

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 024 434**

51 Int. Cl.:

F24F 3/147 (2006.01)
B01D 53/26 (2006.01)
F24F 11/83 (2008.01)
F24F 12/00 (2006.01)
F24F 110/10 (2008.01)
F24F 140/20 (2008.01)
F24F 3/044 (2006.01)
F24F 3/14 (2006.01)
F24F 5/00 (2006.01)
F24F 11/30 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2020** **PCT/SE2020/050854**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.03.2021** **WO21049998**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2020** **E 20863061 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2025** **EP 4028697**

54 Título: **Sistema de deshumidificación**

30 Prioridad:

13.09.2019 SE 1951038

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

04.06.2025

73 Titular/es:

MUNTERS EUROPE AKTIEBOLAG (100.00%)
Box 1150
164 26 Kista, SE

72 Inventor/es:

CARLSSON, MAGNUS

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 3 024 434 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

Sistema de deshumidificación

Campo técnico

La presente invención se refiere a un sistema de deshumidificación y a un método de funcionamiento del sistema de deshumidificación.

Antecedentes de la técnica

Los deshumidificadores, tales como los deshumidificadores por sorción y los deshumidificadores por condensación, se usan para separar y retirar la humedad del aire. Un deshumidificador por sorción normalmente comprende un elemento de deshumidificación en forma de una rueda o rotor que contiene material desecante, que es eficaz para atraer y retener el vapor de agua. El rotor desecante puede dividirse en dos secciones, una sección de proceso y una sección de regeneración. El flujo de aire que ha de deshumidificarse, el aire de proceso, pasará a través de la sección de proceso del rotor desecante, el material desecante en el rotor extrae la humedad del aire de proceso, para que pueda salir del rotor como aire seco. Simultáneamente, el material desecante se regenera por otra corriente de aire, que fluye a través de la sección de regeneración, todo ello mientras que el rotor desecante puede rotar lentamente alrededor de su eje longitudinal. Por medio de la deshumidificación simultánea del aire de proceso y la regeneración del material desecante, el deshumidificador puede hacerse funcionar de manera continua. El documento US2007056307 da a conocer un ejemplo de un deshumidificador que tiene una rueda desecante.

Para que el proceso de regeneración sea eficaz, la corriente de aire usada para la regeneración del material desecante en el rotor necesita tener una temperatura relativamente alta, y normalmente necesitará calentarse. Puede resultar ventajoso enfriar el aire de proceso antes de la entrada del deshumidificador, para retirar la humedad debida al enfriamiento. El calor sustraído del flujo de aire de proceso durante el enfriamiento puede transferirse a la corriente de aire de regeneración proporcionando una bomba de calor en el sistema de deshumidificación. El documento US2005/0050906A1 muestra un ejemplo de esto, donde el aire de proceso se enfría por el evaporador de una bomba de calor antes de la entrada del deshumidificador, y el aire de regeneración se calienta por el condensador de la bomba de calor. El documento JP 2015 145000 A también da a conocer un sistema de deshumidificación de este tipo.

Existe un interés continuo en minimizar el consumo de energía del proceso de deshumidificación, por razones económicas y teniendo en cuenta aspectos climáticos, y en obtener un funcionamiento estable de la unidad de deshumidificación.

Sumario de la invención

La presente invención tiene como objetivo proporcionar un sistema de deshumidificación energéticamente eficaz, que permita una deshumidificación estable y fiable del aire de proceso, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

El sistema de deshumidificación de la invención se define en la reivindicación 1. En particular, comprende una unidad deshumidificadora por sorción; un circuito de aire de proceso dispuesto para conducir un flujo de aire de proceso a través del material desecante en la unidad deshumidificadora; un circuito de aire de regeneración dispuesto para conducir un flujo de aire de regeneración a través del material desecante en la unidad deshumidificadora; y una bomba de calor que comprende un evaporador y un condensador. El sistema comprende además un circuito de fluido intermedio con un fluido de enfriamiento (C), dispuesto para enfriar el aire de proceso en un intercambiador de calor antes de la entrada del aire de proceso en la unidad deshumidificadora, comprendiendo dicho circuito de fluido intermedio una bomba de fluido y un conducto principal dispuesto para conducir fluido de enfriamiento (C) a través del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso y a través del evaporador de la bomba de calor, y comprendiendo además el circuito de fluido intermedio un sistema de control de flujo dispuesto para controlar el flujo de fluido de enfriamiento (C) en el circuito de fluido intermedio para obtener un valor de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento (T1) en el circuito de fluido intermedio aguas arriba del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso, que corresponde a un valor dado de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento de punto de ajuste (T1_{ajuste}), en el que el sistema de control de flujo incluye una unidad de control (CU), y equipos de medición para determinar el valor de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento, en el que dichos equipos de medición están dispuestos de manera adecuada en el sistema en el conducto de flujo (8a) entre la bomba (11) y el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9), y en el que se proporcionan medios para enviar información del valor de parámetro determinado (T1) a la unidad de control (CU), que se dispone para comparar el valor de parámetro determinado (T1) con un valor dado de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento de punto de ajuste (T1_{ajuste}) del fluido de enfriamiento, y se proporcionan medios para actuar sobre el sistema de control de flujo para ajustar el flujo de fluido de enfriamiento en las diferentes partes del circuito de fluido intermedio basándose en el valor (T1).

El parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento es preferiblemente la temperatura de fluido de

enfriamiento, y el valor dado de punto de ajuste ($T_{1\text{ajuste}}$) para el fluido de enfriamiento se ajusta preferiblemente a una temperatura por debajo de 10 °C, más preferiblemente por debajo de 5 °C, lo más preferiblemente por debajo de 0,5 °C. El intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso está dimensionado ventajosamente para enfriar el aire de proceso en la entrada de aire de proceso de la unidad deshumidificadora hasta un valor dado de temperatura de entrada de aire constante (T_2), siendo dicho valor de temperatura de entrada de aire (T_2) preferiblemente inferior a 10 °C.

El circuito de aire de regeneración está conectado preferiblemente al condensador de la bomba de calor aguas arriba de la unidad deshumidificadora. El circuito de fluido intermedio comprende preferiblemente un intercambiador de calor dispuesto aguas arriba del evaporador de bomba de calor para enfriar el aire de regeneración aguas abajo de la unidad deshumidificadora. El circuito de aire de regeneración puede comprender un calentador eléctrico aguas arriba de la unidad deshumidificadora, dispuesto para calentar opcionalmente el aire de regeneración si es necesario.

El sistema de control de flujo está dispuesto ventajosamente para controlar el flujo de líquido de enfriamiento en el circuito de fluido intermedio de modo que el calor sustraído del aire de proceso en el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso y del aire de regeneración en el intercambiador de calor de aire de regeneración corresponda sustancialmente al calor necesario para transferirse al aire de regeneración en el condensador de la bomba de calor para alcanzar una temperatura dada (T_3) en la entrada de aire de regeneración de la unidad deshumidificadora.

La presente invención también se refiere a un método de funcionamiento del sistema de deshumidificación anterior tal como se define en la reivindicación 8. En particular, comprende las etapas de

- a) determinar un valor real de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento (T_1) aguas arriba del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso; y
- b) si el valor real de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento (T_1) se desvía del valor dado de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento de punto de ajuste ($T_{1\text{ajuste}}$), ajustar el flujo de fluido de enfriamiento (C) en el circuito de fluido intermedio (8) ajustando la capacidad de flujo de la bomba de fluido (11) y/o de la una o más válvulas de control de fluido dispuestas en el circuito de fluido intermedio; y
- c) repetir las etapas a) y b) hasta $T_1 = T_{1\text{ajuste}}$.

La presente invención también se refiere a un programa informático tal como se define en la reivindicación 9. En particular es para hacer funcionar el sistema de deshumidificación anterior, que comprende instrucciones que, cuando se aplican en la unidad de control de un sistema de deshumidificación según el sistema de deshumidificación mencionado anteriormente, y se ejecutan en al menos un procesador, hacen que al menos un procesador lleve a cabo el método anterior. La presente invención también se refiere a un medio de almacenamiento legible por ordenador que porta el programa informático para hacer funcionar el sistema de deshumidificación tal como se define en la reivindicación 10.

Breve descripción de los dibujos

El presente sistema de deshumidificación se describe en el presente documento con referencia a los dibujos, en los que

la figura 1 ilustra un primer ejemplo del sistema de deshumidificación que comprende un circuito de fluido intermedio que se usa para controlar la temperatura de fluido de enfriamiento aguas arriba de un intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso de entrada;

la figura 2 ilustra un segundo ejemplo del sistema de deshumidificación, en el que el fluido de enfriamiento del circuito de fluido intermedio recoge calor del aire de regeneración de salida aguas abajo de la unidad de deshumidificación;

la figura 3 ilustra un tercer ejemplo del sistema de deshumidificación, en el que el circuito de fluido intermedio se dispone para proporcionar un flujo de fluido de enfriamiento independiente a través del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de regeneración de salida;

la figura 4 es una ilustración esquemática de un método de funcionamiento del sistema de deshumidificación.

Descripción detallada

El presente sistema de deshumidificación se describe en el presente documento con referencia a los dibujos esquemáticos, que ilustran ejemplos de sistemas según la invención.

Como se muestra en la figura 1, el sistema de deshumidificación (1) de la invención comprende una unidad deshumidificadora por sorción (2), un circuito de aire de proceso (3) dispuesto para conducir un flujo de aire de

proceso a través de material desecante en la unidad deshumidificadora y un circuito de aire de regeneración (4) dispuesto para conducir un flujo de aire de regeneración a través del material desecante en la unidad deshumidificadora. El sistema también comprende una bomba de calor (5) que comprende un evaporador (6) y un condensador (7), por medio de los cuales puede transferirse calor entre corrientes dentro del sistema. El sistema de deshumidificación comprende además un circuito de fluido intermedio (8) con un fluido circulante, denominado en el presente documento el fluido de enfriamiento (C), dispuesto para enfriar el aire de proceso en un intercambiador de calor (9) antes de la entrada del aire de proceso en la unidad deshumidificadora. Mediante el enfriamiento del aire de proceso aguas arriba de la unidad deshumidificadora, ya puede reducirse el contenido de humedad antes de entrar en la unidad de deshumidificación, por lo que se necesita menos energía para el proceso de deshumidificación en la unidad deshumidificadora.

El circuito de fluido intermedio también comprende una bomba de fluido (11) y un conducto principal (8a) dispuesto para conducir el fluido de enfriamiento (C) a través del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9) y a través del evaporador (6) de la bomba de calor. Una válvula de control de fluido (12) puede estar dispuesta de manera adecuada en el conducto principal (8a). El circuito de fluido intermedio también comprende un sistema de control de flujo (10) que se dispone para controlar el flujo de fluido de enfriamiento (C) en el circuito de fluido intermedio para obtener un valor de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento (T1) en el circuito de fluido intermedio aguas arriba del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso, que corresponde a un valor dado de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento de punto de ajuste ($T1_{ajuste}$). Por medio del circuito de fluido intermedio, el aire de proceso no se enfría directamente por el evaporador de bomba de calor, sino indirectamente a través del fluido de enfriamiento (C), y el sistema de control de flujo permite controlar la temperatura de fluido de enfriamiento que entra en el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso. Por tanto, es posible garantizar que la temperatura de fluido de enfriamiento se mantenga en un nivel controlado, por lo que puede evitarse el riesgo de formación de escarcha en el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso. Es importante evitar la escarcha en el intercambiador de calor, ya que puede conducir a la acumulación de hielo, lo que puede impedir el flujo de aire a través del intercambiador de calor y perjudicar la transferencia de calor, y dificultar el control del sistema.

El parámetro que debe medir y controlar el sistema de control de flujo puede ser cualquier parámetro de fluido que varíe con la temperatura de fluido, tal como temperatura, densidad, viscosidad, etc., donde se prefiere la temperatura de fluido, ya que es un parámetro que es conveniente medir. En aras de la simplicidad, el parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento se denomina a continuación la temperatura de fluido de enfriamiento, aunque podría ser cualquier parámetro dependiente de la temperatura.

El valor dado de punto de ajuste ($T1_{ajuste}$) para la temperatura de fluido de enfriamiento se ajusta preferiblemente a una temperatura por debajo de 10 °C, más preferiblemente por debajo de 5 °C, lo más preferiblemente por debajo de 0,5 °C. Cuanto menor sea la temperatura de fluido de enfriamiento, más eficaz será el enfriamiento o el aire de proceso en el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso. Dependiendo de la construcción del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso, el valor más bajo para el valor dado de punto de ajuste ($T1_{ajuste}$) para la temperatura de fluido de enfriamiento puede estar cerca de 0 °C o por debajo de 0 °C. Una temperatura de fluido de enfriamiento ligeramente por encima de 0 °C, tal como por ejemplo 0,1 °C, permite el uso de intercambiadores de calor a contracorriente más sencillos, mientras que una temperatura de fluido de enfriamiento por debajo de 0 °C puede requerir una construcción de intercambiador de calor más complicada. El fluido de enfriamiento del circuito de fluido intermedio es un líquido, y permanece en estado líquido en todo momento, y convenientemente es agua, que comprende opcionalmente una cantidad de un aditivo reductor del punto de congelación. Se denomina "el fluido de enfriamiento" ya que se usa para enfriar el aire de proceso entrante aguas arriba de la entrada de aire de proceso de la unidad deshumidificadora, pero actúa como fluido de calentamiento en el evaporador de la bomba de calor.

El intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9) está dimensionado ventajosamente para enfriar el aire de proceso aguas arriba de la entrada de aire de proceso de la unidad deshumidificadora hasta un valor dado de temperatura de entrada de aire constante (T2). Esto significa que el intercambiador de calor está dimensionado de modo que, independientemente de las propiedades del aire de proceso que entra en el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9), la temperatura de aire de proceso T2 aguas abajo del intercambiador de calor será la misma en todo momento. Por tanto, el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9) puede estar algo sobredimensionado en algunos momentos. Una temperatura constante predeterminada del aire de proceso que entra en la unidad de deshumidificación puede mejorar el proceso de deshumidificación, ya que la unidad de deshumidificación puede optimizarse para que el aire de proceso de entrada tenga determinadas propiedades predecibles, y el funcionamiento del proceso de deshumidificación será estable. El valor de temperatura de aire de proceso (T2) aguas arriba de la unidad de deshumidificación dependerá del valor dado de punto de ajuste ($T1_{ajuste}$) para la temperatura de fluido de enfriamiento aguas arriba del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9), y es preferiblemente lo más bajo posible, preferiblemente por debajo de 10 °C, y de manera adecuada por encima de 0 °C. La medición de parámetros dependientes de la temperatura en un flujo de fluido es estable y fiable, en comparación con la medición de parámetros similares en un flujo de aire y, por tanto, el control del sistema de deshumidificación basado en la temperatura de fluido de enfriamiento (T1) aguas arriba del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9), conduce a un funcionamiento estable del sistema.

Las propiedades del aire de proceso que entra en el sistema de deshumidificación, tal como la humedad y la temperatura, pueden variar sustancialmente de vez en cuando. En particular, si el aire de proceso es aire ambiental tomado del exterior, estas propiedades pueden variar en gran medida debido a las variaciones estacionales y el momento del día, y esto puede ser particularmente significativo en determinadas regiones geográficas. Sin embargo, también si el aire de proceso se toma de un espacio confinado, tal como un edificio industrial, las propiedades pueden variar dependiendo de diversas circunstancias, tales como las actividades realizadas en el edificio y las variaciones climáticas fuera del edificio. Por tanto, para obtener una temperatura constante del aire de proceso aguas arriba de la unidad deshumidificadora, será necesario dimensionar el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9) según las circunstancias específicas del sitio donde se implementa el sistema.

La temperatura de fluido de enfriamiento (T1) aguas arriba del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9) se controla mediante el ajuste del flujo de fluido de enfriamiento en el circuito de fluido intermedio. Para lograr esto, el sistema de control de flujo del circuito de fluido intermedio comprende una unidad de control (CU) dispuesta para controlar el flujo de fluido de enfriamiento en el circuito de fluido intermedio (8), preferiblemente mediante el control de la bomba de fluido (11) y/o una o más válvulas de control de fluido (12, 13) dispuestas en el circuito de fluido intermedio. La bomba de fluido puede tener de manera adecuada un variador de frecuencia para permitir el control de la capacidad de flujo de la bomba y/o pueden abrirse o cerrarse una o más válvulas de control de fluido según sea necesario para obtener el flujo de enfriamiento necesario para mantener la temperatura de fluido de enfriamiento (T1) en el valor de ajuste (T1_{ajuste}). El flujo de fluido de enfriamiento en el conducto principal (8a) se controla indirectamente, al menos en parte, basándose en la necesidad de la capacidad de enfriamiento en el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9). Si la temperatura (T1) del fluido de enfriamiento aguas arriba del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9) supera el valor de ajuste (T1_{ajuste}), esto se detectará por la unidad de control (CU), que actuará sobre la bomba de fluido y/o una o más válvulas de control de fluido para disminuir el flujo en el conducto principal (8a), hasta que la temperatura de fluido de enfriamiento (T1) haya vuelto al valor de ajuste (T1_{ajuste}), y viceversa, si la temperatura (T1) cae por debajo del valor de ajuste (T1_{ajuste}), el flujo en el conducto principal (8a) aumentará.

El circuito de fluido intermedio puede comprender preferiblemente un conducto de derivación (8b), dotado de manera adecuada de una válvula de control de fluido (13), que permite que una parte del fluido de enfriamiento (C) evite el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9). Esto aumenta la flexibilidad del sistema de deshumidificación, ya que el flujo de fluido de enfriamiento en el conducto principal (8a) del circuito de fluido intermedio puede controlarse tanto ajustando la capacidad de flujo de la bomba (11) como/o bien la válvula de control de fluido (12) en el conducto principal, y dejando que una parte del flujo de fluido de enfriamiento evite el intercambiador de calor (9) a través del conducto de derivación (8b), por ejemplo, abriendo la válvula de control de fluido (13). Naturalmente, las válvulas de control de fluido (12, 13) en el conducto principal y el conducto de derivación pueden reemplazarse por una válvula de tres vías si se desea.

Como se comentó anteriormente, el sistema de deshumidificación comprende un circuito de aire de regeneración (4) dispuesto para conducir un flujo de aire de regeneración a través del material desecante en la unidad deshumidificadora (2). La unidad deshumidificadora puede ser de cualquier tipo adecuado para la deshumidificación del aire de proceso por medio del material desecante y el aire de regeneración. Por ejemplo, el deshumidificador por sorción (2) puede comprender de manera adecuada un elemento de deshumidificación en forma de un rotor que contiene material desecante, por ejemplo, gel de sílice, que es eficaz para atraer y retener el vapor de agua. El rotor desecante puede dividirse en dos secciones, una sección de deshumidificación y una sección de regeneración. El aire de proceso (3) que va a deshumidificarse pasará a través de la sección de deshumidificación del rotor desecante, en la que el material desecante en el rotor extrae la humedad del aire de proceso, de modo que pueda salir del rotor como aire seco (3b). Simultáneamente, el material desecante cargado de humedad se regenera en una sección de regeneración, donde la humedad se transfiere a la corriente de aire de regeneración (4), que fluye a través de la sección de regeneración, todo mientras que el rotor desecante rota lentamente. Por medio de la deshumidificación simultánea del aire de proceso y la regeneración del material desecante, la unidad deshumidificadora (2) puede hacerse funcionar de manera continua. Pueden contemplarse otras configuraciones de la unidad deshumidificadora, por ejemplo, que comprenda múltiples rotores que contengan material desecante, rotores que tengan más de dos secciones y/o en la que uno o ambos del flujo de aire de proceso y el flujo de aire de regeneración se dividan en múltiples corrientes de aire dentro de la unidad deshumidificadora. No es necesario que la unidad deshumidificadora sea necesariamente una unidad de proceso única, sino que puede estar comprendida de múltiples etapas o secciones en serie o en paralelo.

Para que el proceso de regeneración sea eficaz, es necesario que la corriente de aire usada para la regeneración del material desecante en el rotor tenga una temperatura relativamente alta, y normalmente será necesario que se caliente. En el sistema de deshumidificación de la presente invención, el circuito de aire de regeneración (4) puede conectarse preferiblemente al condensador (7) de la bomba de calor, aguas arriba de la unidad deshumidificadora. Esto significa que el calor sustraído del fluido de enfriamiento (C) en el evaporador de bomba de calor (6) puede transferirse al aire de regeneración de entrada (4a), a través del circuito de refrigerante (16) de la bomba de calor y el condensador, es decir, el calor sustraído del aire de proceso (3) en el intercambiador de calor de enfriamiento de aire (9) puede utilizarse para calentar el aire de regeneración de entrada (4a), a través del circuito de fluido intermedio (8) y el circuito de refrigerante (16) de la bomba de calor (5). Un calentador eléctrico (15) puede estar comprendido en el circuito de aire de regeneración (4) aguas arriba de la unidad deshumidificadora, dispuesto para

calentar opcionalmente el aire de regeneración de entrada (4a) si es necesario.

Cuando el aire de regeneración sale de la salida de unidad de deshumidificación (4b), tiene un mayor contenido de humedad y una temperatura menor que en la entrada de unidad de deshumidificación (4a). El aire de regeneración de salida puede liberarse al entorno, pero dado que normalmente puede tener una temperatura sustancialmente mayor que la temperatura ambiente, puede ser ventajoso recuperar al menos parte del calor para el proceso. Por tanto, se dispone un intercambiador de calor (14) de manera adecuada en el flujo de aire de regeneración de salida para permitir la recuperación del calor contenido en el mismo. El intercambiador de calor (14) se incorpora preferiblemente al circuito de fluido intermedio (8), y luego se dispone preferiblemente en el circuito de fluido intermedio (8) aguas arriba del evaporador de bomba de calor (6) para enfriar el aire de regeneración (4b) aguas abajo de la unidad deshumidificadora, extrayendo así calor del flujo de aire de regeneración (4b). Cuando la temperatura del aire de regeneración disminuye durante el enfriamiento en el intercambiador de calor (14), el contenido de humedad en el flujo de aire disminuye debido a la condensación y, si se desea, el aire de regeneración de salida (4b) puede devolverse al circuito de aire de regeneración (4), opcionalmente después de la retirada adicional de humedad, como aire de entrada de regeneración (4a), de modo que el circuito de aire de regeneración (4) sea un circuito cerrado.

Por tanto, el calor sustraído del aire de regeneración (4b) en el intercambiador de calor (14) puede utilizarse para calentar el aire de regeneración de entrada (4a) por medio de la bomba de calor (5). En el intercambiador de calor (14), el calor del aire de regeneración se transfiere de manera adecuada a un fluido de enfriamiento, que puede ser preferiblemente el fluido de enfriamiento (C) del circuito de fluido intermedio, como se mencionó anteriormente, o un flujo parcial del mismo, como se muestra en la figura 2.

Con el circuito de aire de regeneración (4) conectado al condensador (7) de la bomba de calor, aguas arriba de la unidad de deshumidificación, puede transferirse de ese modo calor desde el aire de regeneración de salida (4b) a través del circuito de fluido intermedio (8) y el circuito de refrigerante (16) al aire de regeneración de entrada (4a).

Un intercambiador de calor de aire de regeneración de salida (14) como se describió anteriormente puede ser particularmente útil en situaciones en las que el calor transferido en el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9), es decir, desde el aire de proceso de entrada (3) al fluido (C) del circuito de fluido intermedio, no se corresponde con el requisito de energía del evaporador de bomba de calor (6) necesario para calentar suficientemente el aire de regeneración de entrada (4) en el condensador de bomba de calor (7). Tales situaciones pueden darse, por ejemplo, cuando la temperatura del aire de proceso (3) que entra en el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9) es baja o cuando el aire de proceso de salida (3b) tiene que estar muy seco (por ejemplo, punto de rocío por debajo de -20 °C), lo que puede producirse en el caso en determinados procesos industriales. El intercambiador de calor de aire de regeneración de salida (14) puede proporcionar entonces calentamiento adicional del fluido de enfriamiento (C) en el circuito de fluido intermedio, ya que la temperatura (T6) del aire de regeneración de salida suele ser sustancialmente mayor que la temperatura (T4) del fluido de enfriamiento (C) que sale del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9).

Cuando un intercambiador de calor de aire de regeneración de salida (14) está dispuesto en el sistema de deshumidificación, el conducto de derivación (8b) mencionado anteriormente permite la posibilidad de conducir un flujo parcial del fluido de enfriamiento frío (C) aguas abajo del evaporador (6) directamente al intercambiador de calor de aire de regeneración (14), por lo que la diferencia de temperatura entre el fluido de enfriamiento (C) (T5) y el aire de regeneración (T6) que entra en el intercambiador de calor (14) será mayor. El circuito de fluido intermedio puede disponerse de manera que pueda conducirse un flujo independiente del fluido de enfriamiento (C) entre el intercambiador de calor (14) y el evaporador de bomba de calor (6) para transferir el calor desde el aire de regeneración (4b) al circuito de refrigerante (16) de la bomba de calor. Esto puede obtenerse, por ejemplo, disponiendo el conducto de flujo de derivación (8b) de modo que conduzca fluido de enfriamiento frío (C) directamente desde el evaporador (6) al intercambiador de calor de aire de regeneración de salida (14), como se muestra en la figura 3, logrando así una máxima diferencia de temperatura entre el aire de regeneración de salida (T6) y el fluido de enfriamiento (T5). Si la válvula de control de fluido (13) está cerrada, de modo que no se utilice el conducto de flujo de derivación (8b), la temperatura de fluido de enfriamiento (T4) después del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9) será la misma que la temperatura de fluido de enfriamiento (T5) antes del intercambiador de calor de aire de regeneración de salida (14).

Puede proporcionarse una segunda bomba de fluido (18) en el conducto de flujo de derivación (8b) para permitir el control de flujo independiente en esta parte del circuito de fluido intermedio, y pueden disponerse conductos de conexión y válvulas (13, 17) adicionales, de modo que los flujos del conducto principal (8a) y el conducto de derivación (8b) pueden combinarse como se desee, lo que da una flexibilidad aumentada al sistema de deshumidificación.

En la técnica están disponibles diversas disposiciones de bomba de calor, y los componentes de la misma, tal como el evaporador y el condensador, se eligen según la configuración seleccionada para el circuito de fluido intermedio. Por tanto, pueden ser adecuadas diferentes construcciones de evaporadores y condensadores, y también se contempla que puedan usarse múltiples unidades de evaporadores y/o condensadores, dispuestas en serie o en paralelo. Lo mismo se aplica a los intercambiadores de calor (9, 14) para enfriar el aire de proceso de entrada (3a) y

el aire de regeneración de salida (4b), donde pueden usarse diversos diseños de intercambiadores de calor y unidades múltiples según se desee.

El sistema de control de flujo (10) se dispone ventajosamente para controlar el flujo de líquido de enfriamiento (C) en el circuito de fluido intermedio (11), de modo que el calor sustraído del aire de proceso de entrada (3a) en el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9), y del aire de regeneración de salida (4b) en el intercambiador de calor de aire de regeneración (14), corresponde sustancialmente al calor requerido para transferirse al aire de regeneración de entrada (4a) en el condensador (7) de la bomba de calor para alcanzar una temperatura dada (T3) en la entrada de aire de regeneración de la unidad deshumidificadora (2), para eliminar sustancialmente la necesidad de calentamiento adicional por medio del calentador eléctrico (15).

El sistema de control de flujo incluye adicionalmente, además de la unidad de control (CU), un equipo de medición para determinar el parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento, dispuesto de manera adecuada en el sistema en el conducto de flujo (8a) entre la bomba (11) y el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9). Se proporcionan medios para enviar información del valor de parámetro determinado (T1) a la unidad de control (CU), que se dispone para comparar el valor de parámetro determinado (T1) con un valor dado de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento de punto de ajuste ($T1_{ajuste}$) del fluido de enfriamiento, y se proporcionan medios para actuar sobre la(s) bomba(s) de fluido (11, 18) y/o una o más de las válvulas de control de fluido (12, 13, 17) para ajustar el flujo de fluido de enfriamiento en las diferentes partes del circuito de fluido intermedio basándose en el valor (T1).

En las figuras 1-3 se muestran ilustraciones esquemáticas de ejemplos del sistema de deshumidificación. La figura 1 ilustra un primer ejemplo del sistema de deshumidificación (1) que comprende un circuito de fluido intermedio (11) que se usa para controlar la temperatura de fluido de enfriamiento aguas arriba de un intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso de entrada. También se muestra el calentamiento del aire de regeneración de entrada (4a) por el condensador de bomba de calor (7). En el segundo ejemplo, ilustrado en la figura 2, el fluido de enfriamiento del circuito de fluido intermedio recoge el calor del aire de regeneración de salida aguas abajo de la unidad de deshumidificación. La figura 3 ilustra un tercer ejemplo del sistema de deshumidificación, en el que el circuito de fluido intermedio se dispone para proporcionar un flujo de fluido de enfriamiento independiente a través del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de regeneración de salida.

Como se ilustra en la figura 4, la presente invención también se refiere a un método (100) de funcionamiento del sistema de deshumidificación anterior, que comprende las etapas de

- a) detectar (101) el valor real de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento (T1) aguas arriba del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9); y
- b) comparar (102) el valor (T1) con el valor dado de punto de ajuste ($T1_{ajuste}$), y si el valor real de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento (T1) se desvía (NO) del valor dado de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento de punto de ajuste ($T1_{ajuste}$), ajustar (103) el flujo de fluido de enfriamiento (C) en el circuito de fluido intermedio (8) ajustando la capacidad de flujo de la bomba de fluido (11) y/o de una o más válvulas de control de fluido (12, 13) dispuestas en el circuito de fluido intermedio; y
- c) repetir las etapas a) y b) hasta $T1=T1_{ajuste}$ (SI).

El método se realiza preferiblemente mediante un programa informático para hacer funcionar el sistema de deshumidificación anterior, que comprende instrucciones que, cuando se aplican en la unidad de control de un sistema de deshumidificación según el sistema de deshumidificación mencionado anteriormente, y se ejecutan en al menos un procesador, hacen que al menos un procesador lleve a cabo el método anterior. La presente invención también se refiere a un medio de almacenamiento legible por ordenador que porta el programa informático para hacer funcionar el sistema de deshumidificación.

Cabe señalar que los ejemplos mostrados en los dibujos son sólo para fines ilustrativos, y pueden contemplarse muchas otras alternativas dentro del alcance de la presente invención que se define mediante las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de deshumidificación (1), que comprende
 - una unidad deshumidificadora por sorción (2);
 - un circuito de aire de proceso (3) dispuesto para conducir un flujo de aire de proceso a través de material desecante en la unidad deshumidificadora (2);
 - un circuito de aire de regeneración (4) dispuesto para conducir un flujo de aire de regeneración a través de material desecante en la unidad deshumidificadora (2); y
 - una bomba de calor (5) que comprende un evaporador (6) y un condensador (7),en el que el sistema comprende además
 - un intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9) dispuesto antes de la entrada del aire de proceso en la unidad deshumidificadora (2),
 - un circuito de fluido intermedio (8) con un fluido de enfriamiento (C), dispuesto para enfriar el aire de proceso en el intercambiador de calor (9) antes de la entrada del aire de proceso en la unidad deshumidificadora (2), comprendiendo dicho circuito de fluido intermedio (8) una bomba de fluido (11) y un conducto principal (8a) dispuesto para conducir fluido de enfriamiento (C) a través del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9) y a través del evaporador (6) de la bomba de calor, y comprendiendo además el circuito de fluido intermedio (8) un sistema de control de flujo (10) dispuesto para controlar el flujo de fluido de enfriamiento (C) en el circuito de fluido intermedio (8) para obtener un valor medido de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento (T1) en el circuito de fluido intermedio (8) aguas arriba del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9), que corresponde a un valor dado de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento de punto de ajuste (T1_{ajuste}), en el que el sistema de control de flujo (10) incluye una unidad de control (CU), y equipos de medición para determinar el valor de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento, en el que dichos equipos de medición están dispuestos de manera adecuada en el sistema en el conducto de flujo (8a) entre la bomba (11) y el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9), y en el que se proporcionan medios para enviar información del valor de parámetro determinado (T1) a la unidad de control (CU), que se dispone para comparar el valor de parámetro determinado (T1) con un valor dado de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento de punto de ajuste (T1_{ajuste}) del fluido de enfriamiento, y se proporcionan medios para actuar sobre el sistema de control de flujo para ajustar el flujo de fluido de enfriamiento en las diferentes partes del circuito de fluido intermedio basándose en el valor (T1).
2. El sistema de deshumidificación según la reivindicación 1, en el que la unidad de control (CU) comprendida en el sistema de control de flujo (10) del circuito de fluido intermedio (8) está dispuesta para controlar el flujo de fluido de enfriamiento en el circuito de fluido intermedio mediante el control de la bomba de fluido (11) y/o una o más válvulas de control de fluido (12, 13) dispuestas en el circuito de fluido intermedio.
3. El sistema de deshumidificación según la reivindicación 1 o 2, en el que el circuito de fluido intermedio (8) comprende un conducto de derivación (8b) que permite que una parte del fluido de enfriamiento (C) evite el intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9).
4. El sistema de deshumidificación según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento es la temperatura de fluido de enfriamiento, y el valor dado de punto de ajuste (T1_{ajuste}) para el fluido de enfriamiento se ajusta preferiblemente a una temperatura por debajo de 10 °C, más preferiblemente por debajo de 5 °C, lo más preferiblemente por debajo de 0,5 °C.
5. El sistema de deshumidificación según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el circuito de aire de regeneración (4) está conectado al condensador (7) de la bomba de calor (5) aguas arriba de la unidad deshumidificadora (2).
6. El sistema de deshumidificación según una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que el circuito de fluido intermedio (8) comprende un intercambiador de calor (14) dispuesto aguas arriba del evaporador de bomba de calor (6) para enfriar el aire de regeneración aguas abajo de la unidad deshumidificadora (2).
7. El sistema de deshumidificación según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el circuito de aire de regeneración (4) comprende un calentador eléctrico (15) aguas arriba de la unidad deshumidificadora (2), dispuesto para calentar opcionalmente el aire de regeneración.
8. Un método de funcionamiento del sistema de deshumidificación según una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que comprende las etapas de

- a) determinar un valor real de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento (T1) aguas arriba del intercambiador de calor de enfriamiento de aire de proceso (9); y
 - b) si el valor real de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento (T1) se desvía del valor dado de parámetro dependiente de la temperatura de fluido de enfriamiento de punto de ajuste ($T_{1\text{ajuste}}$), ajustar el flujo de fluido de enfriamiento (C) en el circuito de fluido intermedio (8) ajustando la capacidad de flujo de la bomba de fluido (11) y/o de la una o más válvulas de control de fluido (12, 13) dispuestas en el circuito de fluido intermedio; y
 - c) repetir las etapas a) y b) hasta $T_1 = T_{1\text{ajuste}}$.
9. Un programa informático para hacer funcionar el sistema de deshumidificación según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende instrucciones que, cuando se aplican en la unidad de control de un sistema de deshumidificación según la reivindicación 1, y se ejecutan en al menos un procesador, hacen que al menos un procesador lleve a cabo el método según la reivindicación 8.
10. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que porta un programa informático según la reivindicación 9, para hacer funcionar el sistema de deshumidificación según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6.

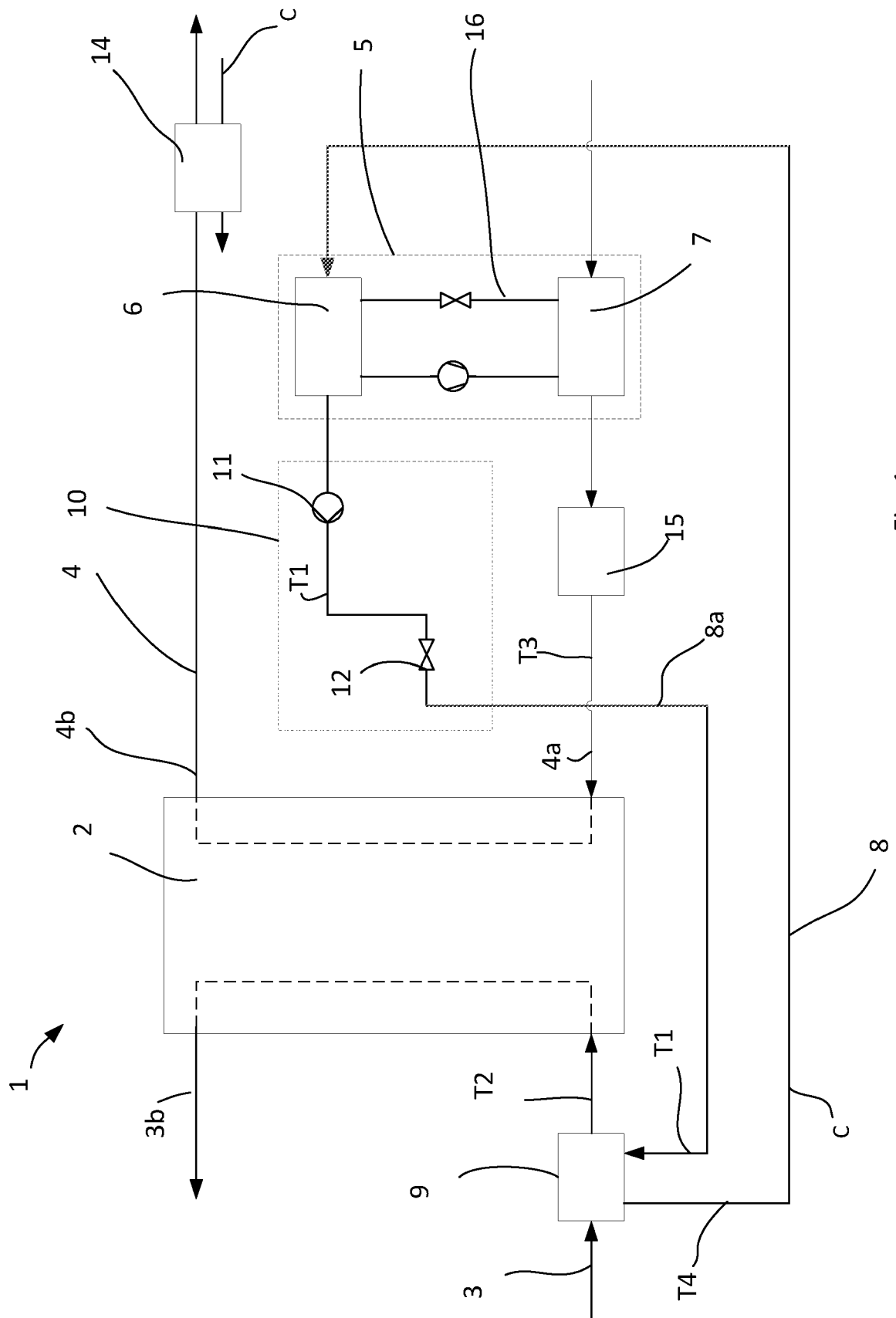


Fig. 1

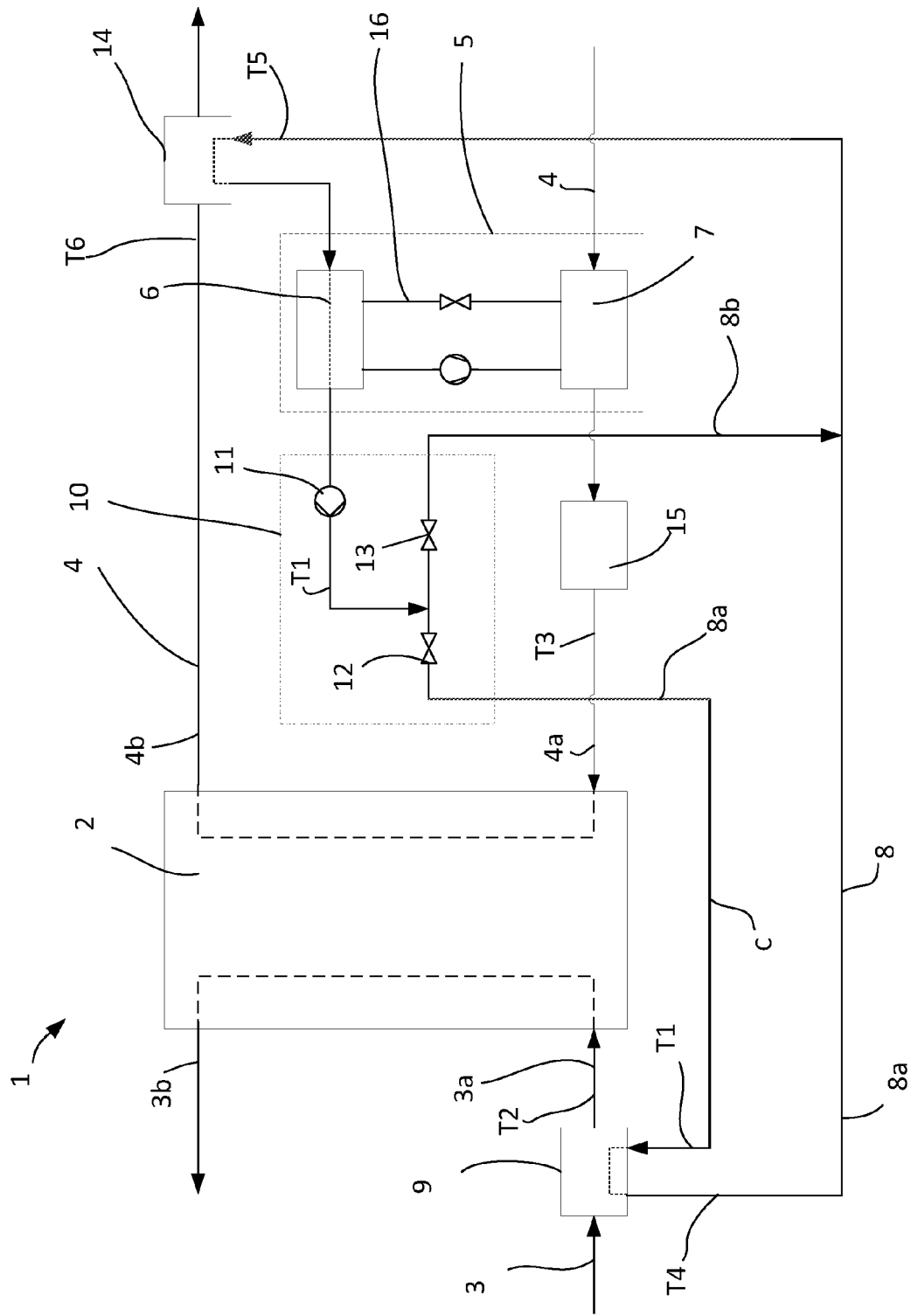


Fig. 2

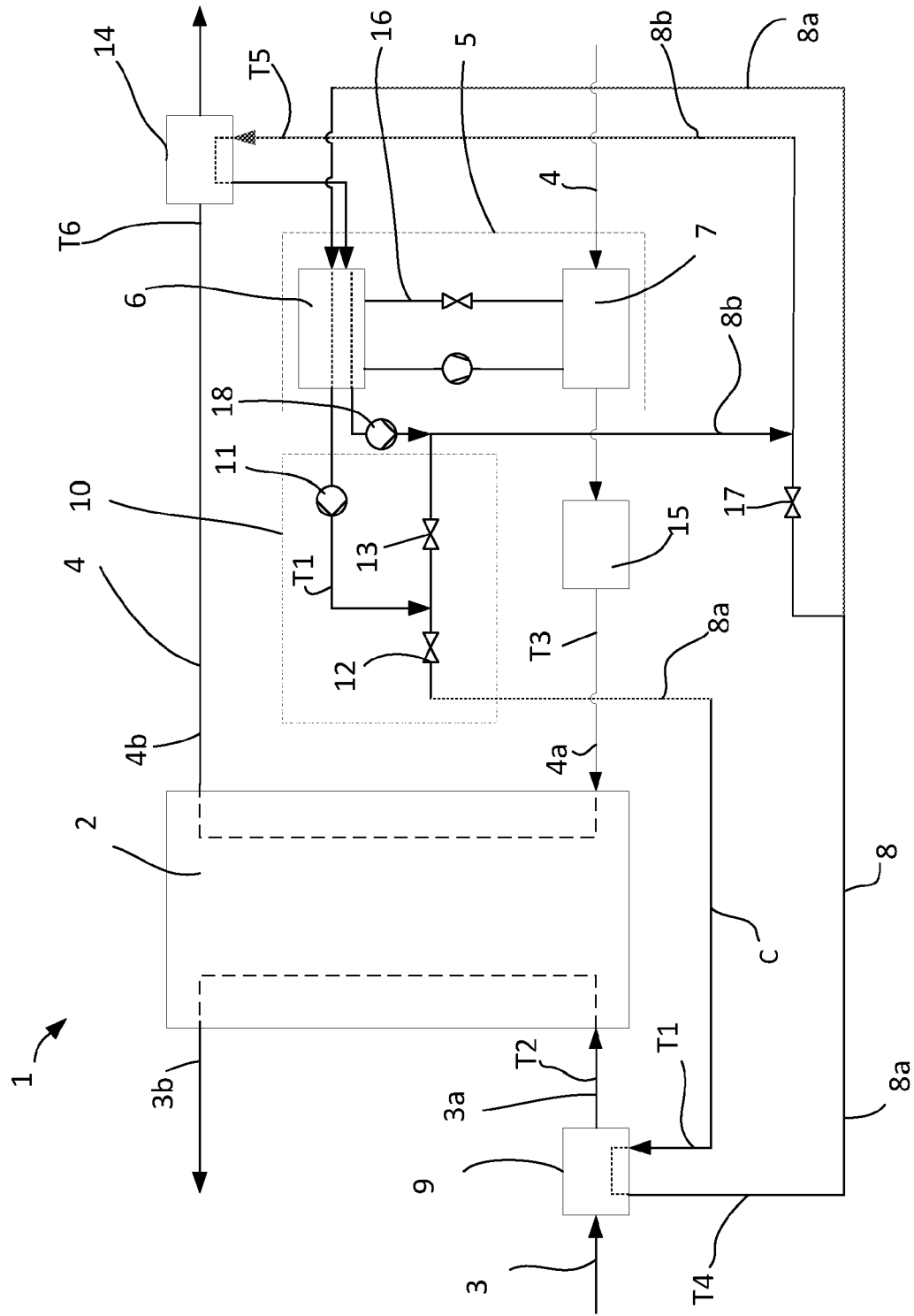


Fig. 3

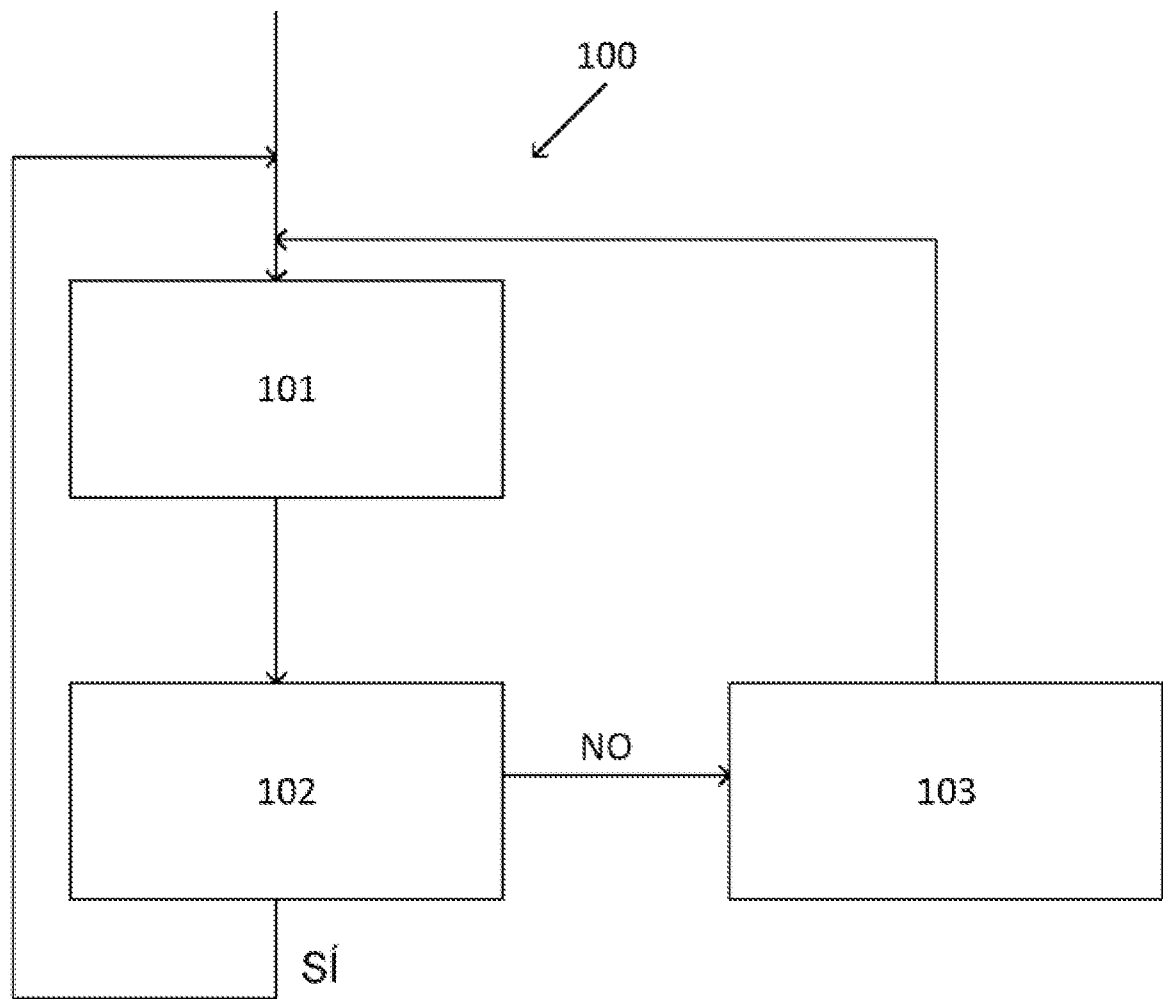


Fig. 4