

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 902**

51 Int. Cl.:

F04B 5/02 (2006.01)

F04B 5/00 (2006.01)

F04B 25/02 (2006.01)

F04B 25/00 (2006.01)

F04B 9/113 (2006.01)

F04B 9/115 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08856758 .1**

96 Fecha de presentación: **02.12.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2229531**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.09.2010**

54

Título: **COMPRESOR Y APARATO PARA COMPRIMIR DOS GASES A ALTA PRESIÓN.**

30

Prioridad:
06.12.2007 EP 07405344

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.01.2012

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.01.2012

73

Titular/es:
**GROUPE E SA
BD. DE PÉROLLES 25
1700 FRIBOURG, CH**

72

Inventor/es:
**CROTTET, Denis;
MOCK, Elmar;
VAUCHER, Vincent;
MOULIN, Blaise;
DURET, Alexis y
TINGUELY, Christian**

74

Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 372 902 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

Compresor y aparato para comprimir dos gases a alta presión

Campo de la invención

5 La invención se refiere al campo de los compresores de gas de pistones alternativos. Se refiere a un compresor para proporcionar dos gases a alta presión, tal como se describe en el preámbulo de la reivindicación independiente 1

Antecedentes de la invención

El documento US 4.368.008 que tiene las características definidas en el preámbulo de la reivindicación 1, describe un compresor de gas de doble efecto de accionamiento hidráulico que utiliza compresión multietapas. La descripción incluye una válvula de dos posiciones y cuatro vías que controla el movimiento recíproco de la etapa hidráulica.

10 El documento US 5.238.372 que tiene las características definidas en el preámbulo de la reivindicación 1, muestra un conjunto de pistones que son enfriados por el líquido hidráulico que circula a través de pasajes dedicados en el pistón.

15 El documento WO 200S/019721 describe un generador de hidrógeno, tal como una celda electrolítica, que suministra hidrógeno a un compresor de hidrógeno, que a su vez presuriza el hidrógeno para el almacenamiento. El oxígeno producido mediante la electrólisis también puede ser a presión por medio de un compresor adicional, sobre el cual no se proporcionan detalles.

20 Además, se conoce un compresor de dos etapas para dos gases diferentes, que es utilizado en cooperación con otros elementos, por ejemplo, un ciclo de refrigeración. Los dos gases son nitrógeno e hidrógeno que circulan en un circuito cerrado a través del compresor y de un criostato. Con el fin de evitar fugas, los elementos del compresor son del tipo de diafragma. Los elementos de diafragma son accionados por medio de un fluido de trabajo que a su vez es accionado por un pistón común.

Descripción de la invención

Es un objeto de la invención crear un compresor para proporcionar dos gases a alta presión del tipo que se ha mencionado inicialmente, que es de una construcción simple y que proporciona una operación eficiente.

25 Estos objetivos se alcanzan por medio de un compresor que proporciona dos gases a alta presión de acuerdo con las reivindicaciones independientes.

30 El compresor es un compresor de pistones que comprende al menos una primera etapa de compresión para comprimir un primer gas, comprendiendo la primera etapa de compresión al menos un primer pistón que se desliza en una primera cámara de compresión. El compresor comprende, además, al menos una segunda etapa de compresión para comprimir un segundo gas, comprendiendo la segunda etapa de compresión al menos un segundo pistón que se desliza en una segunda cámara de compresión. Los pistones segundo y primero son accionados por el mismo actuador mecánico. En el compresor, los gases primero y segundo se mantienen separados el uno del otro.

35 Más específicamente, los pistones segundo y primero están acoplados mecánicamente al actuador para transmitir el movimiento y las fuerzas del actuador mecánico a los pistones. En el funcionamiento del compresor, el segundo gas tiene preferentemente una composición diferente a la del primer gas.

40 Esto permite comprimir dos gases simultáneamente en un único compresor compacto que tiene una única fuente de energía mecánica. Esto es especialmente ventajoso cuando el compresor está acoplado a una unidad que genera gases diferentes por medio de una reacción química o electroquímica, tal como una celda de electrólisis que genera hidrógeno y oxígeno a partir de agua: los dos gases son comprimidos en etapas de compresión separadas de un único compresor. Tener un único actuador mecánico y un movimiento lineal de los componentes coaxiales a lo largo de un único eje permite un funcionamiento eficiente. Solamente se requiere una unidad de control. La construcción sencilla y la consiguiente reducción en el tamaño permiten su uso en el ámbito doméstico y, por ejemplo, en aplicaciones de movilidad.

45 Por lo tanto, el compresor para proporcionar dos gases a alta presión comprende una unidad de fuente de gas, tal como, por ejemplo, una o más celdas de electrólisis, para generar los dos gases a una primera presión. Por lo tanto, esta unidad de fuente de gas constituye una primera fuente de gas así como una segunda fuente de gas. El compresor está dispuesto para comprimir los dos gases, elevando la presión desde la primera presión a la alta presión. La invención es aplicable a otras fuentes de gases que también generan un par de gases.

50 En una realización preferida de la invención, la primera presión, por ejemplo, la generada en la celda de electrólisis, se encuentra en el rango de 10 o 20 bar a 40 o 50 bar, preferentemente alrededor de 30 bar. La relación de compresión del compresor preferentemente se encuentra en el rango de 6 o de 8 a 12, preferentemente 10 - 12 a 15. La relación de compresión de los dos gases preferiblemente es, al menos, aproximadamente la misma. Por lo tanto, la alta presión resultante se encuentra alrededor de 300 bar, a la cual los dos gases se pueden almacenar en recipientes.

tes a presión separados para su uso posterior. Para otros usos de la invención, es posible aumentar la presión de salida de uno o ambos gases hasta 700 bar o 1000 bar.

En una realización preferida adicional de la invención, la relación de volúmenes de las etapas de compresión primera y segunda es la misma relación estequiométrica de volumen de los gases producidos por un proceso de separación a partir del cual se originan los gases. En otras palabras, si el proceso de separación produce los gases en una relación de volumen de 1: n (estando los gases a la misma temperatura y presión), entonces la relación de volumen de las etapas de compresión separadas correspondientes de los dos gases es 1: n. De ello se desprende que cuando la conexión operativa, en particular una conexión mecánica entre la primera y la segunda etapas de compresión es tal que la carrera de los pistones en las dos etapas de compresión es la misma, las áreas de sección transversal de los pistones de las dos etapas de compresión también tienen la relación de 1: n. Por ejemplo, la electrólisis del agua proporciona hidrógeno y oxígeno ($2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$). Para la presurización combinada de hidrógeno y oxígeno generados por electrólisis, la relación de volumen de la cámara de compresión del hidrógeno con la cámara de compresión del oxígeno por lo tanto, es preferiblemente de dos a uno.

Puesto que los dos gases se pueden generar mediante la separación de los componentes de una molécula que pueden recombinarse en una reacción exotérmica, deben permanecer separados en todo el compresor. En particular, incluso la mezcla de cantidades minúsculas debe ser evitada. Esto es particularmente relevante, puesto que las dos etapas de compresión comparten el mismo actuador mecánico, y los gases que escapan a través de las juntas del pistón pueden mezclarse en o alrededor del actuador mecánico, formando una mezcla explosiva. Además, uno de los gases puede formar una mezcla explosiva con el aire ambiente. Por ejemplo, H_2 y O_2 emitidos en la electrólisis del agua forman una mezcla explosiva, pero el H_2 solo también formará una mezcla explosiva con el aire ambiente, por lo que la contención del H_2 solo también es un problema de seguridad.

Por lo tanto, con el fin de detectar las fugas de un gas o del otro hacia el actuador común, se implementa preferiblemente la disposición que sigue: para al menos una de las cámaras de compresión, se dispone una junta interior en la separación anular entre la citada cámara de compresión y el pistón que está operando en la citada cámara de compresión, con el fin de evitar que el gas se escape de la citada cámara de compresión. Una junta exterior está dispuesta en una localización adicional a lo largo de la citada separación. La junta interior y la junta exterior definen una cámara de seguridad, siendo la citada cámara de seguridad una sección cerrada de la citada separación entre las juntas interior y exterior. De esta manera, la cámara de seguridad separa la cámara de compresión respectiva del aire ambiente o del medio hidráulico o de la otra cámara de compresión.

En una realización preferida de la invención, un sensor de presión está dispuesto para proporcionar una señal indicativa de la presión en la cámara de seguridad. Este sensor de presión y el posterior procesamiento de la señal sirven para proporcionar una alarma y para interrumpir la operación del compresor en caso de que se detecte un presión o gradiente de presión excesivo en la cámara de seguridad. La magnitud de los gradientes de presión que se pueden detectar de esta manera está correlacionada con la velocidad a la que el gas puede escapar de la cámara, por ejemplo, por medio de un respiradero.

Con una velocidad de escape lo suficientemente baja, el sensor de presión puede detectar un deterioro de la calidad de la junta, es decir, de su estanqueidad. Una cámara de seguridad de este tipo se puede implementar también en otros tipos de compresores, con independencia de si se comprimen dos gases o solamente un gas, y de cuántas etapas tiene el compresor.

Además de los sensores de presión, o, alternativamente, la cámara de seguridad también puede estar provista de uno o más sensores de gas que son sensibles a la presencia del gas que puede fugarse desde la cámara de presión adyacente. Esto proporciona un medio adicional para la detección de las fugas de las juntas, e incluso un deterioro gradual de la calidad de la junta.

Por lo tanto, el sensor de presión así como los sensores de gas sirven como sensores que son indicativos de la presencia en la cámara de seguridad, del gas que se está comprimiendo.

La junta interior y la junta exterior pueden comprender en ellas mismas una o más juntas con cámaras intermedias. Por ejemplo, la secuencia completa de juntas y cámaras puede ser: una primera junta, una primera cámara, una segunda junta, la cámara de seguridad, una tercera junta, una segunda cámara, y una cuarta junta. En este ejemplo, la primera junta, la primera cámara y la segunda junta se consideran que son la junta interior. La tercera junta, la segunda cámara y la cuarta junta se consideran que son la junta exterior. Las cámaras primera y segunda son denominadas "cámaras de sellado".

Alternativamente, la primera y / o la segunda cámara puede comprender un sensor (de gas y / o de presión), y entonces se denominarán "cámara de seguridad", mientras que las otras cámaras pueden servir solamente como cámaras de sellado. En otras realizaciones preferidas, más de una de las cámaras comprende un sensor de gas y / o de presión.

En una realización preferida adicional de la invención, un respiradero conecta la cámara de seguridad a un volumen adicional, en particular el aire ambiente o un sistema de ventilación, y permite un caudal de salida de gas predeterminado de la cámara de seguridad. Por ejemplo, el respiradero es un orificio de diámetro pequeño o puede ser ajustado.

5 table por ejemplo, por medio de una válvula de aguja. Alternativamente, el respiradero puede ser una membrana permeable. En ambos casos, la cantidad de gas que se ventila por el respiradero es minúscula, pero sirve para prevenir un incremento de presión producido por la fuga admisible de la cámara de compresión a través de la junta interior debido a la difusión normal. Las fugas mayores – mayores que las que pueden ser ventiladas -conducen a un incremento de presión que es detectado.

10 En otra realización preferida de la invención, la cámara de seguridad está llena de un fluido inerte adicional, tal como nitrógeno o agua purificada. La presión de este fluido adicional se mantiene ligeramente superior a la presión de salida del compresor. Esto sirve para evitar cualquier fuga de los gases bajo compresión en la cámara de seguridad y en otros lugares en los que se podría formar una mezcla explosiva. La fuente de este fluido a presión más alta puede ser, por ejemplo, un pequeño tanque de gas altamente comprimido disponible en el mercado. En esta realización, la cámara de seguridad también puede incluir un sensor de presión para detectar una disminución de la presión en la cámara de seguridad, lo que indica un deterioro de al menos una de las juntas.

15 En realizaciones preferidas adicionales de la invención, el compresor comprende una etapa hidráulica con un pistón hidráulico dispuesto para accionar el primer pistón y el segundo pistón. El medio hidráulico que energiza el pistón hidráulico es preferentemente agua. Esto es ventajoso en las aplicaciones del compresor domésticas a pequeña escala, y / o cuando el pistón hidráulico es accionado por agua suministrada desde el conducto de agua de red, siendo mantenida la presión de la conducto de agua por una bomba remota o por un almacén de agua elevado operado por la empresa de suministro de agua. El medio hidráulico (agua) también sirve para enfriar el compresor, lo cual mantiene pequeño el incremento de la temperatura del gas y por lo tanto permite las altas relaciones de compresión que se han mencionado.

20 Alternativamente, se puede utilizar aceite hidráulico, siendo provista la energía por ejemplo, por una bomba eléctrica. En otras realizaciones de la invención, los dos pistones de compresión son accionados directamente por un único motor eléctrico, por ejemplo, por medio de una transmisión mecánica para convertir la rotación del motor en un movimiento alternativo.

25 En una realización preferida adicional de la invención, por lo menos una de entre la primera etapa de compresión y la segunda etapa de compresión es parte de una disposición de compresión multietapas, en la que este tipo de disposición de compresión multietapas comprende al menos dos etapas de compresión conectadas en serie, opcionalmente con refrigerador intermedio o intercooler. De acuerdo con la presente invención, una etapa hidráulica central puede tener, en cada lado y dispuestos coaxialmente, un grupo de dos o más etapas de compresión siendo cada una de ellas coaxial y conectada en serie. De nuevo, estas etapas coaxiales son accionadas preferentemente por el mismo actuador. Un primer grupo de etapas comprime el primer gas, un segundo grupo de etapas comprime el segundo gas.

30 Por ejemplo, una secuencia de las cámaras de compresión conectadas en serie en las etapas de compresión posteriores es conocida en los compresores de un único gas, como se describe, por ejemplo, en el documento US 4.368.008. En el mismo (en la figura 12), se muestra un compresor de tres etapas, estando dispuestas las tres etapas en un lado de una etapa hidráulica. De esta manera, de acuerdo con la presente invención, un segundo compresor de tres etapas está dispuesto en el lado opuesto de la citada etapa hidráulica y es accionado también por la etapa hidráulica.

35 En una realización adicional preferida de la invención, el compresor comprende una unidad de control configurada para accionar, en cada movimiento de los pistones, la bomba para que opere, en un primer intervalo de tiempo, a una velocidad sustancialmente constante, y en un segundo intervalo de tiempo, a una velocidad que se incrementa progresivamente a medida que se incrementa la presión en la cámara de presión o en las cámaras que se están presurizando. El primer intervalo de tiempo en el cual la bomba funciona a velocidad constante también puede ser cero, es decir, la velocidad de la bomba aumenta monótonamente, desde el mismo inicio de la carrera de compresión.

40 Este esquema de control se basa en la realización de que, durante una primera etapa del incremento de presión, la contrapresión en la cámara de compresión es baja, y por lo tanto es suficiente para accionar la bomba hidráulica a menor velocidad. La presión generada a esta velocidad más baja es suficiente para superar (por medio del pistón hidráulico y del pistón de compresión del gas) la contrapresión en la cámara. El funcionamiento de la bomba a baja velocidad reduce su consumo de energía. Sólo cuando, en una etapa posterior de la carrera del pistón, la contrapresión en la cámara de compresión se eleva, se incrementará la velocidad o la presión de la bomba, con el fin de superar la contrapresión. La aceleración y por lo tanto la velocidad del pistón está dada por el balance de fuerzas del gas y del fluido hidráulico que actúa sobre los pistones. El flujo del fluido hidráulico es proporcional a la velocidad del pistón. El movimiento del pistón se puede desacelerar debido al incremento de la contrapresión de los gases, mientras que la velocidad de la bomba tiene que ser incrementada para conducir la presión hidráulica más arriba. El incremento de la velocidad de la bomba puede ser escalonado o lineal o aumentar progresivamente, por ejemplo, de acuerdo con una curva predeterminada. El incremento puede ser controlado por la retroinformación de las mediciones de presión o de carrera de la cámara de compresión. Opcionalmente, la presión de la fuente y la presión de almacenamiento se utilizan para controlar (el incremento de) la velocidad de la bomba. Alternativamente, la velocidad de la bomba puede ser controlada en lazo abierto, es decir, después de una trayectoria predeterminada en el tiempo.

El incremento gradual de la presión (nominal) de la bomba o de la velocidad de la bomba durante cada carrera reduce el consumo total de energía de la bomba y por lo tanto incrementa la eficiencia del compresor en su conjunto.

5 En condiciones en las cuales la contrapresión es baja, es decir, si la presión de almacenamiento actual todavía es baja, la fuerza de la desaceleración en el pistón también es baja. Entonces, el controlador puede disminuir la velocidad de la bomba hacia el final de la carrera del pistón, permitiendo que el pistón se desacelere hacia el punto de menor volumen de gas (en lugar de impactar en la posición final). Esto también reduce el consumo de energía, los esfuerzos mecánicos y la velocidad de salida del gas.

10 La descripción anterior en lo que se refiere al control de velocidad se basa en el supuesto de que se utiliza una bomba que permite generar mayores presiones al incrementar la velocidad de la bomba. La presión que es generada en última instancia, por la bomba es una función de los parámetros de la bomba, tales como la velocidad de la bomba (para un tipo particular de bomba), y las propiedades hidráulicas del sistema accionado por la bomba, por ejemplo la capacidad hidráulica y la resistencia del sistema. Por lo tanto, la presión real generada se debe distinguir de la presión nominal. La presión nominal corresponde a la presión máxima que se puede alcanzar en las condiciones de operación actuales (tales como la velocidad) de la bomba. Por lo tanto, en términos más generales, el diseño de control anterior comprende, en la primera fase, en un primer estado de operación, accionar la bomba para generar una presión nominal inferior y en la segunda fase, en un segundo estado de operación, generar una presión nominal mayor y preferiblemente creciente.

20 En una realización preferida de la invención, los medios de control están configurados para determinar el incremento de la velocidad de la bomba en función de un valor medido de la presión de almacenamiento; esto se hace, por ejemplo, seleccionando, de acuerdo con la presión de almacenamiento medida, una trayectoria de un conjunto predeterminado de trayectorias de velocidad.

Un método posible para comprimir simultáneamente gas con un compresor de acuerdo con la invención comprende las etapas de

- 25
- generar, en una unidad de fuente de gas, un primer gas y un segundo gas por medio de un proceso de separación química o electroquímica,
 - comprimir, en una primera etapa de compresión y por medio de un primer pistón, el primer gas,
 - accionar el primer pistón con un actuador mecánico,
 - comprimir, en una segunda etapa de compresión y por medio de un segundo pistón, el segundo gas,
 - accionar el segundo pistón con el mismo actuador mecánico,

30

 - mantener el primer y el segundo gas en el interior del compresor, separados uno del otro.

El método puede comprender, además, los siguientes pasos:

- 35
- presurizar el fluido hidráulico por medio de una bomba;
 - conmutar, por medio de una o más válvulas, el fluido hidráulico para que fluya, alternativamente, en cámaras opuestas de la etapa hidráulica, lo que producirá un movimiento alternativo del pistón hidráulico y de los pistones primero y segundo;
 - comprimir alternativamente con el citado movimiento alternativo de los pistones, el primer gas y el segundo gas en las etapas de compresión respectivas;

40

 - controlar, durante cada movimiento de compresión de un pistón, una presión generada por la bomba para que se eleve desde un primer nivel de presión a un segundo nivel de presión más alto, para compensar la contrapresión creciente ejercida por el gas que está siendo comprimido.

Realizaciones preferidas adicionales son evidentes de las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

El asunto objeto de la invención se explicará con más detalle en el siguiente texto, con referencia a realizaciones ejemplares preferidas que se ilustran en los dibujos adjuntos, en los cuales:

- 45
- la figura 1 muestra un compresor en una vista en perspectiva;
 - la figura 2 muestra un compresor con parte de una carcasa exterior recortada;
 - la figura 3 muestra esquemáticamente un compresor con equipo adicional;

la figura 4 muestra una vista detallada de una cámara de seguridad;

la figura 5 muestra realizaciones alternativas con respecto a ciertos detalles constructivos;

la figura 6 muestra las trayectorias de la presión P del gas, punto de consigna F_s de la velocidad de la bomba y velocidad de la bomba F_a en el tiempo t, y

5 las figuras 7 y 8 muestran trayectorias de presión en el tiempo.

Los símbolos de referencia utilizados en los dibujos, y sus significados se enumeran en forma sumaria en la lista de símbolos de referencia. En principio, las partes idénticas están provistas de los mismos símbolos de referencia en las figuras.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

10 La estructura de una realización preferida de un compresor de acuerdo con la invención se explica con referencia a las figuras 1 a 3. La figura 1 muestra un compresor 1 en una vista en perspectiva, separada y en la figura 2 en una vista similar, pero con parte de una carcasa exterior recortada. La figura 3 muestra esquemáticamente un compresor 1 con equipo adicional que forma el contexto en el que opera el compresor 1, en particular, un aparato 2 que proporciona gas a alta presión.

15 El compresor 1 comprende una primera etapa de compresión 11 para un primer gas, una primera cámara de compresión 12 para un segundo gas, y una etapa hidráulica 31 para accionar las dos etapas de compresión. La primera etapa de compresión 11 comprende un primer pistón 13 que opera en una primera cámara de compresión 12, la segunda etapa de compresión comprende un segundo pistón 23 que opera en una segunda cámara de compresión 22, y la etapa hidráulica 31 comprende un pistón hidráulico 33 que separa una primera cámara hidráulica 32a de una
20 segunda cámara hidráulica 32b. Espigas de guiado que se extienden desde la carcasa en orificios correspondientes en el pistón hidráulico 33 evitan que el pistón hidráulico 33 rote alrededor de su eje. Las tres etapas 11, 21 y 31 y los tres pistones 13, 23 y 33, son cilíndricos y están dispuestos coaxialmente, es decir, con un eje común, unos con respecto a los otros. Los tres pistones 13, 23 y 33 están hechos de piezas separadas que se unen unas con las otras en una relación fija, o son de una única pieza de material.

25 Otros elementos adicionales que pueden ser requeridos para la operación segura del sistema, tales como válvulas de cierre, válvulas de control, válvulas de seguridad o de alivio de presión, reguladores de presión, válvulas de control de flujo, restrictores, etc. son conocidos por los expertos en la técnica y no se muestran con mayor detalle.

El pistón hidráulico 33 es accionado por fluido hidráulico, preferentemente agua, siendo forzado alternativamente en la primera cámara hidráulica 32a y en la segunda cámara hidráulica 32b a través de aberturas de entrada / salida de
30 flujo correspondientes 34. Las aberturas de entrada / salida de flujo 34 de cada una de las cámaras hidráulicas están dispuestas preferentemente simétricamente con respecto al eje común de los pistones. Es decir, cada una de las cámaras comprende al menos, dos aberturas de entrada / salida de flujo asociadas para el fluido hidráulico, estando dispuestas simétricamente al menos dos aberturas respecto al eje longitudinal (o eje de balanceo) de simetría del pistón hidráulico. Esto da lugar a un flujo simétrico en la etapa hidráulica, y por lo tanto también a fuerzas simétricas
35 en el pistón. Preferentemente las fuerzas generadas por el fluido que circula contra el pistón hidráulico 33 son, por lo menos, aproximadamente coaxiales con el eje longitudinal del pistón hidráulico 33. Esto reduce la fricción y el desgaste. Observando la figura 1, sólo se muestra una abertura de entrada / salida de flujo 3 en cada cámara, estando situada una abertura opuesta de entrada / salida de flujo 34 en el lado invisible del compresor 1.

El líquido hidráulico a presión se proporciona por medio de conductos de suministro hidráulico 35, estando controla-
40 do el flujo del líquido por una o más válvulas 36, por ejemplo, una válvula de cuatro vías como se conoce en la técnica anterior, por ejemplo, por medio del documento US 4.368.008 o US 5.238.372. Alternativamente, un conjunto de cuatro válvulas separadas puede ser utilizado para controlar el flujo de agua a presión. La válvula o válvulas están configuradas para proporcionar alternativamente el fluido a presión a una de las cámaras hidráulicas 32a, 32b, al tiempo que permiten la salida del fluido desde la cámara opuesta. El líquido que sale de esta manera sale de la
45 válvula 36 a través de un conducto de descarga hidráulica 38.

En una realización preferida de la invención, el fluido hidráulico es agua. la presión requerida para energizar la etapa hidráulica 31 ya existe en un conducto de suministro hidráulico 39, tal como la red de agua, es decir, la presión y la energía para accionar el compresor 1 son proporcionadas por la compañía de suministro de agua, o la presión es proporcionada por una bomba 37 accionada, por ejemplo, por un motor eléctrico. El agua que sale del conducto de
50 descarga hidráulica 38 puede ser reciclada a través de un conducto de reflujo 393 a la bomba 37, o puede ser utilizada (por ejemplo, cuando no hay una bomba 37) para uso doméstico.

Por lo tanto, el compresor 1 puede ser utilizado en el ámbito doméstico, gracias a su construcción simple y compacta, y el fluido de trabajo (agua) puede ser reutilizado.

En una realización preferida de la invención, el compresor 1 comprende, además,

- un primer conducto de suministro 18 para conectar la al menos una primera etapa de compresión 11 a una primera fuente de gas que genera el primer gas por una reacción química o electroquímica, y un primer conducto de descarga 16 para descargar el primer gas a presión, y
- un segundo conducto de suministro 28 para conectar la al menos una primera etapa de compresión a una segunda fuente de gas 21 que genera el segundo gas por la misma la reacción química o electroquímica que el primer gas, y un segundo conducto de descarga 26 para descargar el segundo gas a presión.

Los volúmenes, es decir, los conductos y las etapas de compresión para contener el primer gas son distintos de los conductos y las etapas de compresión de gas para contener el segundo gas. Es decir, son trayectorias separadas, no idénticas para los dos gases a través del compresor 1.

- 10 En la realización preferida de la invención que se muestra en la figura 3, las fuentes de gas primera y segunda son realizadas por una unidad de electrólisis 40. La primera fuente de gas corresponde a una primera sección 40a de la unidad de electrólisis 40 en la cual se genera, por ejemplo, el oxígeno, y la segunda fuente de gas corresponde a una segunda sección 40b en la cual se genera, por ejemplo, el hidrógeno. La unidad de electrólisis 40 comprende una o más celdas de electrólisis, cables eléctricos 41 que energizan la (s) celda (s), y un suministro de agua 42 para reponer el agua que se convierte en oxígeno e hidrógeno.

- 15 El primer conducto de suministro 18 conduce a la primera cámara de compresión 12 a través de una primera válvula de control de entrada 14, el segundo conducto de suministro 28 conduce a la segunda cámara de compresión 22 a través de una segunda válvula de control de entrada 24. La primera etapa de compresión 11 puede comprender un primer sensor 19 para medir la presión y / o la temperatura en la primera cámara 12, o para detectar una sobrepresión. Del mismo modo, la segunda etapa de compresión 21 puede comprender un segundo sensor 29. El primer gas comprimido sale de la primera cámara de compresión 12 a través de una primera válvula de control de salida 15 y de un primer conducto de descarga 16 que conduce el primer gas a un primer recipiente a presión 17. El segundo gas comprimido sale de la segunda cámara de compresión 22 a través de una segunda válvula de control de salida 25 y de un segundo conducto de descarga 26 que conduce el segundo gas a un segundo recipiente a presión 27.
- 20 Los recipientes a presión primero y segundo 17, 27 se pueden desconectar (por un medio de desconexión que no se muestra en la figura) y el hidrógeno / oxígeno se pueden utilizar en otro lugar o en un vehículo.

- Válvulas adicionales, válvulas de control, sensores de presión y equipo de seguridad conocidos comúnmente por los expertos en la técnica pueden estar dispuestos en los lugares adecuados en la disposición general. El compresor y los equipos auxiliares son controlados por medio de una unidad de control 45 conectada al proceso por líneas de señales desde los sensores y líneas de control (no mostradas para mayor claridad) a los actuadores, en particular, a las válvulas 36.

- La figura 4 muestra una vista detallada de una cámara de seguridad 50 formada entre dos juntas, es decir, una junta interior 51 y una junta exterior 52 (en la figura 4, se muestran solamente las juntas para la segunda cámara de compresión 22). La junta interior 51, que aquí se muestra como compuesta por dos anillos de estanqueidad, obtura la separación entre las cámaras de compresión 12, 22 y los pistones 13, 23 correspondientes. La junta exterior 52 obtura la separación entre una cámara hidráulica 32a, 32b y el pistón correspondiente. Las dos juntas dispuestas a lo largo del mismo pistón definen un volumen anular 50 entre las juntas. Este volumen sirve como una cámara de seguridad intermedia 50 y proporciona una separación adicional entre las cámaras hidráulicas y las cámaras de compresión de gas respectivas. Si sólo se dispone una junta entre el gas y la unidad hidráulica, los dos gases podrían disiparse en el fluido hidráulico y se podrían acumular en el líquido para formar una mezcla explosiva. No habría ningún indicador de la velocidad de desgaste de la junta.

- Una o ambas juntas 51, 52, en lugar de estar, como se muestra, situada fijamente en la carcasa, deslizándose el pistón correspondiente en las juntas, de forma alternativa podría estar situada y moviéndose con el pistón, deslizándose a lo largo de la carcasa. Esto se muestra en la figura 5 para la junta interior 51. Una cámara de seguridad 50 está dispuesta preferiblemente tanto en la primera etapa de compresión 11 como en la segunda etapa de compresión 21.

- Un sensor de presión de seguridad 53 está dispuesto para medir la presión en cada una de las cámaras de seguridad 50. Un incremento repentino en la presión indica una fuga en la junta de la cámara de compresión adyacente correspondiente. También se puede incluir un detector de gas opcional, para detectar la presencia de los gases respectivos en las cámaras de seguridad 50. Cuando se detecta un incremento de la presión o de la concentración de gases en una cámara de seguridad 50, la operación puede ser detenida antes de que se acumulen cantidades peligrosas de gas. Con el fin de evitar un incremento de presión debido a las fugas pequeñas inevitables de la junta, la cámara de seguridad 50 preferiblemente comprende al menos un respiradero 54. El respiradero 54 permite que salga un pequeño flujo de gas de la cámara de seguridad 50. Puede ser implementado por una membrana permeable o similar, o simplemente por un pequeño orificio o microorificio o una válvula de aguja en la pared que separa la cámara de seguridad 50 del aire ambiente. Como se muestra en la figura 4, el respiradero también puede ser un pequeño canal que va desde el aire ambiente a un volumen en el sensor de presión de seguridad 53 (en la localización del sensor de presión 53, también se puede incluir un detector de gases 53 alternativo o adicional para detectar concentraciones de H₂ u O₂,) que a su vez está en comunicación con la cámara de seguridad 50. Para flujos de gas

mayores de los normales, el respiradero 54 actúa como una restricción y provoca una variación de presión en la cámara de seguridad 50.

Operación del compresor. El compresor es de doble efecto en el que, en un ciclo de movimiento alternativo de los pistones, una fase de admisión de gas en la primera etapa de compresión coincide con una fase de compresión en la segunda etapa de compresión y, viceversa, una fase de admisión de gas en la segunda etapa de compresión coincide con una fase de compresión en la primera etapa de compresión. En cada etapa de compresión, el movimiento alternativo de los pistones respectivos 13, 23 hace que los gases sean aspirados a través de las válvulas de control de entrada 14, 24 respectivas y a continuación sean descargados a través de las válvulas de control de salida 15, 25 respectivas.

La figura 5 muestra realizaciones alternativas con respecto a ciertos detalles de construcción. Una o más de estas variaciones se pueden combinar con una o más de las variaciones que ya se han descrito hasta ahora.

- de acuerdo con una realización preferida de la invención, las válvulas de control de salida 15, 25 están dispuestas en paralelo con la dirección del movimiento de los pistones correspondientes 13, 23. Preferiblemente, las válvulas de control de salida 15, 25 también están dispuestas a lo largo del mismo eje de simetría que los pistones 13, 23. Las válvulas de control de entrada 14 también pueden estar dispuestas en paralelo a la dirección del pistón (no mostrado).
- de acuerdo con otra realización adicional preferida de la invención, los pistones 13, 23 tienen una forma para que corresponda con la forma de los orificios de entrada y / o de salida. Esto reduce la cantidad de "volumen muerto" remanente cuando los pistones 13, 23 se encuentran en su posición extrema.
- de acuerdo con otra realización preferida de la invención, por lo menos un pistón 13, 23 no está conectado fijamente al pistón hidráulico 33, sino que sigue siendo "flotante" en su etapa 11, 21. Esto simplifica la construcción y el montaje. De esta manera, los pistones primero y segundo 13, 23 están conectados operativamente o acoplados mecánicamente al pistón hidráulico 33 para transmitir las fuerzas de presión o las fuerzas de compresión del pistón hidráulico 33 a los pistones 13, 23, pero no las fuerzas que separan el pistón hidráulico 33 y los pistones 13, 23 unos de los otros. Durante la fase de compresión respectiva, el pistón 13, 23 es empujado contra el gas por el pistón hidráulico 33, y durante la fase de admisión, el pistón 13, 23 es empujado hacia atrás por el gas a presión (a la presión de entrada) que entra a través de la correspondiente válvula de control de entrada 14, 24.

En una realización preferida de la invención, con el fin de conservar energía, la velocidad de la bomba 37 se adapta al estado de los pistones en el ciclo de compresión. Esto se ilustra por medio de los gráficos de la figura 6 para una carrera de compresión simple en una de las cámaras de compresión. Los gráficos muestran trayectorias ejemplares de la presión del gas P , punto de consigna F_s de la bomba y velocidad F_a de la bomba en el tiempo t . Cuando el pistón se desplaza desde la posición de compresión mínima a la posición de compresión máxima, la presión P del gas que se está comprimiendo aumenta. El tiempo para una carrera de este tipo (en una distancia de, por ejemplo, 5 cm) se encuentra preferentemente en el intervalo de un segundo, por ejemplo, 1,2 segundos. El punto de consigna F_s de la velocidad de la bomba se inicia en una velocidad mínima fs_1 , por ejemplo, como sea requerido por la bomba para generar un flujo. Después de un cierto tiempo, se requiere una velocidad de la bomba mayor con el fin de superar la contrafuerza en el pistón correspondiente a la presión del gas incrementada P . El punto de consigna se incrementa a un valor más alto fs_2 . La velocidad real F_a se retrasa con respecto al punto de consigna debido a la inercia de la bomba y del motor, y de acuerdo con los parámetros del lazo de control de velocidad.

Alternativamente, el punto de consigna de velocidad puede ser dado por más o menos que tres puntos de consigna discretos, o por una trayectoria continua. Los puntos de consigna y el momento de su cambio (o la trayectoria del punto de consigna) se pueden adaptar de acuerdo con la presión real y / o el trayecto real recorrido por el pistón. También puede ser determinado, puesto que la mayoría de los parámetros y las propiedades del gas que afectan a la compresión permanecen sin cambios. Los principales parámetros que realmente pueden cambiar durante la operación del compresor son la presión de entrada y la presión de salida o de descarga, por ejemplo, la presión del recipiente de almacenamiento que se está llenando. Si la presión de entrada es mantenida constante por el generador de gas, tal como la unidad de electrólisis 40, entonces es suficiente en un diseño de control simplificado, tener en cuenta sólo la presión de descarga. Entonces la magnitud del punto de consigna se adapta sólo de acuerdo con la presión de descarga. Los puntos de consigna óptimos se pueden determinar para diferentes valores de presión de descarga y se almacenan en una tabla de referencia del controlador 45 (de la bomba). Por ejemplo, para una presión de descarga inferior, son representativos los valores de punto de consigna de puntos y rayas y trayectorias adicionales. Para una presión de descarga muy baja (el depósito de almacenamiento 17, 27 está poco lleno) la contrapresión del gas no es suficiente para desacelerar el pistón. En ese caso, el punto de consigna de la velocidad de la bomba (que corresponde a su presión nominal) puede disminuir hacia el final de la carrera, es decir, fs_3 entonces puede ser menor que fs_2 , que puede ser menor que fs_1 .

Las figuras 7 y 8 muestran las trayectorias de presión a lo largo del tiempo. La figura 7 muestra la acumulación de presión en la primera cámara de compresión 12 (curva inferior, P_{02_c}) y la presión de salida del primer gas, que es

sustancialmente igual a la presión en el primer recipiente de presión 17 (curva superior, P_{O_v}, de puntos). La figura 8 muestra lo mismo para el segundo gas y la segunda cámara de compresión 22, con la presión de cámara de compresión (curva inferior P_{H2_c} y la presión del recipiente de almacenamiento (curva superior, P_{H2_v}, de puntos).

- 5 A medida que aumenta la presión de salida con cada carrera, la presión de la cámara se incrementa progresivamente con el fin de superar la presión de salida. En consecuencia, la trayectoria de velocidad de la bomba se eleva en línea con la presión de salida, como se ha explicado en el contexto de la figura 6.

- Las figuras 7 y 8 muestran también un efecto secundario de los distintos volúmenes de las cámaras de compresión 12, 22: el compresor 1 utilizado está diseñado para la compresión de oxígeno y el hidrógeno de forma simultánea. La relación estequiométrica cuando se generan estos gases a partir de agua es de dos moléculas de H₂ por cada molécula de O₂, y por lo tanto la primera cámara de compresión 12 para el oxígeno tiene la mitad del volumen (por ejemplo, aproximadamente 20 centímetros cúbicos) que la segunda cámara de compresión 22 para el hidrógeno (por ejemplo, aproximadamente 40 centímetros cúbicos). Como consecuencia, el incremento inicial de la presión en el hidrógeno (figura 8) precisa aproximadamente la mitad del número de carreras que en el oxígeno (figura 7), y la mitad del tiempo (nótese las diferentes escalas de tiempo de los dos gráficos). Esto supone que los recipientes de almacenamiento de O₂ y de H₂ tienen el mismo volumen.

- Las trayectorias de las figuras 7 y 8 están destinadas a fines ilustrativos: son atípicas en que corresponden a un recipiente de almacenamiento con un volumen relativamente pequeño. En un recipiente de almacenamiento más grande, que se llena desde un estado vacío, el incremento de la presión sería mucho más lento, es decir, requiere muchas más carreras del compresor.

- En una realización ejemplar de la invención, el compresor 1 se mueve en un ciclo aproximadamente cada 3 segundos (20 carreras dobles por minuto), utilizando, en la etapa hidráulica 3,4 litros de agua por carrera doble (68 litros por minuto), a una presión máxima de aproximadamente 6 bar a 8 bar. Esto corresponde, cuando se acciona el compresor 1 desde los conductos de agua a un consumo de agua de aproximadamente 4,080 litros por hora, lo que permite comprimir aproximadamente 1,6 Nm³ (metros cúbicos normales) de gas hidrógeno y 0,8 Nm³ de gas oxígeno por hora.

Aunque la invención se ha descrito en las realizaciones preferidas presentes de la invención, se debe entender claramente que la invención no está limitada a las mismas, sino que puede ser realizada de otras maneras diversas y practicada en el alcance de las reivindicaciones.

30 **Lista de denominaciones**

- | | |
|----|---|
| 1 | compresor |
| 2 | aparato de suministro de gas a alta presión |
| 11 | primera etapa de compresión |
| 12 | primera cámara de compresión |
| 35 | 13 primer pistón |
| | 14 primera válvula de control de entrada (aspiración) |
| | 15 primera válvula de control de salida (escape) |
| | 16 primer conducto de descarga |
| | 17 primer recipiente de presión |
| 40 | 18 primer conducto de suministro |
| | 19 primer sensor |
| | 21 segunda etapa de compresión |
| | 22 segunda cámara de compresión |
| | 23 segundo pistón |
| 45 | 24 segunda válvula de control de entrada (aspiración) |
| | 25 segunda válvula de control de salida (escape) |
| | 26 segundo conducto de descarga |

	27	segundo recipiente de presión
	28	segundo conducto de alimentación
	29	segundo sensor
	31	etapa hidráulica
5	32a	primera cámara hidráulica
	32b	segunda cámara hidráulica
	33	pistón hidráulico
	34	aberturas de entrada / salida de flujo
	35	conducto de alimentación hidráulica
10	36	válvula
	37	bomba
	38	conducto de descarga hidráulica
	39	conducto de alimentación hidráulica
	40	unidad de electrólisis
15	40a	primera sección de unidad de electrólisis
	40b	segunda sección de unidad de electrólisis
	41	conductores eléctricos
	42	alimentación de agua a electrólisis
	45	controlador
20	50	cámara de seguridad
	51	junta interior
	52	junta exterior
	53	sensor de presión o sensor de gas
	54	respiradero
25		

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un compresor de pistones alternativos (1) que comprende al menos una primera etapa de compresión (11) para comprimir un gas, comprendiendo la primera etapa de compresión (11) al menos un primer pistón (13) que se desliza en una primera cámara de compresión (12), comprendiendo el compresor (1) al menos una segunda etapa de compresión (21) para comprimir un segundo gas, comprendiendo la segunda etapa de compresión (21) al menos un segundo pistón (23) que se desliza en una segunda cámara de compresión (22), y los pistones primero y segundo (13, 23) son accionados por el mismo actuador mecánico (31), y los gases primero y segundo, en el compresor (1), se mantienen separados uno del otro, **que se caracteriza porque,**
- 10 para al menos una de las dos cámaras de compresión (12, 22), una junta interior (51) está dispuesta en una separación entre la citada cámara de compresión (12, 22) y el pistón (13, 23) que opera en la citada cámara de compresión (12, 22), con el fin de evitar que el gas se escape de la citada cámara de compresión (12, 22) y, además, una junta exterior (52) está dispuesta en una localización adicional a lo largo de la citada separación,
- 15 definiendo la junta interior (51) y la junta exterior (52) una cámara de seguridad (50), siendo la citada cámara de seguridad (50) una sección cerrada de la citada separación entre las juntas interior y exterior (51, 52).
2. El compresor de la reivindicación 1, que comprende
- 20 – un primer conducto de suministro (18) para conectar la al menos una primera etapa de compresión (11) a una fuente de gas (40a) que genera el primer gas por una reacción química o electroquímica, y un primer conducto de descarga (16) para descargar el primer gas a presión, y
- una segunda fuente de suministro (28) para conectar la al menos una segunda etapa de compresión (21) a una segunda fuente de gas (40b) que genera el segundo gas por la misma reacción química o electroquímica que el primer gas, y
- 25 un segundo conducto de descarga (26) para descargar el segundo gas a presión, y
- en el que los conductos (16, 18) y etapas de compresión (11) para contener el primer gas son distintos de los conductos (26, 28) y etapas de compresión (21) para contener el segundo gas.
3. El compresor (1) de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que la cámara de seguridad (50) está conectada a un sensor para detectar la presencia de gas que escapa de la cámara de compresión al interior de la cámara de seguridad (50).
- 30 4. El compresor (1) de la reivindicación 3, en el que un sensor de presión (53) está dispuesto para proporcionar una señal indicativa de la presión en la cámara de seguridad (50).
5. El compresor (1) de la reivindicación 3 o de la reivindicación 4, en el que un sensor de gas (53) está dispuesto para proporcionar una señal indicativa de la presencia, en la cámara de seguridad (50), del gas que está siendo comprimido en la cámara de compresión correspondiente (12, 22).
- 35 6. El compresor (1) de una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la cámara de seguridad (50) se llena con un fluido adicional que se mantiene a una presión mayor que la presión máxima de la cámara de compresión correspondiente (12, 22).
7. El compresor (1) de una de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende un respiradero (54) que conecta la cámara de seguridad (50) a un volumen adicional, en particular, el aire ambiente, y permite un flujo de salida predefinido de gas desde la cámara de seguridad (50).
- 40 8. El compresor (1) de la reivindicación 7, en el que el respiradero (54) es una salida de diámetro pequeño, tal como un microorificio o una válvula de aguja, o una membrana permeable.
9. El compresor de una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que una etapa hidráulica (31) con un pistón hidráulico (33) está dispuesta para accionar el primer pistón (13) y el segundo pistón (23), y en el que, preferentemente, el medio hidráulico que energiza el pistón hidráulico (33) es agua.
- 45 10. El compresor (1) de la reivindicación 9, en el que el pistón hidráulico (33) es accionado por un fluido hidráulico, y la junta exterior (52) separa el fluido hidráulico de la cámara de seguridad (50).
11. El compresor (1) de una de las reivindicaciones 9 ó 10, que comprende una bomba (37) y una disposición de válvulas (36) para proporcionar energía mecánica / hidráulica a la etapa hidráulica (31).

- 5 12. El compresor (1) de una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer pistón (13) y el segundo pistón (23) están dispuestos coaxialmente y están conectados operativamente, y en el que, en un ciclo de movimiento alternativo de los pistones (13, 23), una fase de admisión de gas en la primera etapa de compresión (11) coincide con una fase de compresión en la segunda etapa de compresión (21) y, viceversa, una fase de admisión de gas en la segunda etapa de compresión (21) coincide con una etapa de compresión en la primera etapa de compresión (11).
13. El compresor (1) de una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos un pistón (13, 23) no está conectado fijamente al actuador mecánico (31), es decir, el al menos un pistón (13, 23) sólo es empujado por el actuador mecánico (31) en la fase de compresión, y en la fase de admisión es empujado hacia atrás por la presión de un conducto de suministro correspondiente (18, 28).
- 10 14. El compresor (1) de una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de entre la primera etapa de compresión (11) y la segunda etapa de compresión (21) forma parte de una disposición de compresión multietapas, en el que una disposición de compresión multietapas comprende al menos dos etapas de compresión conectadas en serie.
- 15 15. El compresor (1) de una de las reivindicaciones anteriores, que comprende una unidad de control (45) configurada para, en cada carrera de los pistones (13, 23), accionar la bomba (37) para operar, durante un primer intervalo de tiempo, en una primera condición de operación para generar una primera presión nominal y, durante un segundo intervalo de tiempo, en una segunda condición de operación, para generar un incremento de la presión nominal cuando se incrementa la presión en la cámara de presión o en las cámaras que se están presurizando.

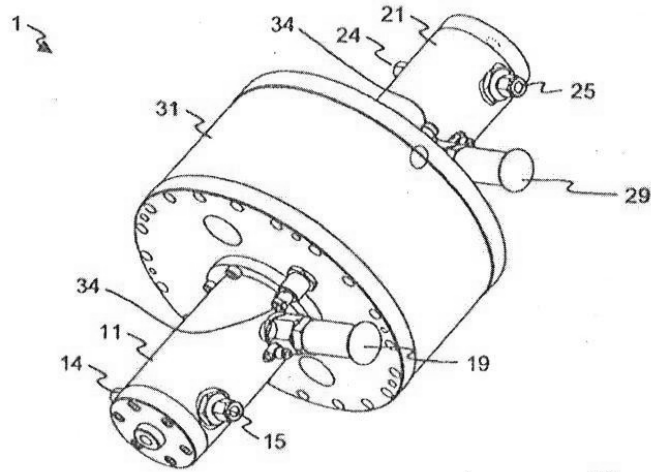


Fig. 1

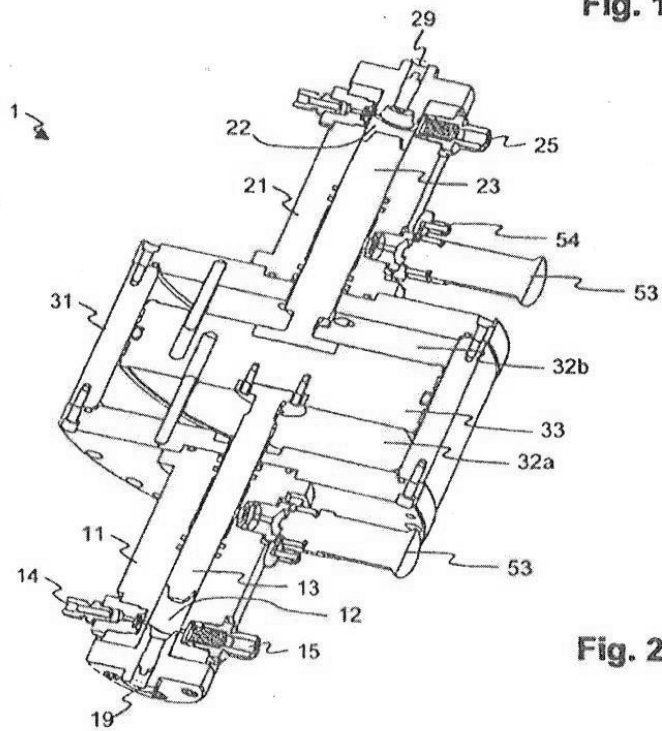


Fig. 2

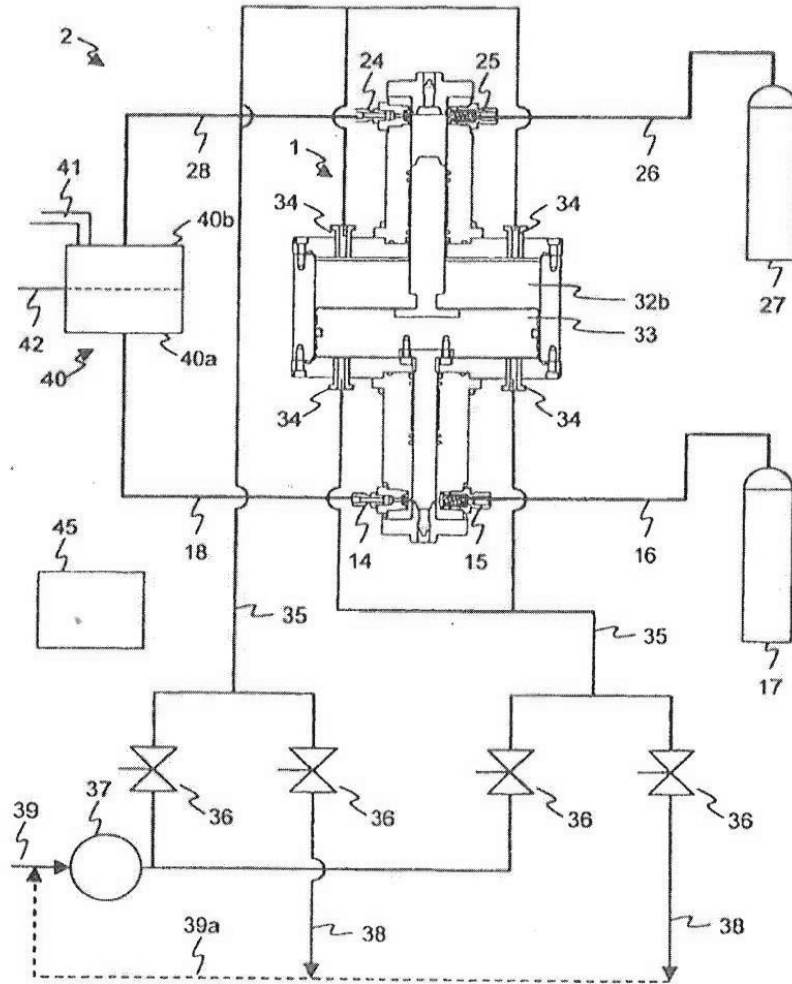


Fig. 3

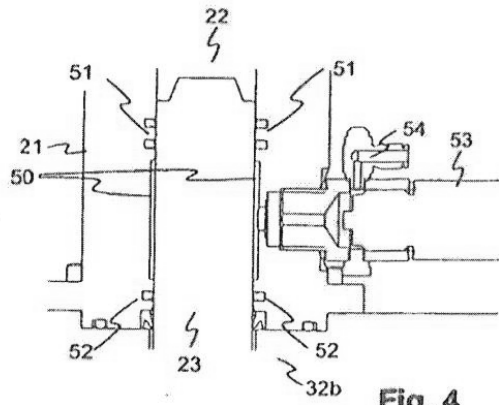


Fig. 4

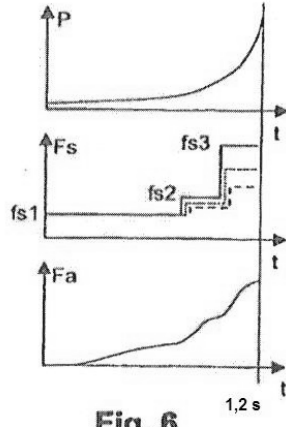


Fig. 6

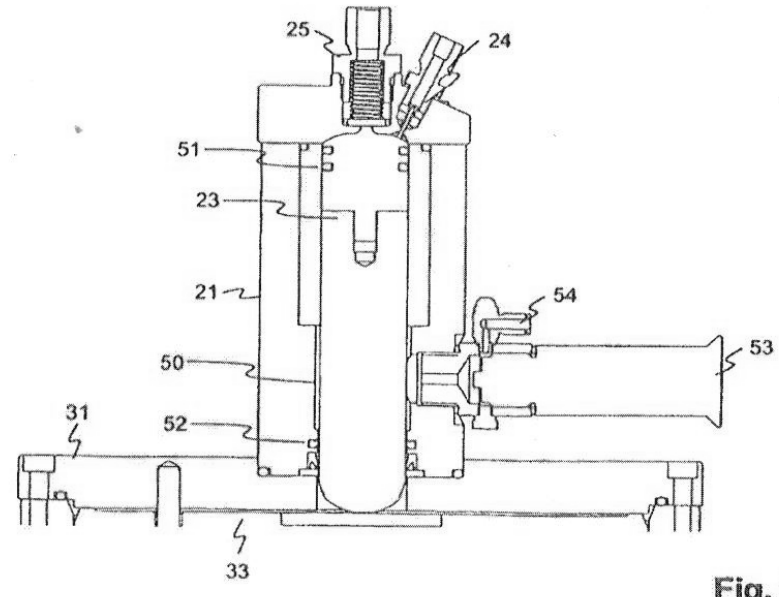


Fig. 5

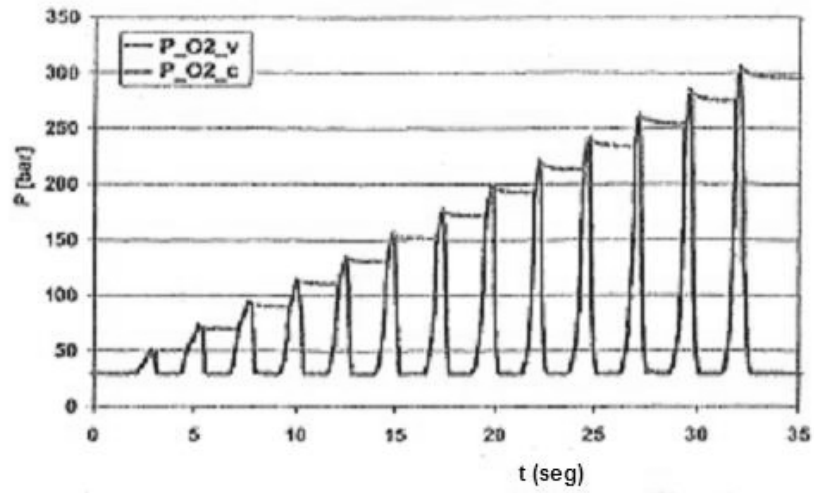


Fig. 7

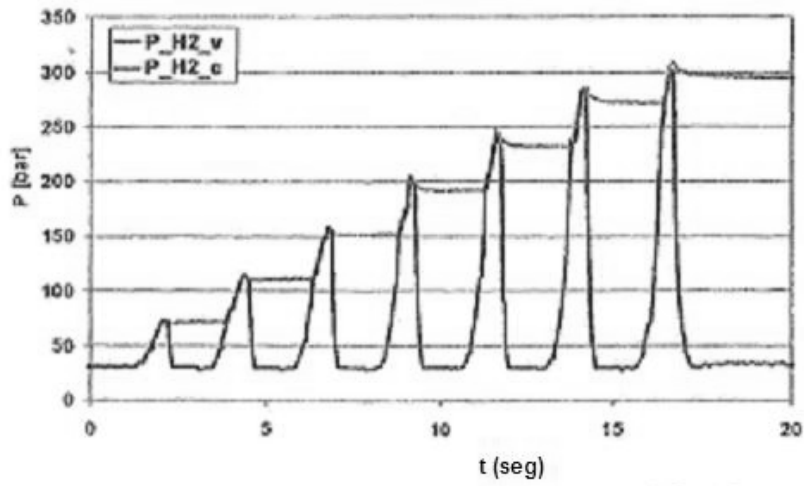


Fig. 8