

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 881 647**

(51) Int. Cl.:

F04B 9/133 (2006.01)
F04B 39/12 (2006.01)
F04B 41/06 (2006.01)
F04B 53/16 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.01.2019 PCT/EP2019/051537**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **01.08.2019 WO19145314**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2019 E 19700822 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.06.2021 EP 3728846**

(54) Título: **Dispositivo y procedimiento para condensar un medio de trabajo**

(30) Prioridad:

23.01.2018 EP 18152933

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.11.2021

(73) Titular/es:

**MAXIMATOR GMBH (100.0%)
Lange Strasse 6
99734 Nordhausen, DE**

(72) Inventor/es:

**ADLER, ROBERT;
FAHRTHOFER, GEORG;
GRUBER, SARAH;
NAGL, CHRISTOPH;
RASCH, MARKUS;
STEPHAN, MARKUS;
WILLIG, HENNING y
HIMMELSTEIN, RENE**

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 881 647 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 y procedimiento para condensar un medio de trabajo

5 La invención se refiere a un dispositivo para condensar un medio de trabajo que tiene las características del término genérico de la reivindicación 1 y a un procedimiento para condensar un medio de trabajo que tiene las características del término genérico de la reivindicación 8.

10 Tales condensadores son conocidos en el estado de la técnica en varias realizaciones (ver, por ejemplo, US 4.104.008 A). El documento US 4.104.008 A divulga una bomba hidráulica accionada por aire que comprende una cámara de trabajo y un pistón neumático, estando el pistón neumático conectado a un pistón hidráulico. Con la ayuda de un carrete auxiliar, que está sellado contra la cámara de trabajo, y una corredera de distribución, se suministra aire comprimido al pistón neumático para mover este último contra la fuerza de un muelle de compresión helicoidal. El movimiento del pistón neumático mueve el pistón hidráulico en un cilindro hidráulico, sobre el que se desliza una carcasa de válvula que se 15 utiliza para conectar las líneas hidráulicas.

20 El documento US 5.324.175 A divulga un compresor de pistón de aire de dos etapas operado neumáticamente que tiene un pistón de accionamiento integral y coaxial, un pistón de primera etapa y un pistón de segunda etapa. El lado de presión de la primera etapa del compresor es el lado de aspiración de la segunda etapa. Después de la compresión en la primera etapa del compresor, el aire que se va a comprimir pasa por un intercambiador de calor antes de seguir siendo comprimido en la segunda etapa.

25 En el documento DE 30 18 625 A1 y en el documento US 6.386.841 B1 se muestran diversas realizaciones de condensadores los que, sin embargo, no están conformados para aumentar la eficiencia de los condensadores.

25 Pero el elevado consumo de energía de los condensadores con accionamiento por gas resulta ser una desventaja.

En este contexto, la invención pretende aumentar la eficacia del accionamiento del pistón de alta presión.

30 Esta tarea se resuelve mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 1 y un procedimiento con las características de la reivindicación 8.

35 El dispositivo de acuerdo con la invención para condensar un medio de trabajo comprende al menos los siguientes componentes:

40 - un compresor para comprimir un medio de propulsión;
 - un intensificador de presión con un pistón de accionamiento accionable mediante el medio de propulsión dentro de un primer cilindro y con un pistón de alta presión que condensa el medio de trabajo dentro de un segundo cilindro,
 - un intercambiador de calor entre el compresor y el primer cilindro del intensificador de presión para transferir el calor del medio de trabajo condensado al medio de propulsión comprimido.

45 De acuerdo con la invención, el intercambiador de calor está dispuesto para un intercambio de calor entre el medio de trabajo después de la condensación en el segundo cilindro y el medio de propulsión antes de entrar en el primer cilindro del intensificador de presión. Ventajosamente, la temperatura del medio de propulsión en el estado comprimido puede así aumentar antes de que el pistón de accionamiento sea accionado por el medio de propulsión en el estado comprimido. Como resultado, se dispone de una mayor potencia de trabajo para el funcionamiento del pistón de alta presión, por lo que se puede aumentar la eficiencia del condensador.

50 Este principio puede utilizarse en varios tipos de condensadores, en particular, en un condensador de simple o doble efecto, de una o dos etapas. El compresor también puede ser de simple o doble efecto, de una o dos etapas, como un compresor de pistón.

55 A efectos de la presente divulgación, las referencias de ubicación y dirección, como "antes", "después", "entre", etc., se refieren a la dirección del flujo del medio de propulsión o del medio de trabajo durante el funcionamiento del condensador.

60 En una realización preferida, un circuito de bucle cerrado para el medio de propulsión está provisto de una primera línea desde el compresor hasta el primer cilindro y de una segunda línea desde el primer cilindro hasta el compresor. En el artículo de Andreas P. Weiß, "Higher Energy Efficiency - Theoretical Considerations for an Ideal Compressed Air System with a Closed Air Circuit", O+P 5/2009, se demostró en otro contexto que, en un sistema de aire comprimido con un cilindro de aire comprimido, la formación de un circuito de aire cerrado aumenta la eficiencia energética en comparación con un sistema de referencia abierto sin recirculación del aire de escape.

65 El intercambiador de calor está diseñado preferentemente como un recuperador, en el que el medio de propulsión comprimido y el medio de trabajo condensador están separados entre sí por medio de al menos una pared. En una realización alternativa, el intercambiador de calor está diseñado como un regenerador, en el que se proporciona el almacenamiento de calor en una masa de intercambiador de calor.

El intercambiador de calor puede ser, por ejemplo, un intercambiador de calor de placas o un intercambiador de calor de tubo en tubo. Sin embargo, se conocen varios diseños de intercambiadores de calor con los que se puede transferir el contenido de calor del medio de trabajo condensado al medio de propulsión comprimido.

5 Para reducir aún más la potencia de accionamiento necesaria, es conveniente que el compresor sea de diseño totalmente hermético o semihermético.

10 A los efectos de la presente divulgación, se entiende que un compresor "totalmente hermético" es una realización en la que una carcasa preferentemente estanca a la presión rodea tanto un motor de propulsión como una unidad de condensación, en la que la carcasa que la rodea, en particular, está soldada y los cables de los medios pasan a través de la carcasa.

15 A los efectos de la presente divulgación, se entiende que un compresor "semihermético" es una realización en la que un motor de propulsión está conectado a presión y de manera desmontable a una carcasa del condensador.

20 En otra realización, se proporciona un compresor de tipo abierto. Para los propósitos de la presente divulgación, se entiende que un compresor "abierto" es una realización en la que un gorrón del eje u otro medio de transferencia de carga se proyecta desde al menos un lado de una unidad de condensación, a través del cual se puede introducir energía de trabajo en la unidad de condensación.

De acuerdo con una realización particularmente preferida, el compresor y el circuito cerrado para el medio de propulsión están dispuestos para hacer circular el medio de propulsión a una presión superior a la presión ambiente.

25 De acuerdo con una realización preferida, se dispuso un refrigerador en la segunda línea del circuito cerrado para enfriar el medio de propulsión entre el primer cilindro del multiplicador de presión y el compresor. En esta realización, la temperatura del medio de propulsión se reduce cuando se lo retorna desde el primer cilindro al compresor. De este modo, la temperatura del medio de propulsión después de la compresión puede aumentar por intercambio de calor con el medio de trabajo condensado, sin que la temperatura en el circuito cerrado en general se incremente progresivamente. De este modo, el medio de trabajo se mantiene a diferentes niveles de temperatura en el circuito cerrado para conseguir una eficacia óptima en el accionamiento del pistón de alta presión.

30 Para reducir específicamente la temperatura del medio de propulsión en la línea de retorno del condensador al nivel apropiado, además se ha previsto en una realización preferida:

35 - un elemento de medición de la temperatura en el segundo conducto,
 - una unidad de control, que está conectada, por un lado, al elemento de medición de la temperatura y, por el otro, al refrigerador, para controlar el refrigerador en función de la temperatura del medio de propulsión en el segundo conducto.

40 Para compensar los picos de presión o las fluctuaciones de presión, preferentemente se ha previsto un primer acumulador intermedio entre el compresor y el intercambiador de calor y/o un segundo acumulador intermedio entre el refrigerador y el compresor.

45 De acuerdo con una realización preferida, se ha previsto una corredera de distribución entre el compresor y el primer cilindro, siendo la corredera de distribución commutable entre una primera posición y una segunda posición para hacer que el pistón de accionamiento selle un primer volumen del primer cilindro con respecto a un segundo volumen del primer cilindro mediante el medio de propulsión. En la primera posición, la corredera de distribución conecta el primer conducto a un primer volumen del primer cilindro y el segundo conducto a un segundo volumen del primer cilindro. En la segunda posición, la corredera de distribución conecta el primer conducto al segundo volumen del primer cilindro y el segundo conducto al primer volumen del primer cilindro.

50 El procedimiento de acuerdo con la invención para condensar un medio de trabajo de acuerdo presenta al menos los siguientes pasos:

55 - compresión de un medio de propulsión en un compresor;
 - movimiento de un pistón de accionamiento mediante el medio de propulsión de compresión dentro de un primer cilindro;
 - movimiento de un pistón de alta presión que condensa el medio de trabajo mediante el pistón de accionamiento dentro de un segundo cilindro, y
 - una transferencia de calor del medio de trabajo condensado al medio de propulsión comprimido antes de la entrada del medio de propulsión comprimido en el primer cilindro del pistón de accionamiento.

60 De acuerdo con una realización particularmente preferida, el procedimiento comprende además el paso de
 - hacer circular el medio de propulsión en un circuito cerrado desde el compresor a través del primer cilindro hasta el compresor.

De acuerdo con una realización particularmente preferida, el medio de propulsión en el compresor es comprimido desde una presión de entrada hasta una presión de salida, siendo la presión de entrada mayor que una presión ambiente.

5 La presión de entrada del medio de propulsión a la entrada del compresor está preferentemente entre 0,5 bar y 50 bar, en particular, entre 2 bar y 30 bar. La presión de salida del medio de propulsión a la salida del compresor está preferentemente entre 1 bar y 100 bar, en particular, entre 5 bar y 40 bar.

A efectos de la presente divulgación, todos los valores de presión deben entenderse como presiones absolutas.

10 Para reducir la temperatura del medio de propulsión previo al compresor, la refrigeración del medio de propulsión que sale del primer cilindro se realiza preferentemente mediante un refrigerador.

15 El medio de propulsión es preferentemente diferente del medio de trabajo. De acuerdo con una realización particularmente preferida, el medio de propulsión es gaseoso, siendo el medio de propulsión preferentemente uno de los siguientes: aire, nitrógeno, CO₂, argón o criptón o una mezcla de ellos. Los condensadores convencionales con accionamiento por gas tienen una gran necesidad de energía para proporcionar la potencia de accionamiento necesaria para impulsar el pistón de alta presión. Debido al circuito cerrado del medio de propulsión, por un lado, y a la transferencia de calor del medio de trabajo condensado al medio de propulsión comprimido, por otro, la eficiencia durante el funcionamiento del pistón de accionamiento puede aumentar sustancialmente.

20 En una aplicación particularmente preferida, el medio de trabajo es gaseoso, habiéndose sido previsto preferentemente hidrógeno molecular como medio de trabajo. De modo preferente, la presión del medio de trabajo es elevada desde una presión inicial, en particular, entre 3 bar y 500 bar, hasta una presión final, en particular, entre 100 bar y 1500 bar, en particular, entre 700 bar y 1000 bar. Estos valores deben entenderse de nuevo como presión absoluta en cada caso.

25 La invención se explica más adelante con referencia a un ejemplo de una realización mostrada en el dibujo.

30 La Fig. 1 muestra un dispositivo de acuerdo con la invención para condensar un medio de trabajo mediante un pistón de alta presión, en el que se realiza una transferencia de calor del medio de trabajo condensado al medio de propulsión comprimido para el pistón de accionamiento.

35 En la Fig. 1 se muestra esquemáticamente un dispositivo 1 para condensar un medio de trabajo gaseoso, preferentemente hidrógeno molecular. El dispositivo 1 comprende un compresor 2 para comprimir un medio de propulsión gaseoso, preferentemente aire. En el estado de la técnica, se conoce una gran variedad de tipos de compresores 2. Por ejemplo, el compresor 2 puede ser de tipo pistón o tornillo. El compresor puede tener exactamente una etapa o al menos dos etapas. El compresor 2 aumenta la presión del medio de propulsión desde una presión de entrada en una entrada 2a del compresor 2 hasta una presión de salida en una salida 2b del compresor 2.

40 Como se muestra además en el dibujo, el medio de propulsión comprimido se utiliza para accionar un intensificador de presión 3. El intensificador de presión 3, también denominado convertidor de presión, comprende un pistón de accionamiento 4 que se mueve dentro de un primer cilindro 5 entre una primera posición final y una segunda posición final. Para accionar el pistón de accionamiento 4, el medio de propulsión es conducido al primer cilindro 5. El pistón de accionamiento 4 sella un primer volumen 6 del primer cilindro 5 con respecto a un segundo volumen 7 del primer cilindro 5. El intensificador de presión 3 comprende además un pistón de alta presión 8, que se utiliza para condensar el medio de trabajo desde una presión inicial hasta una presión final. El pistón de alta presión 8 se mueve hacia adelante y hacia atrás dentro de un segundo cilindro 9 entre una primera posición final y una segunda posición final. Para ello, el pistón de alta presión 8 está conectado al pistón de accionamiento 4 de forma que el movimiento del pistón de accionamiento 4 es transmitido al pistón de alta presión 8. Para conseguir una transmisión de presión desde el lado de baja presión al lado de alta presión, el pistón de alta presión 8 tiene un área de pistón más pequeña que el pistón motor o de baja presión 4.

45 En la realización mostrada, el pistón de accionamiento 4 es de doble efecto con otro pistón de alta presión 10 dentro de un cilindro de alta presión 11 en el lado del pistón de accionamientos 4 alejado del pistón de alta presión 8. El medio de trabajo se suministra a la presión inicial al segundo cilindro 9 a través de una primera línea de suministro 12, y al cilindro de alta presión 11 a través de una segunda línea de suministro 13. Despues de la condensación, el medio de trabajo es descargado a la presión final desde el segundo cilindro 9 a través de una primera línea de descarga 14 y desde el cilindro de alta presión 11 a través de una segunda línea de descarga 15. Las válvulas 12a, 13a, 14a, 15a están previstas en los conductos de entrada y salida. En la realización mostrada, la primera línea de descarga 14 y la segunda línea de descarga 15 se combinan en una línea de descarga común 16. En una realización de acción simple del pistón de accionamiento 4 (no mostrado), sólo se proporciona la primera línea de descarga 14.

50 En la realización mostrada, el pistón de accionamiento 4 es de doble efecto con otro pistón de alta presión 10 dentro de un cilindro de alta presión 11 en el lado del pistón de accionamientos 4 alejado del pistón de alta presión 8. El medio de trabajo se suministra a la presión inicial al segundo cilindro 9 a través de una primera línea de suministro 12, y al cilindro de alta presión 11 a través de una segunda línea de suministro 13. Despues de la condensación, el medio de trabajo es descargado a la presión final desde el segundo cilindro 9 a través de una primera línea de descarga 14 y desde el cilindro de alta presión 11 a través de una segunda línea de descarga 15. Las válvulas 12a, 13a, 14a, 15a están previstas en los conductos de entrada y salida. En la realización mostrada, la primera línea de descarga 14 y la segunda línea de descarga 15 se combinan en una línea de descarga común 16. En una realización de acción simple del pistón de accionamiento 4 (no mostrado), sólo se proporciona la primera línea de descarga 14.

55 Como además puede verse en la Fig. 1, el medio de trabajo se hace circular en un circuito cerrado 17. El circuito cerrado 17 comprende un primer conducto 18 desde la salida 2a del compresor 2 hasta el primer cilindro 5, y un segundo conducto 19 (retorno) desde el primer cilindro 5 hasta la entrada 2b del compresor 2. Además, se ha previsto un dispositivo de control, en particular una corredera de distribución 20, para cambiar la dirección del flujo del medio de propulsión en el primer cilindro 5. Esto permite que el pistón de accionamiento 4 sea presurizado desde un lado o desde el otro, dependiendo de la posición del dispositivo de control, de modo que la comutación del dispositivo de control provoca el

movimiento recíproco del pistón de accionamientos 2. En la realización mostrada, el compresor 2 es totalmente hermético o semihermético. Ventajosamente, de esta manera pueden reducirse las fugas de gas.

Como puede verse en la Fig. 1, el medio de propulsión es guiado en la dirección de flujo 21 del medio de propulsión visto entre el compresor 2 y el primer cilindro 5 del intensificador de presión 3 a través de un intercambiador de calor 22, en el que se realiza un intercambio de calor con el medio de trabajo condensado. Para ello, el intercambiador de calor 22 está conectado al primer conducto de descarga 14 y/o al segundo conducto de descarga 15, y en el caso del condensador de doble efecto mostrado, al conducto de descarga común 16. Así, el contenido de calor del medio de trabajo después de la condensación en el segundo cilindro 9 puede ser aumentado para elevar la temperatura del medio de propulsión antes de entrar en el primer cilindro 5 para el pistón de accionamiento 4. De la ecuación ideal de los gases ($p^*V=n^*R^*T$), se deduce que el producto p^*V aumenta al aumentar la temperatura del medio de propulsión comprimido. De este modo, aumenta el trabajo que se puede realizar y, por consiguiente, la potencia en el transductor de presión. Así, se requiere menos energía de accionamiento (eléctrica) para que el compresor 2 realice el mismo trabajo en comparación con un sistema convencional.

En la realización mostrada, además se dispuso un refrigerador 23 en la segunda línea 19 para lograr el enfriamiento del medio de propulsión en el recorrido desde el primer cilindro 5 del intensificador de presión 3 de regreso al compresor 2. El refrigerador 23 puede estar diseñado como un intercambiador de calor adicional que incluye un ventilador 23a. En la realización mostrada, también se dispone de un elemento de medición de la temperatura 26 en la segunda línea 19, que transmite la temperatura del medio de trabajo a una unidad de control 27, que controla el ventilador 23a en función de la temperatura del medio de propulsión en la segunda línea 19.

Además, entre el compresor 2 y el intercambiador de calor 22 se ha previsto un primer acumulador de presión 24, y entre el refrigerador 23 y el compresor 2 se ha previsto un segundo acumulador de presión 25.

Para mejorar la claridad, sólo se muestran en el dibujo los componentes necesarios para comprender la realización mostrada. Por supuesto, el dispositivo condensador 1 puede tener una amplia variedad de componentes adicionales y modificaciones en comparación con la realización mostrada.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (1) para condensar un medio de trabajo que presenta:
 - 5 - un compresor (2) para comprimir un medio de propulsión;
 - un intensificador de presión (3) con un pistón de accionamiento (4) accionable mediante el medio de propulsión dentro de un primer cilindro (5) y con un pistón de alta presión (8) que condensa el medio de trabajo dentro de un segundo cilindro (9); caracterizado por
 - 10 - un intercambiador de calor (22) entre el compresor (2) y el primer cilindro (5) del intensificador de presión (3) para transferir el calor del medio de trabajo condensado al medio de propulsión comprimido.
2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por
 - 15 - un circuito cerrado (17) para el medio de propulsión que comprende un primer conducto (18) desde el compresor (2) hasta el primer cilindro (5) y un segundo conducto (19) desde el primer cilindro (5) hasta el compresor (2).
3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque el compresor (2) es totalmente hermético, semihermético o abierto.
- 20 4. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, caracterizado porque el compresor (2) y el circuito cerrado (17) para el medio de propulsión están dispuestos para hacer circular el medio de propulsión a una presión superior a la presión ambiente.
5. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado por
 - 25 - un refrigerador (23) para enfriar el medio de propulsión en el segundo conducto (19) entre el primer cilindro (5) del intensificador de presión (3) y el compresor (2).
6. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por
 - 30 - un elemento de medición de la temperatura (26) en el segundo conducto (19),
 - una unidad de control (27) conectada, por una parte, al elemento de medición de la temperatura (26) y, por otra parte, al refrigerador (23) para controlar el refrigerador (23) en función de la temperatura del medio de propulsión en el segundo conducto (19).
7. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por
 - 35 - un primer acumulador de presión (24) entre el compresor (2) y el intercambiador de calor (22) y/o un segundo acumulador de presión (25) entre el refrigerador (23) y el compresor (2).
8. Procedimiento para condensar un medio de trabajo que incluye:
 - 40 - compresión de un medio de propulsión en un compresor (2);
 - movimiento de un pistón de accionamiento (4) mediante el medio de propulsión de compresión dentro de un primer cilindro (5);
 - movimiento de un pistón de alta presión (8) que condensa el medio de trabajo mediante el pistón de accionamiento (2) dentro de un segundo cilindro (9),
 - 45 caracterizado por
 - una transferencia de calor del medio de trabajo condensado al medio de propulsión comprimido antes de la entrada del medio de propulsión comprimido en el primer cilindro (5) del pistón de accionamiento (4).
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por
 - 50 - conducir el medio de propulsión en un circuito cerrado (18) desde el compresor (2) a través del primer cilindro (5) de retorno al compresor (2).
10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, caracterizado porque se comprime el medio de propulsión en el compresor (2) desde una presión de entrada hasta una presión de salida, siendo la presión de entrada mayor que una presión ambiente.
- 55 11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque la presión de entrada está comprendida entre 0,5 bar y 50 bar, en particular, entre 2 bar y 30 bar.
- 60 12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado por
 - el enfriamiento del medio de propulsión que sale del primer cilindro (5) mediante un refrigerador (23).
13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado porque el medio de propulsión es gaseoso, siendo que se preferentemente se ha previsto como medio de propulsión uno de los siguientes: aire, nitrógeno, CO₂, argón o criptón o una mezcla de ellos.

14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 13, caracterizado porque el medio de trabajo es gaseoso, mientras preferentemente se ha previsto hidrógeno molecular como medio de trabajo.

