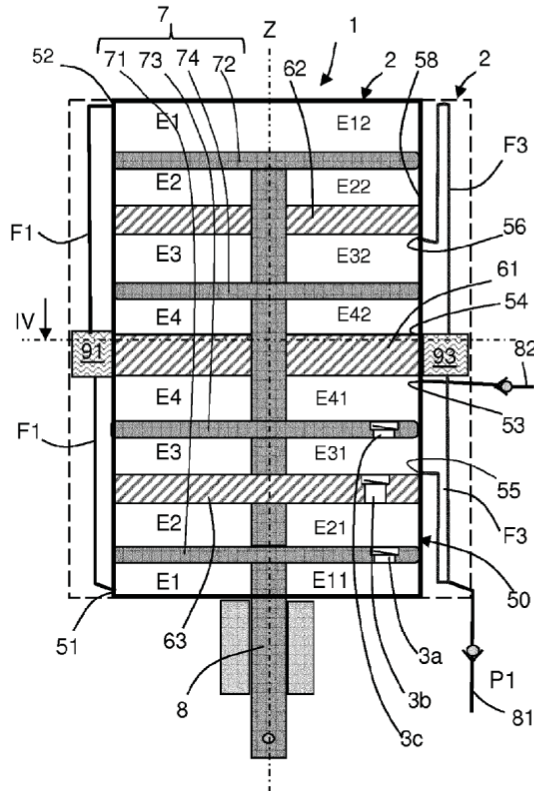


FIG. 3b

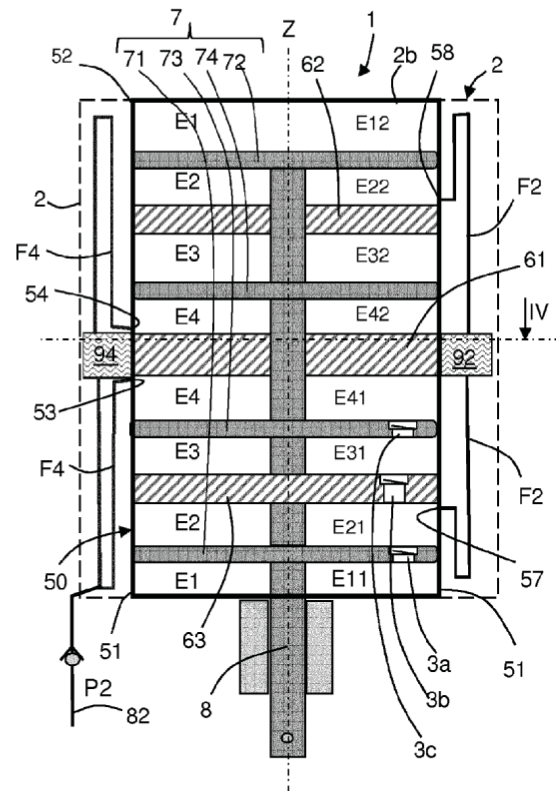
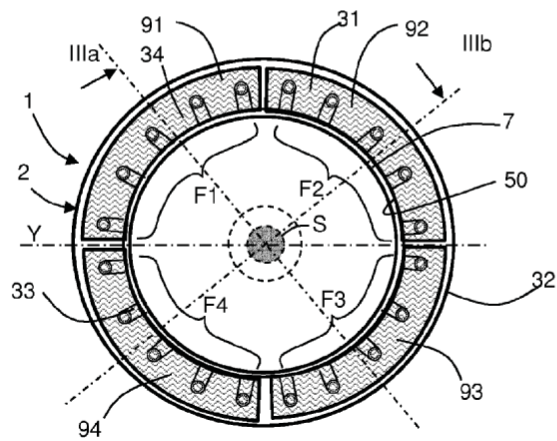


FIG. 4



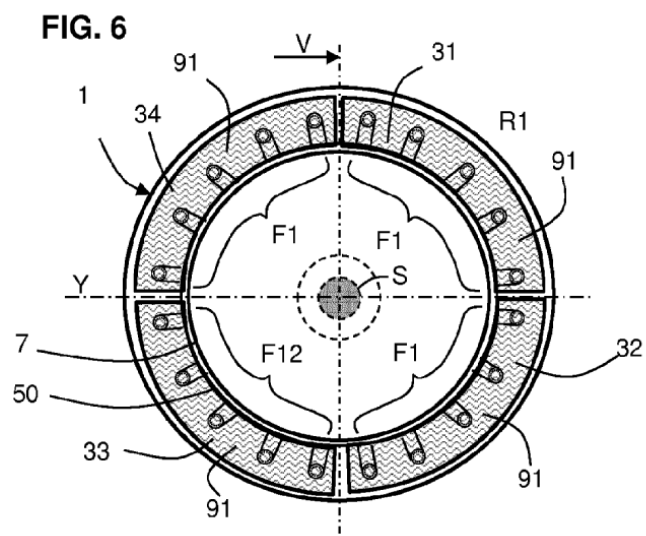
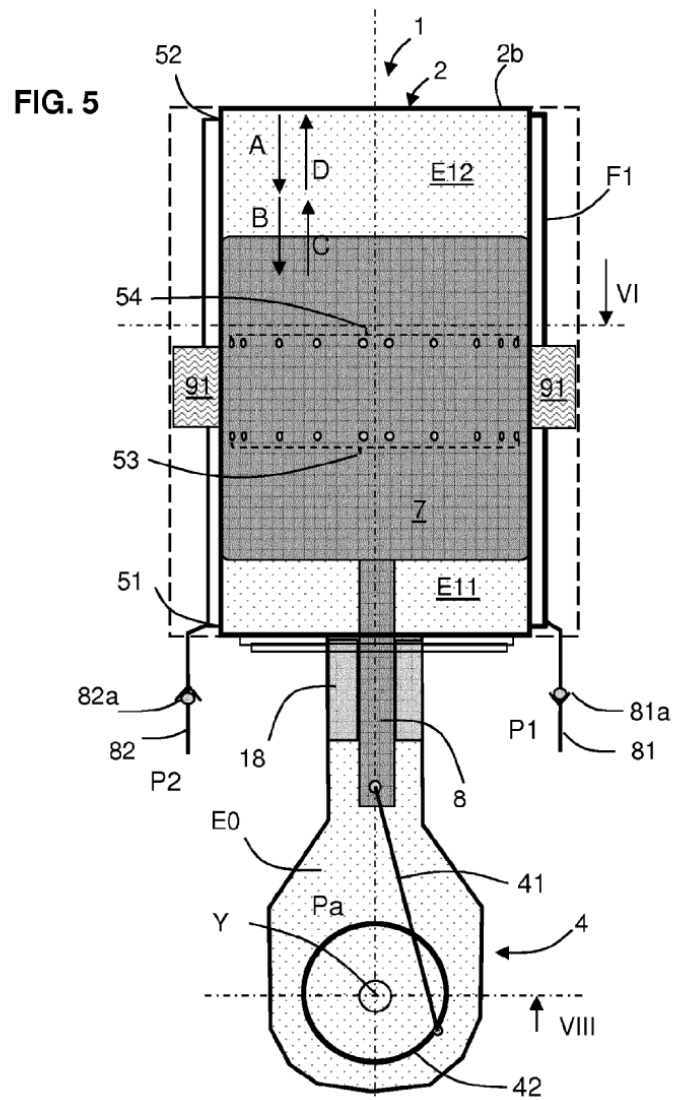


FIG. 7

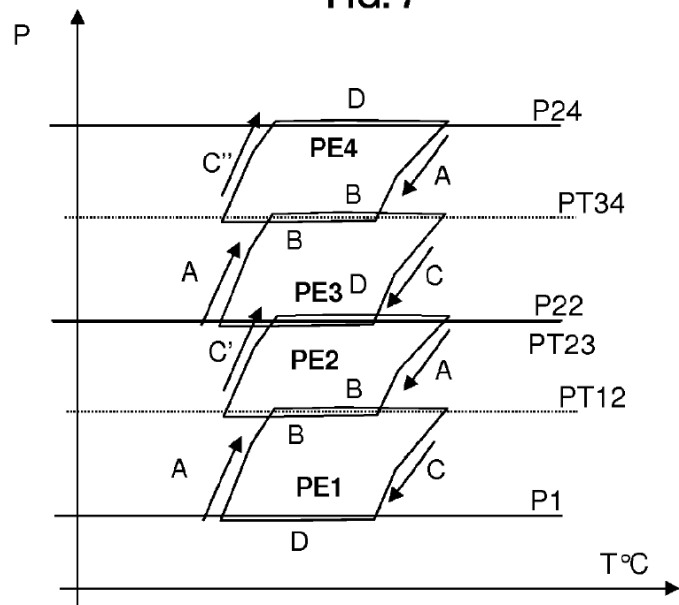


FIG. 8

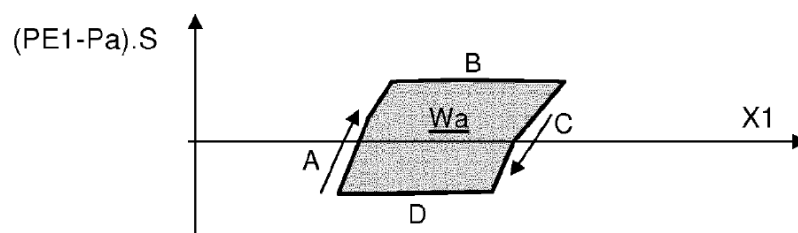


FIG. 9

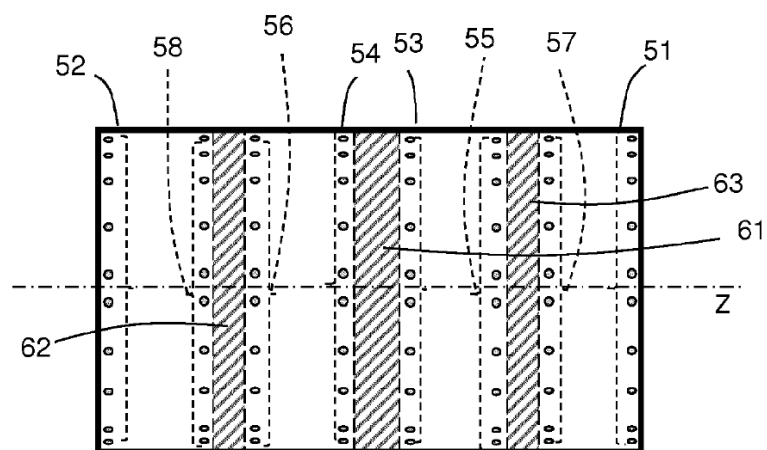


FIG. 10

