(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 678 674**

(51) Int. Cl.:

F04C 28/28 (2006.01)
F04C 29/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2014** **E 14171207 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018** **EP 2811165**

(54) Título: **Compresor de gas con inyección de agua y método para controlar el suministro de agua**

(30) Prioridad:

07.06.2013 DE 102013105895

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.08.2018

(73) Titular/es:

GARDNER DENVER DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)
Industriestrasse 26
97616 Bad Neustadt an der Saale, DE

(72) Inventor/es:

KLAUS, FRANK GEORG

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 678 674 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 de gas con inyección de agua y método para controlar el suministro de agua

La invención se refiere a un método para controlar el suministro de agua de un compresor de gas con inyección de agua.

Los compresores con inyección de agua se utilizan para la compresión de medios gaseosos, tales como aire con el fin de ponerlos a disposición en forma de gas. El agua se utiliza para el sellado, la lubricación y la refrigeración del compresor. El agua de refrigeración inyectada se separa del gas comprimido después de salir del compresor. El agua de refrigeración calentada por el compresor se alimenta a un dispositivo de refrigeración. El agua de refrigeración enfriada a continuación se filtra y se alimenta de nuevo en el compresor. Si el agua de refrigeración alcanza una alta conductividad como resultado de la calefacción (por encima de 50 °C), a continuación, la calcificación incrementa de manera significativa, lo cual provoca que se produzca suciedad/restos que deterioran el funcionamiento (atascamiento de las válvulas, alteración de espacios).

En tales compresores, puede haber variación de varios parámetros del agua de refrigeración debido a la evaporación del agua de refrigeración y/o la absorción de la humedad atmosférica en el agua de refrigeración. La evaporación del agua de refrigeración provoca que se incremente la mineralización relativa del agua de refrigeración, lo cual de ese modo incrementa el sedimento que puede conducir a daños en el compresor. En el caso contrario, si el contenido mineral del agua de refrigeración disminuye debido a la absorción de humedad atmosférica, a continuación, esto tiene un efecto negativo en la capacidad de tampón del agua de refrigeración para absorber el ácido carbónico libre. El ácido carbónico libre en el agua de refrigeración que no está unido, es muy agresivo y promueve la corrosión. El pH del agua de refrigeración puede ser alterada por la evaporación del agua de refrigeración, la absorción de humedad atmosférica en el agua de refrigeración, o la absorción de iones de cobre o de hierro, de manera tal que el agua de refrigeración tenga un efecto corrosivo.

El documento DE 699 11 695 T2 desvela un compresor de tipo tornillo, en el que el aire comprimido se enfría a una temperatura de saturación, el contenido de agua se condensa y se separa, y el contenido de agua separada se suministra al compresor, mientras que el exceso de agua de circulación se descarga del recipiente de agua. El agua recuperada contiene sólo pocas impurezas y equilibra el agua desmineralizada. La cantidad de agua condensada por lo general es mayor que la cantidad de agua que se pierde por evaporación, por lo que es posible que la operación continúe durante muchas horas sin reposición de agua. El agua corriente utilizada para el llenado inicial del tanque de agua que incluye algunas impurezas se puede convertir en agua pura (desmineralizada) dentro de un corto período de tiempo por medio del método descrito sin el uso de una planta de desmineralización. El problema aquí es que el agua desmineralizada no puede enlazar el ácido carbónico disuelto y por lo tanto el pH disminuye. Un pH reducido conduce a una mayor corrosión.

El documento EP 0 800 622 B1 desvela una instalación de compresor con un compresor con inyección de agua, en la que el agua de refrigeración que está libre de aditivos se hace circular en un circuito de circulación. Un dispositivo de tratamiento de agua que une los depósitos minerales está dispuesto en el circuito de circulación. La inyección en el compresor está diseñada de manera tal que el compresor lleva a cabo la compresión casi isotérmica, con lo que la temperatura del gas de salida sobrepasa o no alcanza la temperatura de gas de entrada por menos de 10 K. El sistema de compresor descrito con anterioridad puede ser considerado como un sistema cuasi-cerrado que permite el funcionamiento con un circuito cerrado. Si el gas que se ha comprimido se suministra con una cantidad de humedad que también deja la instalación de compresor en el aire comprimido, la cantidad en el agua de refrigeración permanece constante y el circuito de circulación se puede operar cerrado hacia el exterior.

El documento US 2009/0232688 A1 desvela un sistema de compresor que comprende un compresor con inyección de agua con un tubo de entrada y un tubo de salida, un filtro de entrada de aire conectado al tubo de entrada, un separador de agua en el que se vacía el tubo de salida y un tubo de recirculación dispuesto entre el separador de agua y el compresor. El filtro de entrada de aire comprende un alojamiento que tiene una entrada de aire y una salida de aire, al que está conectado el tubo de entrada, y un sustrato dispuesto en el alojamiento en forma de un material con una estructura de celdas abiertas a través de la cual se aspira el aire. El filtro de entrada de aire comprende un filtro húmedo al que se conecta un suministro de agua. El suministro de agua comprende por lo menos un tubo conectado al separador de agua y un dispositivo de alimentación para agua adicional. Al caer por debajo de un nivel predeterminado en el agua, se suministra agua adicional. El agua suministrada de manera adicional es químicamente pura, es decir, no afecta la mineralización ni el pH del agua de refrigeración.

El documento DE 197 29 498 A1 desvela un sistema de compresor que tiene un compresor con refrigeración de inyección de agua, y en el circuito de agua de refrigeración de los cuales está dispuesto un dispositivo de medición para determinar la conductividad del agua de refrigeración. La unidad de compresor además comprende una fuente de suministro de agua para el suministro de agua no desmineralizada y agua desmineralizada, así como también un dispositivo de regulación. El dispositivo de regulación controla el suministro en el circuito de agua de refrigeración de la fuente de suministro de agua de agua desmineralizada en el caso de rebasamiento de un límite de conductividad superior y el suministro de agua no desmineralizada en el caso de quedarse corto de un límite menor conductividad.

De esta manera, el pH y la mineralización del agua se deben controlar de manera tal que la corrosión por el agua de refrigeración y la sedimentación en el agua de refrigeración se reduzcan. Un problema con esta solución es que la concentración de iones de otros iones, es decir, el número de iones de cobre en el circuito de agua de refrigeración, se incrementa con el tiempo a través de los procesos de corrosión con frecuencia inevitables en el circuito de agua de refrigeración, es decir, por la corrosión del cobre. Estos otros iones conducen a un incremento de la conductividad, a pesar de que la cantidad de carbonato de calcio no cambia. Debido a la mayor conductividad del agua de refrigeración, la adición de agua desmineralizada ahora disminuye el contenido de carbonato de calcio en el agua de refrigeración por debajo de un valor mínimo deseado. Esto significa que el dióxido de carbono disuelto durante la compresión ya no está unido por los minerales de dureza (efecto de tampón del carbonato de calcio), y por lo tanto el pH disminuye. Sin embargo, un pH reducido, a continuación, llevará a un incremento de la corrosión de las partes del compresor.

El documento DE 101 51 176 B4 desvela un sistema de compresor con un compresor de tornillo con inyección de agua para la compresión de gas. El compresor de tornillo está conectado a un circuito de agua de refrigeración. El agua de refrigeración se inyecta ya sea desde un suministro de agua dulce o desde una instalación de condensación que depende del circuito de agua de refrigeración. Un dispositivo de medición y evaluación de la conductividad para el seguimiento de la concentración de iones está conectado al circuito de agua de refrigeración, que a su vez está conectado a un dispositivo de control y regulación. Una planta de condensación formada de manera independiente está dispuesta en el área del paso de aspiración del circuito de agua de refrigeración para suministrar una cierta cantidad de condensado para el compresor de tornillo a través del paso de aspiración, de manera tal que la concentración de iones en el circuito de agua de refrigeración se mantenga constante dentro de límites de tolerancia predeterminados. En esta solución, la medición de la conductividad también tiene lugar en el circuito de agua de refrigeración, pero esto también está asociado con las desventajas descritas con anterioridad.

El documento DE 101 51 175 A1 describe un compresor y un método consiste en someter el agua inyectada en o antes de la inyección en el compresor a una intensidad de campo magnético de una disposición de imanes determinada por un parámetro con el fin de incrementar la capacidad de lubricación del agua. El método regula la conductividad del agua de refrigeración en el interior del circuito de agua del compresor.

El documento DE 103 07 803 B4 describe un sistema de compresor que incluye un compresor con refrigeración de inyección de agua suministrada desde un circuito de agua de refrigeración, y una unidad de condensación para la condensación de agua presente en el medio comprimido. Se proporciona un dispositivo para medir la conductividad del condensado. Se proporciona una unidad de control para regular la conductividad del condensado.

El documento DE 10 2004 053 895 A1 contiene un compresor y un método para el intercambio de agua en un compresor con inyección de agua. El intercambio de por lo menos una parte del agua se lleva a cabo de una manera controlada por un programa que depende de parámetros y/o señales de los sensores. Un sensor de conductividad se puede disponer en el circuito de agua.

Una tarea de la presente invención es proporcionar un método mejorado para controlar el suministro de agua a un compresor de gas con inyección de agua. El agua de refrigeración suministrada al compresor siempre debe tener una calidad con respecto a la conductividad, y preferentemente también con respecto a otros parámetros como el contenido de carbonato de calcio, y el pH. En este caso, el costo y la complejidad de los sensores que se instalan en el circuito de refrigeración se deben minimizar.

Esta tarea se cumple por medio del método de acuerdo con la reivindicación 1. El método de acuerdo con la invención controla el suministro de agua de un compresor con inyección de agua basado en el entendimiento de que la medición de la conductividad del agua de refrigeración en el circuito de refrigeración no proporciona información lo suficientemente precisa acerca de la cantidad de iones disueltos presentes en el agua de refrigeración. Para obtener información más precisa de la medición del circuito de agua de refrigeración, serían necesarias mediciones mucho más sofisticadas, pero estas no se pueden obtener de un compresor de gas correspondiente a un costo razonable. La adición de agua desmineralizada (destilada), en la medida en que dicha adición se rige únicamente por los valores de conductividad determinados en el circuito de refrigeración, de este modo puede conducir a una calidad de agua de refrigeración no deseada, lo cual conduce a una corrosión incrementada de las partes metálicas del compresor, lo cual de ese modo reduce la vida útil de tales sistemas de manera drástica.

En contraste, la calidad del agua potable (agua no desmineralizada) proporcionada en el sitio se puede determinar con facilidad, y se puede suponer que esta calidad básica por lo general no está sujeta a fluctuaciones. Los tipos de agua potable proporcionados en el lugar podrían ser: agua de pozo, agua de río o lago, agua de tanque, o agua municipal. A pesar de que se prefiere el agua potable, el agua no desmineralizada que no llega a los estándares de agua potable se puede proporcionar en el lugar. Esta agua puede ser agua de pozo, agua de río o lago, agua de tanque, o agua municipal, tal como agua municipal reciclada utilizada para el riego. El agua no desmineralizada disponible en el sitio, tales como agua potable, puede se agua no desmineralizada disponible localmente.

La invención reconoce que, con base en la calidad del agua disponible localmente, tal como agua potable, la proporción de agua desmineralizada se puede determinar con facilidad por medio de medición o cálculo, con el fin

de determinar la cantidad de agua desmineralizada que necesita ser añadida al agua potable para obtener una mezcla de agua de óptima calidad, agua dulce, para el compresor, es decir, los valores de conductividad y la dureza del agua se ajusta de manera tal que la sedimentación y la corrosión se reduzcan al mínimo. Se presume que el agua potable requeriría que menos mediciones y cálculos, y el agua no potable requeriría más medición y pruebas, todo dentro de la habilidad de aquéllos con experiencia.

Una diferencia del método de acuerdo con la invención en comparación con la técnica anterior es que uno no utiliza la medición convencional y el control de la conductividad que tiene lugar en el circuito de agua de refrigeración, sino más bien que uno ajusta la conductividad del agua dulce suministrada a un valor deseado por medio del cambio de las proporciones del agua desmineralizada y no desmineralizada como una función de la conductividad. En el caso más simple, la medición de la conductividad del agua de refrigeración en el circuito de agua de refrigeración puede ser completamente dispensada con, si bien esto sigue siendo posible en formas de realización modificadas.

En comparación con los métodos previamente conocidos, el método de acuerdo con la invención proporciona el compresor con agua dulce que tiene una conductividad mucho más consistente y un contenido de calcio mucho más consistente. El resultado es que, de acuerdo con la invención, la calidad del agua del agua de refrigeración en el circuito de refrigeración tiene una conductividad similar y el mismo contenido deseado de carbonato de calcio. Esto asegura que el agua de refrigeración inyectada durante el proceso de compresión siempre tenga una calidad constante optimizada en términos de conductividad, contenido de carbonato de calcio y pH durante el proceso de compresión. En contraste con el método de la técnica anterior, la conductividad del agua de refrigeración presente en el circuito de agua de refrigeración no afectará a la composición del agua dulce suministrada. Por lo tanto, ya no hay ningún riesgo de que, por ejemplo, un incremento de la conductividad provocado por procesos de corrosión en el circuito de agua de refrigeración se pudiera malinterpretar como debido a un contenido incrementado de carbonato de calcio. Por medio del método de acuerdo con la invención, los procesos de calcificación y corrosión en el interior del compresor se pueden prevenir y/o minimizar de manera eficaz.

De acuerdo con una forma de realización ventajosa, las proporciones de agua desmineralizada y no desmineralizada en el agua dulce se determinan por medio de una unidad de control. La unidad de control monitorea la conductividad del agua desmineralizada y no desmineralizada. Las conductividades de esta forma se pueden introducir manualmente como parámetro fijado por el personal de operación. Esto es posible con facilidad en la mayoría de casos, ya que la conductividad del agua potable normalmente utilizada (agua no desmineralizada) y el agua desmineralizada obtenida de este modo (agua destilada) no están sujetas a fluctuaciones estacionales y por lo tanto son casi constantes. Las propiedades del agua potable utilizada normalmente se conocen a través de análisis de agua local o se pueden determinar por el uso de dispositivos de análisis. Con el conocimiento adicional de la planta de desmineralización, la conductividad del agua desmineralizada que se obtiene del agua potable se puede calcular por medio de la unidad de control. Las mediciones han demostrado que la conductividad del agua, que se ha desmineralizado, por ejemplo, por medio de un sistema de ósmosis inversa, es menor que la conductividad del agua potable por un factor de aproximadamente 10. En formas de realización alternativas, el controlador monitorea los valores de conductividad del agua desmineralizada y no desmineralizada obtenida por medio de medición del sensor de conductividad.

El agua no desmineralizada y desmineralizada se suministra preferentemente desde una fuente de suministro de agua. La fuente de suministro de agua puede incluir una planta de desmineralización para la producción de agua desmineralizada. La fuente de suministro de agua puede ser, por ejemplo, un suministro público de agua o una fuente de agua privada.

En una forma de realización preferida, la cantidad de agua no desmineralizada y desmineralizada suministrada se mide por medio de válvulas correspondientes. Ha demostrado ser útil en este contexto, que los tiempos de apertura de las válvulas se puedan determinar como una función de la conductividad del agua no desmineralizada y desmineralizada. Este tipo de regulación se puede implementar con poco esfuerzo y de manera rentable.

Para minimizar la contaminación del agua de refrigeración por bacterias y otros contaminantes, el agua de refrigeración en el circuito de agua de refrigeración se debe drenar regularmente y reemplazar de manera completa o parcial por agua dulce. Esto es en particular importante cuando el compresor suministra aire comprimido, ya que el agua de refrigeración inyectada entra en contacto directo con el aire comprimido. A este respecto, la conductividad del agua de refrigeración se utiliza como un indicador del grado de contaminación del agua de refrigeración, dado que se sabe que la conductividad incrementa debido a procesos de corrosión. La determinación de la conductividad del agua de refrigeración preferentemente se lleva a cabo de forma continua por medio de un sensor de conductividad. Cuando se excede un valor de conductividad dado, el agua de refrigeración en el circuito de agua de refrigeración también se puede reemplazar de manera completa o parcial por agua dulce a intervalos de tiempo predefinidos.

Otras ventajas, detalles y desarrollos de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de una forma de realización preferida con referencia a las figuras.

La Fig. 1 muestra una representación esquemática de un sistema de compresor 01 para la compresión de medios

gaseosos por el uso del método de acuerdo con la invención.

El sistema de compresor 01 incluye un compresor 02 en el que se inyecta el agua de refrigeración 03. El agua de refrigeración 03 se utiliza para la refrigeración, la lubricación y el sellado del compresor 02. El agua de refrigeración 03 inyectada se separa del gas comprimido 04 después de salir del compresor 02 por medio del separador 05. El gas comprimido 04 liberado del agua de refrigeración 03 fluye en un sistema de aire comprimido. El agua de enfriamiento 03 separada, que se ha calentado a una temperatura de, por ej., 65 °C en el compresor 02 se hace pasar a través de un intercambiador de calor interno 07 y con ello se enfría hasta el nivel de temperatura deseado para una nueva inyección. El agua de refrigeración 03 enfriada se alimenta de manera opcional a una unidad de filtración y se devuelve al lado de aspiración del compresor 02.

La mezcla con agua dulce 09 sigue con el fin de mejorar la calidad del agua del agua de refrigeración 03 y/o compensar cualquier pérdida de agua que se produzca. El agua dulce 09 suministrada consiste en una mezcla de agua no desmineralizada 10, que por regla general se suministra a través de una tubería de agua potable, y el agua desmineralizada 12, que preferentemente se obtiene a través de una planta de desmineralización (no mostrada) del agua no desmineralizada 10. La proporción del agua desmineralizada y no desmineralizada 10, 12 en el agua dulce 09 depende de la conductividad del agua desmineralizada y no desmineralizada 10, 12. La proporción del agua desmineralizada y no desmineralizada 10, 12 se determina con la ayuda de una unidad de control 13 sobre la base de valores de conductividad dados y por medio de sensores de conductividad (no mostrados), por ejemplo, por medio del cálculo a través de rutinas implementadas o determinadas a partir de tablas de valores almacenados. Las cantidades de líquido determinadas de este modo se dosifican a través de dos válvulas 14 sobre la base de tiempos de apertura de las válvulas 14. Una unidad de mezcla 15 correspondiente, que comprende las válvulas 14, mezcla la cantidad necesaria de agua desmineralizada y no desmineralizada para ajustar la cantidad de agua dulce que se introduce en el compresor 02. El agua dulce 09 producida y suministrada de este modo al compresor 02 tiene una conductividad constante, una cantidad consistente de carbonato de calcio y un valor de pH adecuado para la aplicación. Como resultado, el agua de refrigeración 03 en el circuito de agua de refrigeración también tiene calidad de agua óptima.

En la práctica se ha demostrado que un compresor con inyección de agua 02 funciona bien cuando la conductividad del agua de refrigeración 03 está posicionada entre 100 y 200 µS/cm. Por un lado, hay poca precipitación de carbonato de calcio a una conductividad en este intervalo, mientras que, por otro lado, la dureza del agua restantes actúa como una capacidad de tampón para la absorción de ácido carbónico disuelto durante la compresión, que de otro modo actuaría de manera agresiva. Por lo tanto, el pH del agua de refrigeración 03 se inyecta durante la compresión también está posicionado entre 6,5 y 8 y por lo tanto en un intervalo relativamente neutro a ligeramente alcalino. De esta manera, los procesos de corrosión y sedimentación inducidos por el agua de refrigeración 03 se pueden reducir de manera efectiva en el agua de refrigeración 03.

En el circuito de agua de refrigeración, un sensor de conductividad (no mostrado) puede estar dispuesto para determinar la conductividad del agua de refrigeración 03 de manera continua. Cuando se excede un valor de conductividad dado, el agua de refrigeración 03 en el circuito de agua de refrigeración se reemplaza de manera completa o parcial por agua dulce 09. La conductividad incrementa, por ejemplo, como resultado de los procesos de corrosión. Por esta medida, se puede asegurar que la contaminación del agua de refrigeración 03 se mantenga baja. De manera alternativa, el agua de refrigeración 03 se puede reemplazar de manera parcial o completa por agua dulce 09 a intervalos de tiempo predefinidos. En este caso, la medición de conductividad en el circuito de agua de refrigeración se puede prescindir por completo.

Lista de números de referencia
01 - Sistema de compresor
02 - Compresor
03 - Agua de refrigeración
04 - Gas comprimido
05 - Separador
07 - Intercambiador de calor
09 - Agua dulce
10 - Agua no desmineralizada
12 - Agua desmineralizada
13 - Unidad de control
14 - Válvulas
15 - Unidad de mezcla

REIVINDICACIONES

1. Método para controlar el suministro de agua de un compresor de gas con inyección de agua (02), dicho compresor de gas (02) tiene un circuito de agua de refrigeración en el que se inyecta, como agua dulce (09), agua desmineralizada (12) y agua no desmineralizada (10), **caracterizado por** los siguientes pasos:

- la determinación de la conductividad eléctrica del agua no desmineralizada (10);
- la determinación de una proporción del agua desmineralizada (12) que se debe añadir al agua no desmineralizada (10), para proporcionar una mezcla resultante con una conductividad deseada;
- la adición de la proporción especificada de agua desmineralizada (12) al agua no desmineralizada (10) y el suministro de la mezcla resultante como el agua dulce (09) para el circuito de agua de refrigeración;
- el suministro del agua dulce (09) al circuito de agua de refrigeración en una cantidad deseada.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque**, además, la conductividad eléctrica del agua desmineralizada (12) se determina y se tiene en cuenta en la determinación de la cantidad de agua desmineralizada (12) que se ha de añadir.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** la conductividad del agua desmineralizada y no desmineralizada (12, 10) se determina por medio de sensores de conductividad.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el agua no desmineralizada (10) se suministra desde una fuente de suministro de agua pública.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** una válvula es accionada para la adición del agua no desmineralizada (10).

6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque**, además, se determina la conductividad del agua de refrigeración (03) en el circuito de agua de refrigeración, por medio de lo cual el agua de refrigeración (03) en el circuito de agua de refrigeración se puede reemplazar de manera completa o parcial por el agua dulce (09) cuando se excede un valor de conductividad predeterminado.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el agua de refrigeración (03) dentro del circuito de agua de refrigeración se reemplaza de manera completa o parcial por el agua dulce (09) a intervalos de tiempo predefinidos.

8. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el agua no desmineralizada (10) es agua potable proporcionada en el sitio.

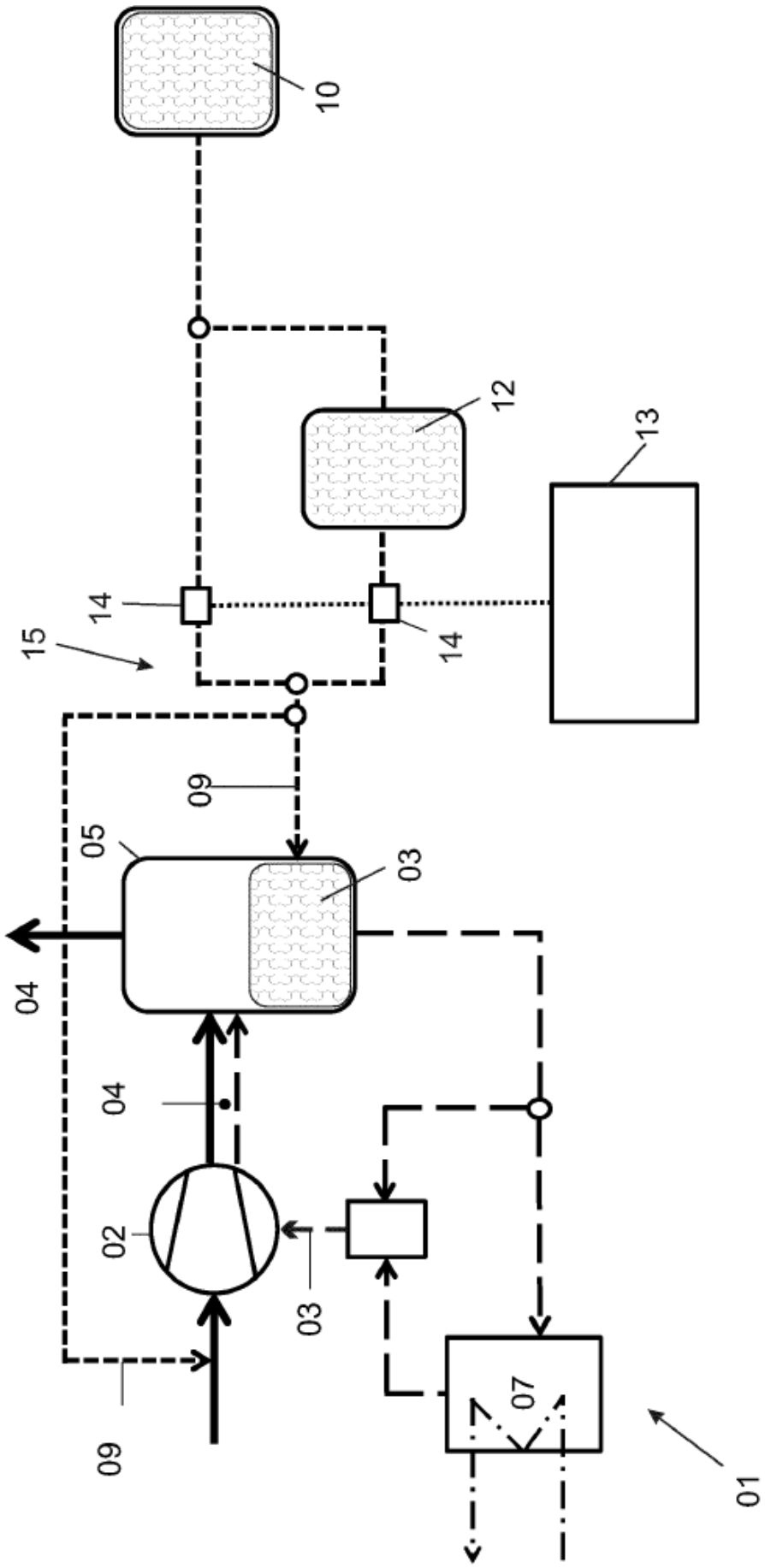

Fig. 1