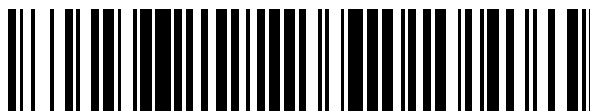


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 409**

51 Int. Cl.:

**F04D 25/02** (2006.01)

**F01K 23/00** (2006.01)

**F04B 35/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.06.2007 PCT/BE2007/000053**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.12.2007 WO07137373**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2007 E 07719217 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 2035711**

54 Título: **Dispositivo compresor de etapas múltiples**

30 Prioridad:

**01.06.2006 BE 200600304**

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

**08.04.2020**

73 Titular/es:

**ATLAS COPCO AIRPOWER, NAAMLOZE  
VENNOOTSCHAP (100.0%)  
Boomssesteenweg 957  
2610 Wilrijk, BE**

72 Inventor/es:

**ERNENS, PHILIPPE, ALPHONSE, LOUIS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 753 409 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 compresor de etapas múltiples

Esta invención se refiere a un dispositivo compresor mejorado.

5 Se sabe que en los dispositivos compresores, la temperatura del gas comprimido puede aumentar a un nivel alto debido a la compresión.

Por lo tanto, gran parte de la potencia necesaria para comprimir el gas se convierte en calor, y especialmente en calor latente en el gas comprimido.

Esta conversión en calor generalmente no se utiliza y, por lo tanto, representa una pérdida, lo que tiene un efecto negativo en la eficiencia del dispositivo compresor.

10 Por lo general, se intenta limitar el calor que se genera para mejorar la eficiencia y garantizar que la compresión se produzca de la manera ideal, es decir, de forma isotérmica.

En la práctica, la compresión isotérmica es difícil de lograr.

15 Una solución conocida para limitar el calor generado durante la compresión del gas consiste en inyectar un líquido refrigerante con una alta capacidad de calor en el elemento compresor del dispositivo compresor. Por ejemplo, este es el caso de los denominados compresores de tornillo con inyección de aceite e inyección de agua.

Sin embargo, en compresores industriales de este tipo, el tiempo de interacción en el elemento compresor es muy corto, como resultado de lo cual la influencia positiva de la inyección de líquido en términos de eficiencia no es particularmente pronunciada.

20 Otra solución conocida para buscar la compresión isotérmica consiste en hacer que la compresión tenga lugar en varias etapas con presión constantemente creciente, en elementos compresores sucesivos conectados en serie, y enfriar el gas comprimido usando un interenfriador entre las etapas sucesivas.

Una alternativa consiste en recuperar el calor latente del gas comprimido para otros fines o aplicaciones útiles, por ejemplo, para su uso en una instalación de calefacción o similar.

Sin embargo, tales aplicaciones no siempre son convenientes o necesarias en el lugar.

25 Tales aplicaciones ya son conocidas en las que el calor del gas se recupera y convierte mediante una turbina en energía mecánica.

Esta energía mecánica se usa, por ejemplo, para accionar un generador eléctrico, o se usa para reducir la carga en el motor que se usa para accionar el dispositivo compresor, de modo que se pueda usar un motor más pequeño.

30 En este último caso, la turbina está directamente unida mecánicamente a través de su eje al eje de accionamiento de dicho motor o de uno o más elementos compresores del dispositivo compresor. Debido a que los elementos del compresor y la turbina están unidos mecánicamente, la elección de estos componentes está restringida, por lo que estos componentes no pueden optimizarse por sí mismos.

Además, aunque se obtiene una mejor eficiencia general a través de la recuperación de calor, la eficiencia del propio dispositivo compresor no mejora.

35 El documento EP 1.389.672 describe un método y un dispositivo para comprimir una corriente de gas en al menos una primera etapa de compresión y enfriarla consecutivamente por intercambio de calor indirecto con un refrigerante que se evapora en un primer evaporador. El refrigerante circula en un ciclo de refrigeración. La expansión del refrigerante en el ciclo de refrigeración se realiza mientras se realiza el trabajo.

40 El documento US 5.413.467 describe un dispositivo para producir aire comprimido dispuesto para aspirar el aire de la atmósfera y aumentar la presión del aire aspirado por un turbocompresor, para enfriar el aire a alta temperatura haciendo pasar el aire a través de un interenfriador para comprimir el aire a la presión requerida por un compresor de tornillo sin aceite.

La presente invención se refiere a un dispositivo compresor con eficiencia mejorada y más opciones para la optimización de cada componente individual y, por lo tanto, también del dispositivo compresor en conjunto.

Con este fin, la invención se refiere a un dispositivo compresor de etapas múltiples mejorado para comprimir gas según la reivindicación 1. Más particularmente, la invención se refiere a un dispositivo compresor de etapas múltiples mejorado, consistiendo dicho dispositivo compresor principalmente en al menos dos elementos compresores colocados en series una tras otra, al menos una de las cuales forma un elemento compresor de alta presión que es accionado por un motor y es del tipo de tornillo, mientras que al menos otro elemento compresor forma un elemento compresor de baja presión que es del tipo centrífugo y se acciona por separado, en otras palabras, sin ningún enlace mecánico con dicho motor, por medio de un expansor. El dispositivo compresor de etapas múltiples mejorado está caracterizado

por que el expansor pertenece a un ciclo de potencia cerrado con un medio circulante en el interior que es calentado por el gas comprimido que proviene del elemento compresor de alta presión, por que el medio en el ciclo de potencia cerrado se bombea por medio de una bomba, sucesivamente a través de: un calentador que está formado por al menos un intercambiador de calor a través del cual fluye al menos parte del gas comprimido; dicho expansor que está conectado con dicho elemento compresor; y un condensador, y por que el dispositivo compresor tiene un accionamiento en forma de motor térmico con una línea de salida para los gases de escape y por que el calentador en el ciclo de potencia cerrado tiene un intercambiador de calor adicional, que se incluye en dicha línea de salida.

Por lo tanto, el calor del gas comprimido se utiliza para accionar un componente del dispositivo compresor, utilizando un ciclo de potencia eficiente, que funciona preferentemente según el llamado proceso del ciclo de Rankine, en el que los gases calientes del elemento compresor de alta presión funcionan como una fuente de calor.

De esta manera, la energía del gas comprimido se recupera de manera eficiente y se usa para el propio dispositivo compresor, como resultado de lo cual se mejora la propia eficiencia del dispositivo compresor.

A medida que el elemento compresor que se acciona por separado por el expansor se desacopla del elemento compresor que es accionado por el motor, el elemento compresor que es accionado por el expansor puede accionarse a una velocidad diferente del elemento compresor que es accionado por el motor.

Esto permite, por lo tanto, aprovechar adicionalmente las velocidades individuales de los dos elementos compresores para ajustar las condiciones de funcionamiento de los dos elementos compresores por separado según la capacidad deseada del compresor, las condiciones atmosféricas, y así sucesivamente.

Además, se puede elegir un elemento compresor que puede ser accionado directamente a alta velocidad por el expansor sin la intervención de una caja de transmisión o algún elemento similar.

Dado que el elemento compresor que es accionado por la turbina, es de un tipo diferente al del elemento compresor que es accionado por el motor, por lo que se hace una elección óptima a este respecto.

En términos generales, todo esto permite obtener una eficiencia mejorada del dispositivo compresor como tal.

El medio en el ciclo de potencia cerrado se bombea por medio de una bomba, sucesivamente a través de: un calentador que está formado por al menos un intercambiador de calor a través del cual fluye al menos parte del gas comprimido; dicho expansor que está conectado con un dicho elemento compresor; y un condensador

El medio se evapora en el calentador en un gas con alta energía que acciona el expansor, por ejemplo, una turbina, y por lo tanto también el elemento compresor que está conectado al mismo, durante el cual el gas en el expansor experimenta expansión, después de lo cual el medio gaseoso que sale del expansor se licúa nuevamente a baja presión en el condensador, para luego ser enviado nuevamente por la bomba a una presión aumentada a través del calentador y comenzar de este modo un nuevo ciclo en el ciclo de potencia cerrado.

De esta manera, el expansor, por ejemplo, una turbina, puede accionarse a velocidades muy altas, lo que permite, por ejemplo, utilizar un turbocompresor de manera favorable como elemento compresor que es accionado por el expansor.

Con el fin de demostrar las características de la invención más claramente, a continuación, a modo de ejemplo y sin ninguna intención limitativa, se describen una serie de realizaciones preferentes de un dispositivo compresor mejorado según la invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es una representación esquemática de un dispositivo compresor que no forma parte de la invención; las figuras 2 y 3 muestran variantes de la figura 1 según la invención.

El dispositivo compresor 1 en la figura 1 consiste principalmente en dos elementos compresores: un primer elemento

compresor 2 con una entrada 3 y una salida 4 y un segundo elemento compresor 5, del mismo modo con una entrada 6 y una salida 7.

Los elementos compresores 2 y 5 están conectados en serie por medio de una línea 8 que conecta la salida 4 del primer elemento compresor 2 con la entrada 6 del segundo elemento compresor 5.

5 El primer elemento compresor 2 está aguas arriba del segundo elemento compresor 5, con respecto a la dirección del flujo del gas comprimido, y funciona a presiones más bajas que el segundo elemento compresor 5, como resultado de lo cual estos elementos compresores 2 y 5 son también ocasionalmente denominados elemento compresor de baja presión 2 y elemento compresor de alta presión 5, lo que no significa que el elemento de baja presión deba funcionar necesariamente a baja presión.

10 El elemento compresor de alta presión 5 es accionado por un motor 9, y en este caso está conectado a través de una línea de presión 10 con una red eléctrica 11 o similar. El elemento compresor de baja presión 2 en este caso es un componente del dispositivo compresor 1 que según la invención es accionado por un ciclo de potencia cerrado 12 que funciona según el principio de un proceso de ciclo de Rankine.

15 El ciclo de potencia 12 consiste en el ejemplo representado de un circuito cerrado 13 en el que se bombea un medio tal como pentano, agua, CO<sub>2</sub> o cualquier otro medio adecuado en una dirección de flujo 14 particular, por ejemplo por medio de una bomba 15 que es accionada por un motor 16.

El circuito 13 contiene sucesivamente, en la dirección del flujo 14 del medio, un calentador en forma de un intercambiador de calor 17, un expansor 18, en este caso en forma de una turbina 18 y un condensador 19.

20 A través del intercambiador de calor 17 fluyen los gases calientes que provienen del elemento compresor de alta presión 5, para lo cual el intercambiador de calor 17 está incluido en la línea de presión 10.

La turbina 18 está equipada con una entrada 20 y una salida 21 para el medio y está conectada por medio de la transmisión 22 con el eje entrante del elemento compresor de baja presión 2, asegurando los puntos anteriores que el elemento compresor de baja presión 2 esté accionado por separado del elemento compresor de alta presión 5 sin ningún enlace mecánico entre los dos elementos compresores 2 y 5 o el motor 9 del elemento compresor 5.

25 En el ejemplo representado, tanto el elemento compresor de baja presión 2 como la turbina 18 son del tipo turbo, como resultado de lo cual la transmisión 22 puede ser un enlace directo por medio de un eje. Sin embargo, no se excluye la posibilidad de que se puedan usar otros tipos de elemento compresor o expansor, y más particularmente turbinas, tales como del tipo espiral, del tipo de tornillo, y así sucesivamente.

30 El condensador 19 es un intercambiador de calor para enfriar el medio que fluye a través del mismo, y en este caso toma la forma de enfriamiento por aire que es provisto por un ventilador externo 23 con accionamiento 24.

El funcionamiento del dispositivo compresor 1 mejorado es simple y procede de la siguiente manera.

El elemento compresor de alta presión 5 es accionado por el motor 9 y entrega un flujo particular de gas comprimido que se entrega a través de la línea de presión 10 y el intercambiador de calor 17 del calentador a la red eléctrica 11.

35 Simultáneamente con el elemento compresor 5, la bomba 15 también es accionada por medio del motor 16 para bombear el medio alrededor del circuito 13 en la dirección 14, en cuyo proceso el medio es llevado por la bomba 15 a un aumento de presión, por ejemplo, 10 bar.

El medio fluye en forma líquida hacia el intercambiador de calor 17 del calentador, y se evapora a una fase gaseosa por la transferencia de calor en el calentador 17.

El gas que se forma fluye hacia la turbina 18 a una presión y temperatura relativamente altas.

40 En la turbina 18, la fase gaseosa del medio experimenta expansión, como resultado de lo cual la turbina 18 se acciona a alta velocidad, como resultado de lo cual esta turbina 18 accionará a su vez el elemento compresor de baja presión 2.

Como resultado, el gas que se va a comprimir se toma a través de la entrada 3 y se comprime en el elemento compresor de baja presión 2 a una cierta presión intermedia.

45 El medio sale de la turbina 18 a una presión y temperatura considerablemente reducidas y se enfría en el condensador 19 para condensar y volver a licuar, como resultado de lo cual la bomba 15 puede recoger y bombear

el medio relicuado nuevamente para el siguiente ciclo operativo.

Según la aplicación y la potencia nominal, los diversos componentes se pueden adaptar para obtener el mejor resultado.

5 Para un elemento compresor de alta presión 5 con una potencia absorbida de alrededor de 240 kW y una capacidad en la región de 1000 litros por segundo y una relación de compresión de 4,5 se han obtenido resultados positivos, por ejemplo, con un ciclo de potencia basado en pentano con una turbina 18 con una relación de expansión de aproximadamente 100, y en cualquier caso mayor que 50, que desarrolló potencia en la región de 60 kW para accionar el elemento compresor de baja presión 2 con una relación de compresión de aproximadamente 1,8.

10 En lugar de pentano, se puede usar otro medio tal como agua o CO<sub>2</sub> si es necesario, preferentemente un medio con un punto de ebullición relativamente bajo que sea inferior a 150 grados Celsius.

Desde luego, para el compresor todos los tipos de compresor pueden usarse como un elemento compresor de alta presión, tales como compresores de tornillo, compresores libres de aceite, y así sucesivamente.

La turbina 18 y el elemento compresor de baja presión 2 no necesariamente tienen que ser del tipo turbo, sino que también pueden ser del tipo de tornillo o del tipo espiral, y pueden ser todos del mismo tipo o de un tipo diferente.

15 Si se usa un elemento compresor 2 del tipo turbo de alta velocidad, el volumen del elemento compresor 2 usado puede ser mucho más pequeño que en los elementos compresores usados convencionalmente que necesitan ser accionados a baja velocidad, de modo que un dispositivo compresor según la invención con tal elemento compresor 2 del tipo turbo también ocupa menos espacio que los dispositivos compresores conocidos.

20 En combinación con un motor 9 del tipo térmico, tal dispositivo compresor es por lo tanto muy adecuado para una versión portátil del tipo compresor.

El calentador 17 y el expansor 18 son, preferentemente, componentes de alta eficiencia que pueden funcionar con una pequeña diferencia de temperatura.

No se excluye la posibilidad de que el medio en el ciclo de potencia 12 pueda circular como resultado del funcionamiento termodinámico del proceso del ciclo, sin que se necesite una bomba 15 para esto.

25 En la figura 2, se muestra un dispositivo compresor mejorado según la invención, que difiere de la realización en la figura 1 en que el calentador en el ciclo de potencia cerrado 12 contiene un intercambiador de calor 25 adicional que está incluido aguas arriba del intercambiador de calor 17 en el ciclo de potencia 12, y en que el motor 9 que accionará el elemento del compresor de alta presión 5 es un motor térmico cuyos gases de escape son transportados a través de una línea de salida 26 a través de un intercambiador de calor 27 adicional, que también se incluye como un calentador en el circuito 13 para calentar el medio en este ciclo de potencia 12.

30 Este intercambiador de calor 25 toma la forma de un interenfriador que está incluido en la línea 8 que conecta el elemento compresor de baja presión 2 con el elemento compresor de alta presión 5.

35 Mediante el uso de este interenfriador 25, el gas que se comprime en el elemento compresor de alta presión 5 se enfría previamente, lo que tiene un efecto positivo en la eficiencia del elemento compresor de alta presión 5 y además proporciona una fuente de calor adicional que puede suministrar energía al medio en el ciclo de potencia 12.

En otros aspectos, el funcionamiento de esta variante es análogo al de la figura 1.

Está claro que el flujo de gas comprimido que se transporta a través de los intercambiadores de calor 17, 25 y 27 no necesariamente tiene que ser el flujo completo que es entregado por los elementos del compresor 2 a 5.

Como versión alternativa, el calentador puede consistir en solo uno de los intercambiadores de calor 17, 25 y 27.

40 En función de si la temperatura de los gases de escape en la línea de salida 26 es superior o inferior a la temperatura de los gases comprimidos en la línea de presión 10, el intercambiador de calor 27 puede incluirse aguas arriba o aguas abajo del intercambiador de calor 17 en el circuito 13.

En la figura 3, se muestra una variante de tal dispositivo compresor según la invención, en el que el intercambiador de calor 27 está posicionado aguas abajo del intercambiador de calor.

45 En la figura 3, la invención se aplica a un dispositivo compresor de etapas múltiples 1 con un elemento compresor 28

adicional que se coloca en serie entre el elemento compresor de baja presión 2 y el elemento compresor de alta presión 5, tomando el intercambiador de calor 25 la forma de un interenfriador para enfriar el gas que es comprimido por el compresor 28 antes de que sea absorbido por el elemento compresor de alta presión 5 para una compresión adicional.

5 Además, un generador 29 está ajustado en el dispositivo compresor 1 en la figura 3, cuyo generador es accionado por medio de una transmisión 30 por la turbina 18 y suministra corriente para accionar otros componentes del dispositivo compresor, tal como el motor 16 y el accionamiento 24 de la bomba 15 y el ventilador 23 respectivamente, o por ejemplo de un secador de aire adicional o ventiladores adicionales para los intercambiadores de calor 17, 25 y/o 27.

10 Según una realización alternativa que no se muestra en las figuras, la turbina 18 se usa exclusivamente para accionar el generador 29.

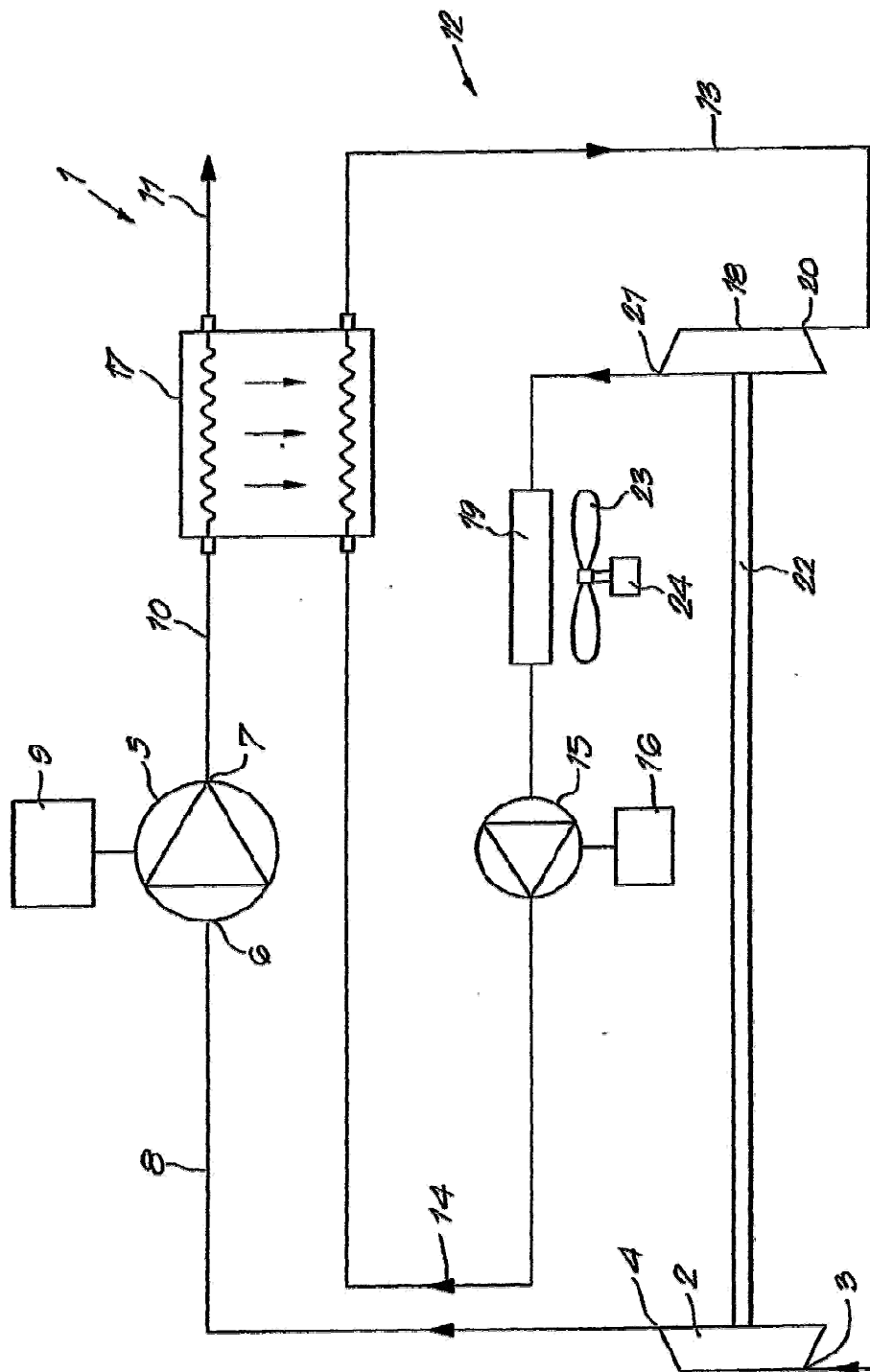
Aunque las figuras muestran realizaciones de un dispositivo compresor según la invención en la que el elemento compresor 2 accionado por el expansor 18 está ubicado aguas arriba del elemento compresor 5 que es accionado por el motor 9, no se excluye la posibilidad de que este elemento compresor 2 podría posicionarse aguas abajo del

15 elemento compresor 5.

La presente invención no se limita de ninguna manera a las realizaciones descritas a modo de ejemplo y mostradas en las figuras, y un dispositivo compresor mejorado según la invención puede producirse en diversas formas y dimensiones diferentes sin ir más allá del alcance de la invención, que se define por las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un dispositivo compresor de etapas múltiples para comprimir gas, consistiendo dicho dispositivo compresor (1), principalmente, en al menos dos elementos compresores (2-5-28) colocados en serie uno tras otro, al menos uno de los cuales (5-28) forma un elemento compresor de alta presión que es accionado por un motor (9) y es del tipo de tornillo, y al menos otro elemento compresor (2) forma un elemento compresor de baja presión que es del tipo centrífugo y es accionado por separado, en otras palabras, sin ningún enlace mecánico con dicho motor (9), por medio de un expansor (18) **caracterizado por que** el expansor (18) pertenece a un ciclo de potencia cerrado (12) con un medio circulante en el interior que se calienta mediante el gas comprimido que proviene del elemento compresor de alta presión, **por que** el medio en el ciclo de potencia cerrado (12) se bombea por medio de una bomba (15), sucesivamente a través de: un calentador que está formado por al menos un intercambiador de calor (17-27-25) a través del cual fluye al menos parte del gas comprimido; dicho expansor (18) que está conectado con dicho elemento compresor (2); y un condensador (19), y **por que** el dispositivo compresor (1) tiene un accionamiento en forma de un motor térmico (9) con una línea de salida (26) para los gases de escape y por que el calentador en el ciclo de potencia cerrado (12) tiene un intercambiador de calor (27) adicional, que está incluido en dicha línea de salida (26).  
10  
15
2. Un dispositivo compresor según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el elemento compresor (2), que es accionado por separado por el expansor (18) del ciclo de potencia, está ubicado con respecto a la dirección del flujo del gas comprimido aguas arriba del compresor (5-28), que es accionado por el motor (9).
- 20 3. Un dispositivo compresor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** al menos un intercambiador de calor (17) del calentador en el ciclo de potencia cerrado (12) está incluido en la línea de presión (10) del último elemento compresor de alta presión (5).
4. Un dispositivo compresor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** al menos un intercambiador de calor (25) del calentador en el ciclo de potencia cerrado (12) toma la forma de un interenfriador (25) para enfriar el gas comprimido en la línea (8) que conecta dos elementos compresores (2-5) entre sí.
- 25 5. Un dispositivo compresor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el medio en el ciclo de potencia (12) es un medio con un punto de ebullición bajo, preferentemente inferior a 150 grados Celsius.
6. Un dispositivo compresor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el expansor (18) y/o el elemento compresor (2) accionado por el expansor (18) son del tipo turbo.
- 30 7. Un dispositivo compresor según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el expansor (18) es del tipo de tornillo.
8. Un dispositivo compresor según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el expansor (18) es del tipo espiral.
9. Un dispositivo compresor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** al menos un elemento compresor (2-5-28) es del tipo sin aceite.
- 35 10. Un dispositivo compresor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el elemento compresor (2) accionado por el expansor (18) tiene una relación de compresión en la región de 1,8.
11. Un dispositivo compresor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el elemento compresor de alta presión (5) tiene una relación de compresión en la región de 4 a 5.
12. Un dispositivo compresor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** es portátil.



*Fig. 1*



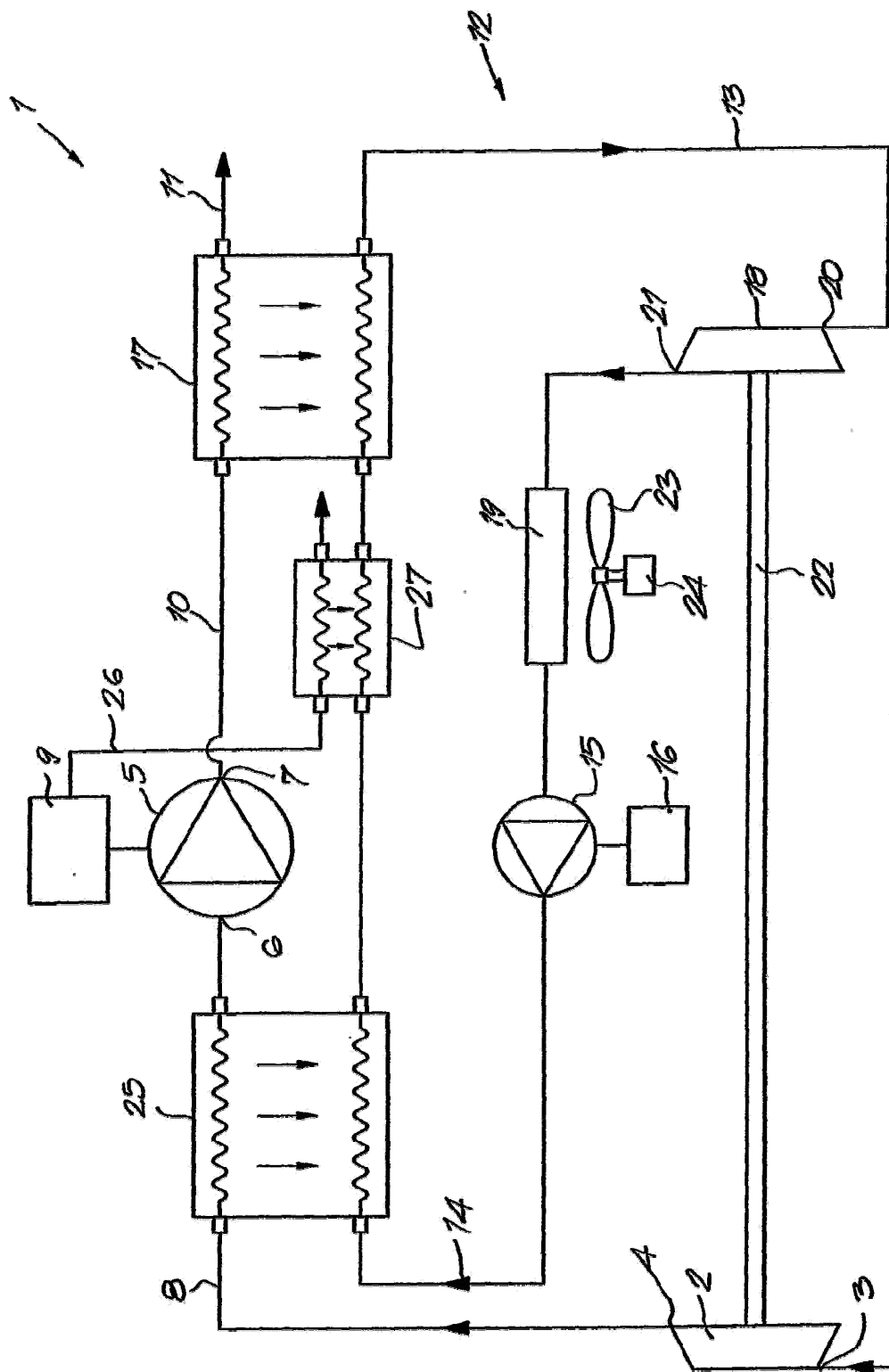


Fig. 2

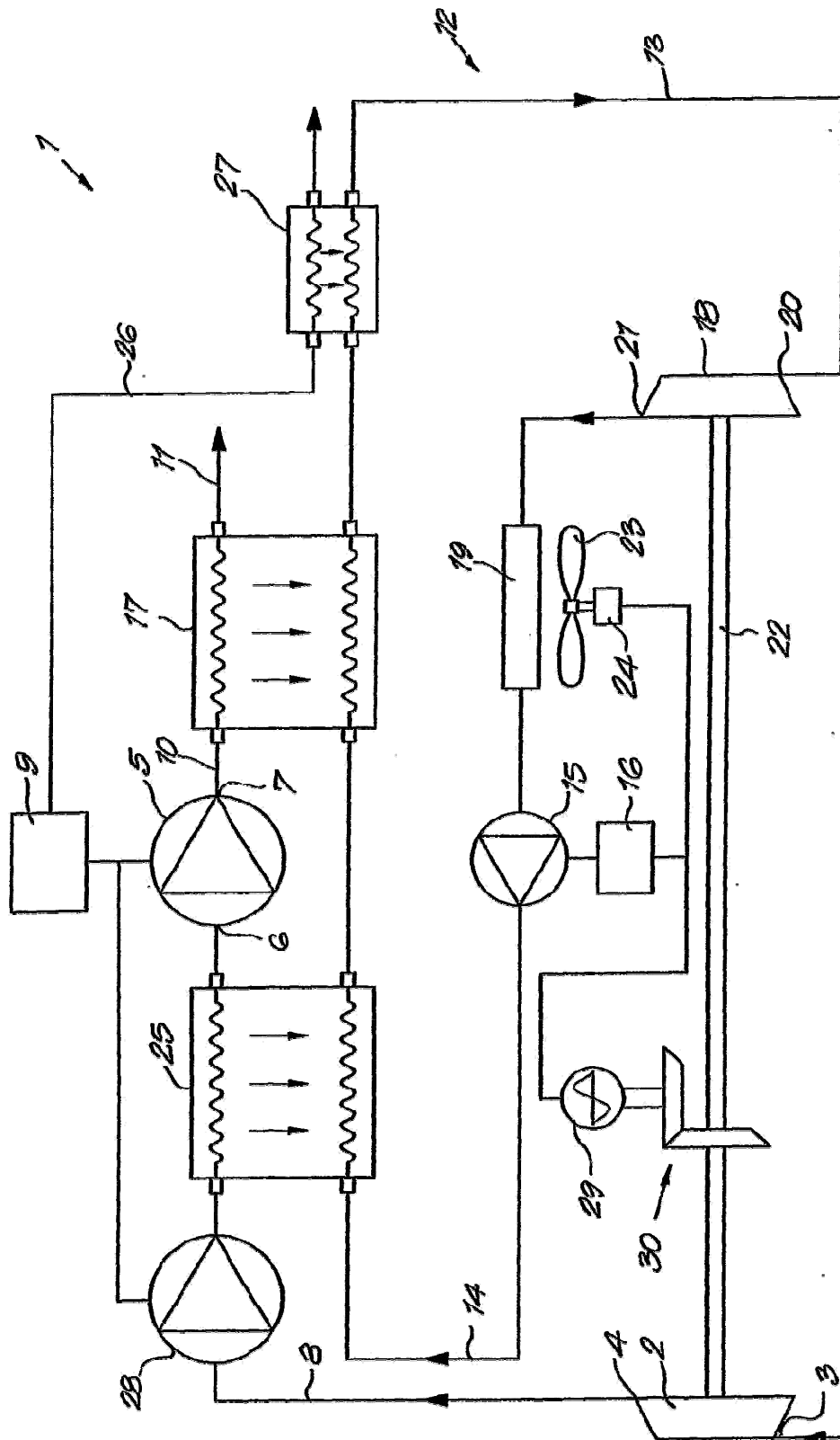


Fig. 3