

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 836 723**

51 Int. Cl.:

F25B 25/02 (2006.01)

F25B 9/00 (2006.01)

F25B 17/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.01.2019** **E 19152356 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2020** **EP 3557161**

54 Título: **Bomba de calor híbrida y su uso**

30 Prioridad:

20.04.2018 DE 102018109577

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

28.06.2021

73 Titular/es:

**KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE
(100.0%)
Kaiserstrasse 12
76131 Karlsruhe, DE**

72 Inventor/es:

**SCHMIDT, FERDINAND y
DESAI, ADITYA**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 836 723 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

Bomba de calor híbrida y su uso

5 La presente invención se refiere a una bomba de calor híbrida y su uso.

Se conocen bombas de calor híbridas o ciclos de máquina de frío, en los que el calor residual de un compresor se utiliza para el accionamiento de un proceso de sorción. Un ejemplo es el documento DE 4440589 A1. Las relaciones termodinámicas del ciclo de CO₂ transcrítico están representados p. ej. en DM Robinson y EA Groll "Efficiencies of
10 transcritical CO₂ cycles with and without an expansion turbine", Int. Journal of Refrigeration 21 (1998), 577 - 589.

El acoplamiento de un ciclo de compresión de CO₂ transcrítico y de un ciclo de adsorción se conoce además por A. Gibelhaus et al. "Effiziente Kältebereitstellung durch Kopplung von Adsorptions- und CO₂-Kompressionskälteanlage", Congreso de DKV Kassel, 16. - 18/11/2016. En este artículo el acoplamiento se realiza de manera que no se necesita
15 una amortiguación de los calores necesarios y liberado en el ciclo de adsorción. El sistema de adsorción presenta solo un adsorbedor, de lo que resultan ciertas desventajas para la eficiencia del sistema acoplado.

Además, se conoce otro tipo de acoplamiento de un ciclo de compresión de CO₂ con un ciclo de adsorción de P. Cyklis "Two stage ecological hybrid sorption-compression refrigeration cycle", Int. Journal of Refrigeration, 48, (2014),
20 121 - 131. A este respecto, no se usa un ciclo de CO₂ transcrítico, sino que se trata de un proceso de frío en dos etapas con ciclo de CO₂ como etapa a baja temperatura y el ciclo de adsorción como etapa a alta temperatura. El calor de condensación del ciclo de CO₂ se transmite al evaporador del ciclo de adsorción.

Un sistema similar se conoce por el documento DE 19 841 548 C2. Para el accionamiento de un ciclo semejante se
25 debe suministrar tanto corriente o energía mecánica como calor.

Otro tipo de acoplamiento entre los ciclos de compresión y adsorción se sitúa en la conexión directa de los circuitos de medio de trabajo. Los cursos de trabajo se conocen entre otros por A. Askalany et al. "Hybrid adsorption cooling systems - An overview", Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012), 5787 - 5801. Un resumen sistemático
30 de distintos tipos de acoplamiento y ciclos y los conocimientos encontrados hasta ahora para la selección de los ciclos híbridos más apropiados se dan aquí. Otro resumen se conoce por F. Kojok et al., "Hybrid cooling systems", A review and optimal selection scheme", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 65 (2016) 57 - 80.

Un resumen del estado de desarrollo técnico de las bombas de calor de compresión con ciclo de CO₂ transcrítico para
35 la preparación de agua caliente se conoce por Zhang et al. "Review on CO₂ heat pump water heater for residential use in Japan" Renewable and Sustainable Energy Reviews 50 (2015) 1383 - 1391.

Finalmente, el uso de una bomba de calor de adsorción con acumulador estratificado se conoce por el documento WO
40 2006/034561. No obstante, de esta solicitud no se conoce el uso de un ciclo de CO₂.

El documento DE 10 2014 113450 A1 da a conocer una disposición de transformación de calor de adsorción con al
menos dos circuitos de adsorción y un acumulador estratificado, donde ambos circuitos están acoplados con el acumulador estratificado.

45 El objetivo de la invención es por tanto poner a disposición un sistema, que contenga un circuito de bomba de calor de CO₂ que trabaja de forma transcrítica, así como un circuito de bomba de calor de adsorción, que recibe tanto calor de accionamiento del circuito de CO₂, como también calor a baja temperatura y ya en una realización con solo un adsorbedor presenta una eficiencia más alta respecto al estado de la técnica. Además se debe conseguir que un acumulador de calor se pueda integrar en el sistema, con el que es posible una temperatura de preparación de agua
50 caliente conforme a los requerimientos con vistas a la protección frente a la legionela. Además, se debe crear una bomba de calor híbrida mejorada, que utilice un ciclo de adsorción tanto en el funcionamiento de corriente, como también en el funcionamiento de quemador.

El objeto de la invención es por lo tanto una bomba de calor híbrida con al menos un circuito de compresión de CO₂ y
55 con al menos

un circuito de adsorción según la reivindicación 1 y un procedimiento para el funcionamiento de una bomba de calor híbrida según la reivindicación 6.

60 El objetivo de la invención se consigue porque ambos circuitos están acoplados con al menos un acumulador

estratificado.

El sistema según la invención contiene un circuito de CO₂ que trabaja de forma transcítica a partir de al menos un compresor, al menos un refrigerador de gas, al menos un estrangulador, al menos un evaporador. Para sistemas de bomba de calor o máquina de frío semejantes, un circuito de adsorción se utiliza también como circuito auxiliar, a fin de bajar la temperatura de salida del medio de trabajo del refrigerador de gas y elevar de este modo la eficiencia del ciclo de compresión. Los componentes necesarios para el ciclo de adsorción son al menos un módulo de adsorción con al menos un adsorbedor y al menos un evaporador/condensador con bombas correspondientes, así como al menos un acumulador estratificado con dispositivos de carga y descarga, válvulas de selección multivía y el sistema de tuberías correspondiente. El disipador de calor útil se alimenta a través de una válvula de selección multivía y una bomba con fluido desde una altura seleccionable del acumulador, que fluye de vuelta de nuevo al acumulador tras la emisión de calor en el disipador a través de un dispositivo de carga de capa.

Los acumuladores estratificados en el sentido de la invención presentan varias capas, dispuestas preferentemente unas sobre otras. Preferentemente, los dispositivos presentan una capa inferior, una media y una superior. Dentro de las capas individuales pueden estar presentes escalonamientos adicionales (p. ej. una capa más inferior o más superior).

Según la invención, el circuito de compresión (en los modos de funcionamiento del sistema en los que está activo) se hace funcionar preferentemente de forma continua.

Los modos de funcionamiento más importantes del sistema son:

1. Funcionamiento de compresión con adsorción como ciclo auxiliar (= funcionamiento híbrido).
2. Descarga del acumulador con ciclo de adsorción (compresor off, quemador off).
3. Funcionamiento de quemador (quemador acciona el ciclo de adsorción, compresor off).
4. Funcionamiento de booster: compresor y quemador on para cubierta de carga de punta, ciclo de adsorción es activo.

Estos 4 modos de funcionamiento pueden aparecer básicamente tanto en el funcionamiento de bomba de calor, como también en el funcionamiento de máquina de frío.

Una sucesión típica de los modos de funcionamiento es 1 - 2 - 3 - 1: cuando un sistema para corriente recibe una señal de precio alto o escasez, en primer lugar se realiza una descarga de acumulador, al quedar por debajo de una cierta cantidad de calor en el acumulador se realiza una desconexión en el modo de quemador y cuando la corriente está disponible de nuevo de forma favorable de vuelta al funcionamiento de compresión.

En la lógica de regulación, los modos de funcionamiento son la categoría más alta, por debajo de ella cada modo de funcionamiento puede tener diferentes estados de funcionamiento respecto a la distribución de temperatura en el acumulador, requerimiento de potencia, etc. Para cada estado de funcionamiento se deposita un juego de parámetros de funcionamiento y regulación (valores de consigna) en el sistema, p. ej. respecto a los flujos máxicos de los circuitos de fluido, nivel de presión de compresor, criterio de conmutación para el ciclo de adsorción.

El acumulador estratificado presenta según la invención dispositivos de carga y descarga a alturas discretas. El circuito de adsorción se hace funcionar de forma periódica con semiciclos de adsorción y desorción alternantes. En la zona más fría (inferior), el acumulador estratificado solo se atraviesa en el semiciclo de adsorción en el circuito de evaporador. Para el circuito de adsorción, del acumulador estratificado se toma fluido más frío gradualmente en el semiciclo de adsorción. El adsorbedor se enfría gradualmente y el fluido calentado se conduce de vuelta respectivamente al acumulador por encima del punto de toma. No obstante, a la zona de acumulador más inferior no se le suministra calor de adsorción, para que el evaporador pueda enfriar esta zona a una temperatura lo más baja posible y el refrigerador de gas del circuito de compresión alcance una temperatura de salida lo más baja posible. El ciclo de adsorción finaliza por ello con la toma de fluido para el adsorbedor desde un segundo plano más inferior en el acumulador estratificado, en cuando se alcanza un criterio de conmutación definido como un margen de temperatura mínimo en el circuito de adsorbedor. Entonces se realiza la desorción mediante calentamiento gradual del adsorbedor mediante la toma de fluido desde altura creciente en el acumulador estratificado, donde el calor de condensación se le suministra a la zona central del acumulador estratificado a través del circuito de condensador y desde allí al disipador de calor útil.

Observado a través del ciclo de adsorción y desorción completo, este provoca que de la zona de acumulador más superior se extrae calor y de la zona de acumulador más inferior también se extrae calor. Con dimensionamiento

suficientemente grande del acumulador, la temperatura del refrigerante CO₂ permanece casi constante en la salida del refrigerador de gas a lo largo del tiempo del ciclo de adsorción. Esto provoca una ventaja de eficiencia respecto al estado de la técnica. Otro aumento de eficiencia se consigue mediante la recuperación de calor implementada en el circuito de adsorbedor entre la adsorción y desorción.

5

En una variante de la invención, con la hidráulica presente también se pueden implementar otros ciclos de adsorción, en particular ciclos con ramificación y/o con etapas de adsorción y desorción aproximadamente isotermas con temperatura de evaporador y condensador variable. Según las condiciones de funcionamiento del ciclo de compresión y estado de carga del acumulador estratificado pueden ser ventajosos diferentes ciclos de adsorción. En el funcionamiento estacionario se pretende una estratificación aproximadamente lineal del acumulador (es decir, un desarrollo de temperatura lineal sobre la altura de acumulador), dado que de este modo se consigue un buen enfriamiento del retorno de refrigerante del refrigerador de gas.

10

Para una bomba de calor, que también proporciona agua potable, en el acumulador de calor estratificado se puede unir adicionalmente una estación de agua potable según el estado de la técnica, que análogamente al disipador de calor puede tomar un fluido por medio de una válvula multivía dese al menos dos alturas distintas en el acumulador. De este modo también se puede conseguir un circuito de protección contra la legionela.

15

En una variante de la invención, adicionalmente al refrigerador de gas del circuito de compresión de CO₂ está prevista una fuente de calor, que puede poner a disposición el calor de accionamiento para el ciclo de adsorción y entonces calienta la zona superior del acumulador estratificado por medio de la bomba. Cuando la fuente de calor es un quemador o una fuente similar, que generar un flujo de gases de escape, entonces puede ser razonable disponer un intercambiador de calor adicional detrás del disipador de calor para el enfriamiento de este flujo de gases de escape.

20

Por medio de la fuente de calor adicional se puede hacer funcionar el ciclo de adsorción de forma independiente del ciclo de compresión. Es decir, al contrario a las bombas de calor híbridas según el estado de la técnica, en las que una bomba de calor de compresión y una caldera de condensación se integran en el sistema, el sistema según la invención también se puede hacer funcionar como bomba de calor accionada de forma completamente térmica. En este caso, como fuente a baja temperatura para el ciclo de adsorción sirve la fuente de calor adicional, que se conecta en el circuito de evaporador por medio de la válvula de tres vías durante la fase de adsorción. La fuente de calor puede formar constructivamente una unidad con la fuente de calor del ciclo de compresión, o puede ser una segunda fuente de calor independiente. Cuando el medio de trabajo en el ciclo de adsorción es agua, la fuente de calor se diseña preferiblemente de modo que durante el tiempo de uso previsto presenta una temperatura de fuente de > 0 °C. En el funcionamiento de quemador puede ser ventajoso desplegar el ciclo de adsorción hasta el plano más inferior del acumulador, dado que el evaporador se calienta con la fuente externa y no con calor de la zona de acumulador inferior.

25

30

35

Las fuentes de calor híbridas de este tipo son bien apropiadas para utilizar corriente de fuentes renovables fluctuantes y, en el caso de no disponibilidad de una corriente semejante, utilizar la fuente de calor alternativa. Esto puede ser p. ej. un quemador de gas. En el funcionamiento de quemador, la bomba de calor presenta la ventaja de la eficiencia. En el funcionamiento de compresor presenta una eficiencia aproximadamente igual que bombas de calor de compresión que trabajan de forma subcrítica con otros refrigerantes. A este respecto, con coste constructivo bajo se puede incluir una segunda fuente de calor, que puede presentar otro nivel de temperatura que la fuente de calor principal. Además, el acumulador de calor estratificado 4 se puede utilizar muy bien como acumulador intermedio. Por medio del intercambiador de calor de refrigerador de gas es posible cargar una gran parte del acumulador a casi 100 °C. En el caso de una estratificación lineal al final de una fase con funcionamiento de compresión, el ciclo de adsorción todavía puede continuar y se conecta una fase de descarga de acumulador antes de que empiece el funcionamiento de quemador. En el caso de la descarga del acumulador todavía puede funcionar entonces el ciclo de adsorción y usarse el calor ambiente. El acumulador consigue por lo tanto una densidad de energía mayor que un acumulador de agua comparable en un sistema de bomba de calor con otro refrigerante. Las bombas de calor con refrigerantes clásicos, que trabajan de forma subcrítica, solo pueden alcanzar como máximo una temperatura de acumulador de aprox. 50 - 75 °C.

40

45

50

El uso de un acumulador de calor estratificado para la acumulación temporal de calor en el ciclo de adsorción posibilita hacer funcionar el ciclo de adsorción de forma adaptada óptimamente al calor proporcionado por el ciclo de CO₂, en particular aumentar claramente el margen de temperatura en el plano de funcionamiento del ciclo de adsorción respecto al estado de la técnica. Ante todo, por consiguiente, al ciclo de adsorción se le puede suministrar más calor de accionamiento que lo que era posible hasta ahora según el estado de la técnica. Dado que el coeficiente de rendimiento (Coefficient of Performance, COP) del ciclo de adsorción debido a la recuperación de calor conseguida a través del acumulador de calor estratificado es al menos tan alta como después del procedimiento usado hasta ahora en conexión con los ciclos de CO₂ transcíticos, se puede absorber más calor a baja temperatura en el evaporador del

55

60

ciclo de adsorción que lo que se conoce hasta ahora. Por consiguiente se puede extraer más calor al medio de trabajo CO₂ en el circuito de compresión, y refrigerarse este aún más en el refrigerador de gas. Debido a la caracterización del ciclo de CO₂ aumenta por lo tanto el coeficiente de rendimiento de este ciclo y por consiguiente la eficiencia del sistema global para la facilitación de calor o frío útil.

5

Para poder utilizar el sistema para la preparación de agua caliente, se requiere solo una toma de fluido variable en altura del acumulador para el funcionamiento de una estación de agua potable en el procedimiento a contracorriente. Para ello, por ejemplo, se pueden utilizar intercambiadores de calor de placas, sensores de corriente, etc. En este procedimiento, la zona de acumulador más inferior puede ser más fría que el retorno del fluido de la estación de agua

10

potable en el acumulador. Para no perturbar la estratificación en la zona de acumulador inferior, se suministra una estratificación de baja mezcla de un retorno de fluido en la zona de acumulador inferior.

En otra variante de la invención se puede acoplar la fuente de accionamiento adicional (p. ej. un quemador de gas o aceite, quemador de biomasa, estación calefactora eléctrica o colector solar) en el acumulador. Este acoplamiento

15

tiene lugar conforme al estado de la técnica. Asimismo es posible un acoplamiento con el absorbedor. Esto conduce a que el sistema se puede utilizar con bajo esfuerzo como bomba de calor de adsorción muy eficiente (sin accionamiento del ciclo de compresión o también con funcionamiento simultáneo del ciclo de compresión en las zonas de carga de pico). Para el funcionamiento como bomba de calor de adsorción pura (sin funcionamiento del compresor), una fuente de calor ambiente se debe acoplar técnicamente directamente en el evaporador del sistema de adsorción,

20

dado que en el funcionamiento híbrido solo la zona de acumulador inferior sirve como fuente de calor para el evaporador. Siempre y cuando una fuente ambiente del ciclo de compresión sea apropiada para ello, se puede usar para ello un circuito de intercambiador de calor separado entre el circuito de fuente de calor y el evaporador del sistema parcial de absorción o este intercambiador de calor se puede integrar en el evaporador de la parte de compresión.

25

Mediante el acoplamiento del ciclo de compresión de CO₂ en un ciclo de absorción adaptado, almacenado se mejoran las condiciones de funcionamiento promedio para el ciclo CO₂ y se aumenta la eficiencia global, en particular, respecto al sistema descrito por Gibelhaus et al. (Congreso de DKV 2016). El acoplamiento de los dos ciclos se realiza según la invención a través de un acumulador de calor, que al mismo tiempo sirve también para el almacenamiento de calor y la recuperación de calor interna dentro del ciclo de adsorción. Un funcionamiento acoplado de los dos ciclos está

30

caracterizado porque mediante el refrigerador del ciclo de compresión se alimenta simultáneamente calor al acumulador en todas las zonas. P. ej. el refrigerador de gas puede estar realizado como serpentín, que se extiende sobre toda la altura del acumulador y que discurre en el acumulador. Alternativamente, de la zona de acumulador más inferior se puede tomar un fluido, que se calienta entonces en un intercambiador de calor externo y se introduce de nuevo en las zonas de acumulador más superiores. Además, el funcionamiento acoplado está caracterizado porque

35

respecto al ciclo de adsorción aparecen tres zonas en el acumulador. En la zona superior, el nivel de temperatura se sitúa por encima de la temperatura de uso (o durante el funcionamiento del sistema como máquina de frío por encima de la temperatura de retorno). El proceso de adsorción extrae en esta zona calor (como calor de accionamiento para la desorción). En la zona de acumulador media, el nivel de temperatura se sitúa p. ej. entre la temperatura de ida y retorno de un sistema calefactor del edificio (o de un refrigerador de retorno). De esta zona se evacúa el calor útil en

40

el medio a través del ciclo de adsorción (o se entrega calor de escape al entorno). En la zona de acumulador inferior, la temperatura se sitúa por debajo del nivel de utilización (o la refrigeración de retorno) y de esta zona se extrae calor en el medio a través del proceso de adsorción. Debido a la estratificación de temperatura continua del acumulador de calor es posible una carnotización del proceso de adsorción y debido al aumento de eficiencia del ciclo de adsorción se consigue una refrigeración amplia del medio de trabajo CO₂ en la salida del refrigerador de gas, por lo que se

45

aumenta la eficiencia global. Carnotización significa: Aumento del grado de calidad de Carnot del proceso, es decir, gestión del proceso más cerca del óptimo termodinámico (2º juego principal).

El absorbedor y el evaporador / condensador se conectan preferentemente hidráulicamente con el acumulador estratificado. Preferentemente, el circuito de adsorción presenta los siguientes componentes:

50

- módulo de adsorción que presenta al menos un adsorbedor con al menos un adsorbente y al menos otro intercambiador de calor (3) y al menos un medio de trabajo;
- al menos un intercambiador de calor estratificado;
- al menos una fuente de calor de accionamiento; y

55

- al menos un fluido portador de calor

caracterizado porque

tanto el adsorbedor, como también el intercambiador de calor presentan una conexión de fluido cerrable para el fluido portador de calor para el acumulador de calor, donde el fluido portador de calor presente en la conexión presenta una

60

circulación entre el intercambiador de calor y acumulador de calor.

Una circulación es un flujo de fluido en una dirección predeterminada, donde debido a la condición de continuidad (conservación de masa del fluido) se produce una trayectoria cerrada del flujo del fluido a través de componentes determinados del dispositivo. Para el uso según la invención del término "circulación" es insignificante si el flujo se provoca por una bomba (convección forzada) o se lleva a cabo por diferencias de densidad condicionadas por la temperatura bajo la influencia de la fuerza de la gravedad (convección natural, termosifón) o si las causas de la circulación son diferencias de temperatura, que conducen a una circulación de dos fases como en el tubo de calor (heatpipe).

10 Un circuito se define como una conexión de fluido con la circulación presente de un fluido portador de calor.

Por lo tanto, en la fase de condensación está presente una circulación del fluido portador de calor entre el intercambiador de calor, que en esta fase es un condensador, e intercambiador de calor; preferiblemente esta circulación se consigue por medio de una bomba. Alternativamente también es posible un transporte de calor de dos fases en un tubo de calor (heatpipe) sin bomba.

El dispositivo contiene tanto en el circuito de condensador y/o evaporador, como también en el circuito de adsorbedor cada vez una conexión abierta, pero cerrable entre el intercambiador de calor y acumulador de calor. En otras palabras debe estar presente tanto una conexión de fluido de acumulador adsorbedor, como también acumulador del circuito de condensador. Las dos conexiones tienen que poderse utilizar simultáneamente, sin que se produzca una igualación del nivel de temperatura entre el circuito de adsorbedor y condensador / evaporador (p. ej. por mezcla de fluido).

Una conexión de fluido en el sentido de la invención es un elemento estanco a fluidos, como por ejemplo un tubo, manguera, canal o combinaciones de ellos y similares, que se puede travesar por un fluido y posibilita el transporte de un fluido de un lugar a otro, preferiblemente dentro del dispositivo según la invención. En una alternativa, la conexión de fluido es estanca a fluidos y/o a presión.

Una conexión semejante puede presentar o contener otros elementos estancos a fluidos, que se pueden atravesar por el fluido, como por ejemplo, una bomba, componente para el bloqueo o regulación del paso de fluidos, preferiblemente válvula, calefacción / fuente de calor.

Una fuente de calor es en el sentido de la invención un intercambiador de calor, a través del que fluye un fluido y a este respecto experimenta un aumento de la entalpía (en forma de un aumento de la temperatura y/o de un cambio de fase).

En el sentido de la fase, bajo componente se debe entender un dispositivo, constituyente, elemento de un todo, módulo, unidad, componente, accesorio, equipo o aparato, pero también medio o fluido.

Módulo significa en el sentido de la invención un elemento intercambiable dentro de un sistema global de un dispositivo o de una máquina, que forma una unidad funcional cerrada.

Bajo un módulo de adsorción, en el sentido de la invención se entiende una unidad que encierra de forma estanca a presión y/o a vacío el medio de trabajo (en al menos una cámara), que contiene al menos un adsorbedor y al menos un intercambiador de calor que funciona como evaporador y/o condensador para el medio de trabajo. El medio de trabajo (medio de sorción) se intercambia de forma periódica entre el al menos un adsorbedor y al menos un intercambiador de calor, sin embargo, solo en su lado exterior. El fluido portador de calor fluye en los intercambiadores de calor, como el adsorbedor también es uno.

En el caso de medios de trabajo a baja presión, como agua o metanol, se usa una envolvente estanca al vacío.

En el estado de la técnica se describen distintos tipos de módulos de adsorción, que se pueden usar aquí según la invención, por ejemplo, un tipo de módulo en el que solo hay un intercambiador de calor, que funciona tanto como evaporador como también como condensador, como también un tipo de módulo en el que los evaporadores y condensadores son intercambiadores de calor separados y adicionalmente hay válvulas de vapor y una reconducción de condensado.

En una realización, el dispositivo de adsorbedor e intercambiador de calor presentan una envolvente de vacío común. El módulo de adsorción está cerrado por una envolvente de vacío.

En una alternativa, el dispositivo presenta exactamente un adsorbedor.

Otra realización es un dispositivo en el que el intercambiador de calor es un intercambiador de calor de condensador y evaporador.

- 5 En una alternativa están presentes dos intercambiadores de calor, un intercambiador de calor de condensador y un intercambiador de calor de evaporador.

El dispositivo presenta dos circuitos de fluido, separados espacialmente, un circuito del medio de trabajo en el módulo de adsorción y al menos uno del fluido portador de calor. Para la variante con evaporador y condensador separado y en particular para metanol o amoníaco como medio de trabajo es ventajoso poder usar distintos fluidos portadores de calor en el circuito de evaporador y en el de acumulador (p. ej. una mezcla de agua y glicol en el circuito de evaporador y agua pura en el circuito de acumulador).

10 Separado espacialmente significa que los fluidos no tienen un contacto fluido entre sí, por lo tanto el fluido portador de calor y medio de trabajo no se pueden mezclar debido a los circuitos separados.

El término de "circuito" se usa para clarificar la diferencia respecto a conexiones de fluido, que posibilitan solo una ida y/o retorno de los fluidos. En un circuito no tiene lugar una inversión de flujo a través de toda la sección transversal de la línea, es decir, la dirección de flujo del fluido se mantiene, eventualmente se interrumpe, pero no a la inversa. En una alternativa, un circuito excluye una inversión de flujo.

En una alternativa, el circuito del fluido portador de calor presenta al menos tres, preferiblemente exactamente cuatro circuitos subordinados. Estos circuitos subordinados se designan como circuito de calefactor, circuito de adsorbedor, o como circuito de evaporador / condensador y eventualmente circuito de disipador de calor. Estos tres preferentemente cuatro circuitos presentan al menos una conexión de fluido entre sí a través de componentes para el bloqueo o regulación del paso de fluidos. Estos tres o cuatros circuitos subordinados presentan por lo tanto al menos una conexión de fluido atravesable para el fluido portador de calor.

En una realización, el dispositivo presenta al menos un circuito de adsorbedor, que contiene una conexión de fluido del adsorbedor con el acumulador de calor con al menos una bomba y al menos uno, preferiblemente dos componentes para el bloqueo o regulación del paso de fluidos, preferiblemente válvulas de selección multivía.

En una alternativa, un componente para el bloqueo o regulación del paso de fluidos es una válvula de selección multivía.

35 Bajo una válvula de selección multivía se entiende una válvula de $x/(x-1)$ vías con x mayor de 3, es decir, una válvula de vías que tiene al menos cuatro conexiones y al menos tres posiciones, donde una conexión está abierta en cada posición y de las conexiones restantes en cada posición solo está una abierta.

40 En una realización, el dispositivo presenta al menos un circuito de evaporador - condensador, que contiene el módulo de adsorción con solo un intercambiador de calor que funciona como evaporador y condensador y una conexión de fluido de intercambiador de calor a intercambiador de calor con al menos una bomba y al menos uno, preferiblemente al menos dos componentes para el bloqueo o regulación del paso de fluidos, preferiblemente válvulas de selección multivía, donde en el circuito de evaporador / condensador además existe una conexión de fluido establecible a través de un componente de válvula con una fuente de calor a baja temperatura, que se puede conectar en este circuito de fluido para la fase de evaporación.

En una realización, el dispositivo contiene un módulo de adsorción con dos intercambiadores de calor separados como evaporador y condensador, el circuito de evaporador presenta al menos una bomba y una conexión de fluido con una fuente de calor a baja temperatura y adicionalmente se puede acoplar el calor del acumulador de calor a través de una conexión de fluido que se puede abrir o a través de un intercambiador de calor en el circuito de evaporador, y además existe una conexión de fluido entre el circuito de condensador y el acumulador de calor, por medio de lo que el calor de condensación se puede incorporar en el acumulador de calor.

55 En una alternativa, el absorbente se selecciona a partir del grupo que contiene o se compone de adsorbentes microporosos, es decir, con anchura de poro <2 nm, preferiblemente del grupo de zeolita, aluminofosfatos (AIPO), silicoaluminofosfatos (SAPO), silicageles, carbones activados o materiales de estructura organometálicos (MOF) o que el absorbente contiene una mezcla de estos materiales; además el medio de trabajo está seleccionado a partir del grupo que contiene o se compone de agua, amoníaco, metanol, etanol.

60

En una realización, el dispositivo presenta al menos un circuito de calefactor, que contiene una conexión de fluido de la fuente de calor de accionamiento con el acumulador de calor con al menos una bomba y al menos un componente para el bloqueo o regulación del paso de fluidos, preferiblemente válvula de selección multivía.

- 5 En una realización, el dispositivo presenta al menos un circuito de disipador de calor, que contiene una conexión de fluido del disipador de calor a baja temperatura con el acumulador de calor con al menos una bomba y al menos uno componente para el bloqueo o regulación del paso de fluidos, preferiblemente válvula de selección multivía.

Los al menos tres o cuatro circuitos subordinados individuales: circuito de calefactor (con bomba 15), circuito de adsorbedor (con bomba 16), circuito de evaporador / condensador (con bomba 17) y disipador de calor (con bomba 18) se pueden hacer funcionar de forma independiente entre sí.

En otra realización, el acumulador de calor estratificado presenta al menos 3 capas del fluido portador de calor con diferentes temperaturas. Este presenta en una alternativa al menos una lanza de carga de capa y/o al menos un dispositivo de descarga a alturas discretas del acumulador de calor.

El acumulador de calor estratificado presenta en una alternativa al menos un dispositivo de descarga con toma variable en altura y/o una lanza de carga de capa.

- 20 En una alternativa, el acumulador de calor estratificado presenta al menos un dispositivo de descarga con al menos 4, preferiblemente al menos 6 posiciones (alturas) de toma discretas, que presenta una conexión de fluido con al menos dos de los circuitos.

En otra alternativa, el acumulador estratificado presenta al menos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 o más alturas de toma, es decir, capas de fluido portador de calor.

En el sentido de la invención, altura discreta significa una diferencia de temperatura entre dos capas adyacentes de 2-20 Kelvin, preferiblemente 3-15 Kelvin, de forma especialmente preferida 4-12 Kelvin. P. ej. 6 alturas de descarga con un margen de temperatura de 60 K a lo largo de la altura de acumulador significan un intervalo entre alturas de toma adyacentes de 12 K.

Un acumulador estratificado a utilizar según la invención se describe, por ejemplo, en el documento DE 102014113450 A1. En general, la estratificación en el acumulador de calor se realiza, por ejemplo, mediante lanzas de carga de capa con muchas aberturas, que están dispuestas verticalmente dentro del acumulador de calor. Debido a las diferencias de densidad y presión que aparecen del fluido de diferente temperatura, el fluido se introduce casi por sí mismo cuando sale de las aberturas. No obstante, con altas velocidades se produce una mezcla de capas adyacentes, por lo que se genera una transición de temperatura continua como una capa. En un perfeccionamiento preferido de la invención, el intercambiador de calor puede ser un intercambiador de calor estratificado térmicamente, que presenta uno o varios contenedores acumuladores para un fluido portador de calor, en el que pueden estar dispuestos la multiplicidad de dispositivos de carga y descarga para el estratificado y/o toma simultáneos de un fluido portador de calor. Con los dispositivos de carga y descarga, según se ha descrito ya, se pueden acumular o tomar dos o más flujos de fluido portador de calor de distinta temperatura simultáneamente en diferentes capas. Preferiblemente, los dispositivos de carga y descarga individuales del acumulador de calor se pueden situar respectivamente de forma horizontal en el acumulador de calor y a este respecto estar dispuestos y configurados unos sobre otros, de modo que se puede alcanzar un número de Richardson Ri de la entrada de fluido (con la distancia de dispositivos de descarga adyacentes a la altura como longitud característica) en un rango de 100 a 3000. Los dispositivos de carga y descarga están contruidos en una alternativa de un tubo. El tubo puede estar fabricado de metal o de plástico según el caso de aplicación. El tubo tiene aberturas y está rodeado por un material de poro abierto (p. ej. tipo esponja). Los poros tienen respectivamente una abertura de salida, cuya superficie forma en total una superficie de salida a través de la que se puede desviar el fluido portador de calor. Gracias a la gran superficie y la estructura de poro abierto de este dispositivo de carga y descarga se consigue que también en el caso de los grandes flujos volumétricos se introduzca el fluido portador de calor con velocidades de flujo muy pequeñas en el recipiente acumulador y tenga lugar por consiguiente una buena estratificación. En particular se pueden evitar los chorros libres (jets), es decir, flujos localizados con altas velocidades y grandes gradientes de velocidad, que podrían conducir por lo demás a una mezcla amplia y una perturbación considerable de la estratificación térmica dentro del recipiente acumulador.

En una realización, el adsorbedor está conectado por fluido con el acumulador de calor (o se puede conectar con distintas alturas en el acumulador a través de válvulas), y adicionalmente el condensador está conectado por fluido con el acumulador de calor (o se puede conectar de nuevo con distintas alturas en el acumulador a través de un sistema de válvulas independiente). En una alternativa, los circuitos formados entre el adsorbedor y acumulador y

entre condensador y acumulador se pueden hacer funcionar de forma simultánea, sin que se produzca una mezcla (e igualación de temperatura) entre ambos circuitos.

- El módulo de adsorción se compone en la realización más sencilla posible solo de un adsorbedor y un evaporador / condensador en una envolvente de vacío común. El adsorbedor está conectado por fluido con el acumulador de calor a través de una bomba, dos válvulas de selección multivía y un sistema de tubos. Según la posición de una válvula se toma el fluido de una altura determinada en el acumulador a través de un dispositivo de carga estratificado y según la posición de una válvula se introduce de nuevo tras el paso del adsorbedor a otra altura del acumulador.
- 10 El evaporador/condensador está conectado por fluido con el acumulador estratificado a través de una bomba y válvulas de selección multivía. Por consiguiente, el fluido suministrado al evaporador / condensador se puede tomar a una altura variable del acumulador e introducirse de nuevo a una altura cualquiera. A través de una válvula de tres vías, en lugar del acumulador de calor se puede incluir hidráulicamente una fuente de calor a baja temperatura en el circuito de evaporador.
- 15 La fuente de calor a alta temperatura (fuente de calor de accionamiento) está acoplada igualmente por fluido con el acumulador de calor: A través de una válvula de selección multivía se puede seleccionar la altura de toma del acumulador, una bomba se ocupa del flujo volumétrico a través de la fuente de calor y la reestratificación en la zona de carga más alta del acumulador.
- 20 El disipador de calor a alta temperatura está acoplado por fluido con el acumulador: Aquí una válvula de selección multivía sirve para la toma de fluido desde la altura deseada en el acumulador, una bomba impulsa el fluido a través del disipador de calor a través de una lanza de carga de capa de vuelta al acumulador.
- 25 Para la combinabilidad de las variantes de realización alternativas mencionadas para los dispositivos de carga y descarga en el acumulador de calor estratificado se puede afirmar que es razonable, luego cuando un dispositivo de descarga variable en altura en el acumulador sustituye una válvula multivía para la toma de fluido, usar este dispositivo de descarga solo para un circuito. El retorno del respectivo circuito al acumulador se realiza de forma razonable a través de una lanza de carga de capa o a través de una válvula de selección multivía (y dispositivos de carga de capa instalados de forma fija en el acumulador), que se pueden usar conjuntamente luego sin problemas por varios circuitos.

En un uso preferido del dispositivo según la invención se proporciona un frío útil en distintos niveles de temperatura con un nivel de temperatura más bajo en el evaporador del circuito de compresión y un nivel de temperatura más alto en la fuente de calor del circuito de adsorción.

- 35 La bomba de calor híbrida según la invención encuentra otro uso preferido para la facilitación de agua caliente potable, de forma especialmente preferida en combinación con la facilitación de calefacción.
- En un procedimiento preferido para el funcionamiento del dispositivo según la invención se eleva la temperatura del evaporador en el circuito de adsorción en el curso del semiciclo de adsorción, en tanto que al evaporador se le suministra un fluido más caliente desde el acumulador de calor estratificado.
- 40

A continuación la invención se describe más en detalle en referencia a las figuras:

- 45 La figura 1 muestra un ejemplo de realización de una bomba de calor o máquina de frío.
La figura 2 muestra un ejemplo de una configuración como bomba de calor híbrida.

Lista de referencias:

- 50 Para la figura 1:
1. Módulo de adsorción con envolvente de vacío y dos intercambiadores de calor
 2. Adsorbedor; intercambiador de calor de adsorción
 3. Intercambiador de calor de evaporador / condensador
 - 55 4. Intercambiador de calor, preferiblemente acumulador de calor estratificado
 5. Dispositivos de descarga a alturas discretas en el acumulador estratificado
 6. Lanza de carga para la reestratificación de fluido dependiente de la temperatura o densidad en el acumulador estratificado
- 60 7

7a: Válvula (válvula de selección multivía) para la toma de fluido del acumulador multicapa para el adsorbedor
 7b: Válvula (válvula de selección multivía) para la selección de la altura de carga de la reestratificación del fluido del circuito de adsorbedor en el acumulador multicapa

8

5 8a: Válvula (válvula de selección multivía) para la toma de fluido del acumulador estratificado para el condensador (fase de desorción) o el evaporador (fase de adsorción)

8b: Intercambiador de calor de refrigerador de gas del circuito de compresión de CO₂ en el acumulador de calor estratificado (fuente de calor para acumulador y ciclo de adsorción)

9. Válvula (válvula de selección multivía) para la toma de fluido del acumulador estratificado para el calentador

10 10. Válvula (válvula de selección multivía) para la toma de fluido del acumulador estratificado para el disipador de calor a temperatura media (p. ej. calefacción del edificio)

11. Bomba en el circuito del disipador de calor a temperatura media, p. ej. circuito calefactor del edificio.

12. Disipador de calor a temperatura media, p. ej. circuito calefactor del edificio (en el caso de bomba de calor) o refrigerador de retorno (en el caso de máquina de frío)

15 13. Compresor en el circuito de CO₂ operado de forma transcrítica

14. Estrangulador en el circuito de CO₂ operado de forma transcrítica

15. Evaporador en el circuito de CO₂ operado de forma transcrítica con acoplamiento en la fuente de calor a baja temperatura (p. ej. aire exterior)

16. Bomba en el circuito de adsorbedor

20 17. Bomba en el circuito de evaporador / condensador

18. Sistema de potencia para la conexión de las salidas individuales de las válvulas multivía en los dispositivos de carga / descarga estratificada individuales en el acumulador

Para la figura 2:

25

1. Módulo de adsorción con envolvente de vacío y dos intercambiadores de calor

2. Adsorbedor; intercambiador de calor de adsorción

3. Intercambiador de calor de evaporador / condensador

4. Intercambiador de calor, preferiblemente acumulador de calor estratificado

30 5. Dispositivos de descarga a alturas discretas en el acumulador estratificado
 Acumulador de calor estratificado (acumulador estratificado)

6. Lanza de carga para la reestratificación de fluido dependiente de la temperatura o densidad en el acumulador estratificado

7

35 7a: Válvula (válvula de selección multivía) para la toma de fluido del acumulador multicapa para el adsorbedor

7b: Válvula (válvula de selección multivía) para la selección de la altura de carga de la reestratificación del fluido del circuito de adsorbedor en el acumulador multicapa

8

40 8a: Válvula (válvula de selección multivía) para la toma de fluido del acumulador estratificado para el condensador (fase de desorción) o el evaporador (fase de adsorción)

8b: Válvula (válvula de selección multivía) para la reestratificación de fluido del circuito de condensador en el acumulador estratificado

9. Intercambiador de calor de refrigerador de gas del circuito de compresión de CO₂ en el acumulador de calor estratificado (fuente de calor para acumulador y ciclo de adsorción)

45 10. Válvula (válvula de selección multivía) para la toma de fluido del acumulador estratificado para el disipador de calor a temperatura media (p. ej. calefacción del edificio)

11. Bomba en el circuito del disipador de calor a temperatura media, p. ej. circuito calefactor del edificio

12. Disipador de calor a temperatura media, p. ej. circuito calefactor del edificio (en el caso de bomba de calor) o refrigerador de retorno (en el caso de máquina de frío)

50 13. Compresor en el circuito de CO₂ operado de forma transcrítica

14. Estrangulador en el circuito de CO₂ operado de forma transcrítica

15. Evaporador en el circuito de CO₂ operado de forma transcrítica con acoplamiento en la fuente de calor a baja temperatura (p. ej. aire exterior)

16. Bomba en el circuito de adsorbedor

55 17. Bomba en el circuito de evaporador / condensador

18. Sistema de potencia para la conexión de las salidas individuales de las válvulas multivía con los dispositivos de carga estratificada/descarga individuales en el acumulador

19. Válvula de tres vías para la conmutación del circuito de evaporador / condensador entre la fuente de calor a baja temperatura y acumulador estratificado

60 20. Fuente de calor a baja temperatura adicional del ciclo para el circuito de adsorción, p. ej. aire de escape del

edificio (de la instalación de ventilación) o sonda de tierra

21. Fuente de calor a alta temperatura adicional para circuito de adsorción, p. ej. quemador de gas

22. Bomba para circuito a alta temperatura adicional para la carga o zona acumuladora superior

- 5 Según la figura 1, el módulo absorbedor 1 está representado en la realización más sencilla posible. Se compone de un absorbedor 2 y un evaporador / condensador 3 en una envolvente de vacío común. El adsorbente es en este ejemplo SAPO-34 y el medio de trabajo agua. El adsorbedor 2 está conectado hidráulicamente con el acumulador de calor estratificado 4 a través de una bomba 16, dos válvulas de selección multivía 7a, 7b y un sistema de tubos 18. Según la posición de la válvula 7a se toma el fluido de una altura determinada en el acumulador a través de un dispositivo de carga estratificado 5 y según la posición de la válvula 7b se introduce de nuevo tras el paso del adsorbedor a otra altura del acumulador.

- El evaporador/condensador está conectado hidráulicamente con el acumulador estratificado 4 a través de la bomba 17 y válvulas de selección multivía 8a, 8b. Por consiguiente, el fluido suministrado al evaporador / condensador 3 se puede tomar a cualquier altura del acumulador y ocupar de nuevo una altura cualquiera. El disipador a temperatura media 12 está acoplado hidráulicamente al acumulador. Aquí la válvula de selección multivía 10 sirve para la toma de fluido de la altura deseada en el acumulador. La bomba 11 impulsa el fluido a través del disipador de calor 12 vía una lanza de capa 6 de vuelta al acumulador. Según el grado de ensuciamiento del agua en el sistema calefactor se puede requerir una separación hidráulica del sistema. En este caso, el disipador de calor 12 es el intercambiador de calor que transmite el calor útil al sistema calefactor.

- El circuito de bomba de calor de compresión está acoplado al acumulador estratificado 4 a través del refrigerador de gas 9. En este ejemplo, el intercambiador de calor de refrigerador de gas se extiende sobre toda la altura del acumulador. Es decir, en la zona de acumulador sirve como fuente de accionamiento del ciclo de adsorción. En la zona de acumulador media, el calor extraído del refrigerador de gas (como calor útil) se le suministra directamente al disipador de calor 12. En la zona de acumulador inferior, el calor del refrigerador de gas sirve como fuente a baja temperatura para el evaporador 3 del ciclo de adsorción. El circuito de compresión contiene además los componentes de compresor 13, evaporador 15 para la absorción de calor ambiente y estrangulador 14.

- El sistema de bomba de calor o máquina de frío contiene un circuito de compresión de CO₂ que trabaja de forma transcrítica a partir de compresor 13, refrigerador de gas 9, estrangulador 14 y evaporador 15. El circuito de adsorción se utiliza como circuito auxiliar, a fin de bajar la temperatura de salida del medio de trabajo del refrigerador de gas 9 y elevar de este modo la eficiencia del ciclo de compresión. Los componentes necesarios para el ciclo de adsorción son el módulo de adsorción 1 con el adsorbedor 2 y el evaporador / condensador 3 con bombas 16, 17 correspondientes, así como acumulador estratificado 4 con dispositivos de carga y descarga 5, válvulas de selección multivía 7a, 7b, 8a, 8b, así como sistemas de tuberías correspondientes.

- El calor útil 12 se alimenta durante el uso como sistema de bomba de calor a través de una válvula de selección multivía 10 y una bomba 11 con fluido desde una altura seleccionable del acumulador, que fluye de vuelta de nuevo al acumulador tras la emisión de calor en el disipador 12 a través de un dispositivo de carga de capa 6.

- El circuito de compresión según la figura 1 se hace funcionar de forma continua. La zona más inferior del acumulador estratificado 4c entre los anillos de carga 5 solo se atraviesa en el semiciclo de adsorción en el circuito de evaporador. La toma de fluido se realiza a través de la válvula 8a del segundo plano más inferior: tras atravesar el evaporador 3 se realiza la reestratificación en la capa más inferior del acumulador a través de la válvula 8b. En el semiciclo de desorción se hace funcionar el circuito de condensador un escalón más alto en el acumulador. La toma de fluido a través de la válvula 8a del segundo plano más inferior, la reestratificación tras el paso del condensador 3 en el tercer plano más bajo. En la fase de adsorción se reduce gradualmente la temperatura del adsorbedor por la toma cada vez más profunda del acumulador estratificado, hasta que la toma se realiza del segundo plano más inferior. A este respecto, la toma siempre se realiza a través de la válvula de selección 7a y la reestratificación a través de la válvula de selección 7b conforme a la temperatura de retorno. En cuanto durante la toma del segundo más plano más inferior se alcanza un criterio de conmutación definido para el semiciclo de adsorción, p. ej. al quedar por debajo de un margen de temperatura determinado en el circuito de adsorbedor, se realiza la conmutación a desorción y un calentamiento gradual del adsorbedor desde el acumulador estratificado a través de las válvulas 7a (para la toma) y 7b (para la reestratificación). Observado a través de un ciclo de adsorción y desorción completo, este provoca que de la zona de acumulador superior se extrae calor, que se repone de nuevo por el refrigerador de gas a temperaturas por encima de la temperatura de uso y de la zona de acumulador más inferior se extrae calor que igualmente se repone a través del acumulador de gas a temperaturas por debajo de la temperatura de uso. Con dimensionamiento suficientemente grande del acumulador, la temperatura del refrigerante permanece casi constante en la salida del refrigerador de gas 9 (antes de la entrada en el estrangulador 14) a lo largo del tiempo del ciclo de adsorción.

Durante el uso como bomba de calor, que también proporciona agua potable, al acumulador de calor estratificado 4 se puede unir adicionalmente una estación de agua potable. Análogamente al disipador de calor, por medio de una válvula multivía se puede tomar fluido desde al menos dos alturas distintas en el acumulador. De este modo también se puede obtener un circuito de protección contra la legionela.

Según la figura 2 está representada una bomba de calor híbrida. Adicionalmente al refrigerador de gas 9 del circuito de compresión de CO₂, aquí hay otra fuente de calor 21, que pone a disposición el calor de accionamiento para el circuito de adsorción y por medio de la bomba de calor 22 calienta la zona superior del acumulador de calor estratificado 4. Cuando la fuente de calor 21 es un quemador o una fuente similar, que genera un flujo de gases de escape, entonces puede ser razonable disponer un intercambiador de calor adicional detrás del disipador de calor 12 para el enfriamiento de este flujo de gases de escape o integrarlo en la zona inferior del acumulador. Por medio de la fuente de calor adicional 21 se puede hacer funcionar el ciclo de adsorción de forma independiente del ciclo de compresión. El sistema según la invención también se puede hacer funcionar como bomba de calor accionada de forma completamente térmica. En este caso, como fuente a baja temperatura para el ciclo de adsorción sirve la fuente de calor adicional 20, que se conecta en el circuito de evaporador por medio de la válvula de tres vías 19 durante la fase de adsorción. La fuente de calor 20 puede formar una unidad constructivamente con la fuente de calor 15 del ciclo de compresión. Pero también puede ser una segunda fuente de calor independiente. Cuando el medio de trabajo es agua, la fuente de calor 20 se diseña preferiblemente de modo que durante el tiempo de uso previsto puede proporcionar una temperatura de fuente de > 0 °C.

La bomba de calor híbrida construida de esta manera es apropiada para utilizar corriente de fuentes renovables fluctuantes y, en el caso de no disponibilidad de una corriente semejante, descargar en primer lugar el acumulador integrado y luego utilizar la fuente de calor alternativa (p. ej. un quemador de gas). En el funcionamiento de quemador, la bomba de calor presenta una ventaja de eficiencia respecto a una caldera de condensación. En el funcionamiento de compresión, debido al ciclo auxiliar de adsorción presenta una eficiencia aproximadamente igual que las bombas de calor de compresión que trabajan de forma subcrítica con otros refrigerantes. A este respecto, con coste constructivo bajo se puede incluir una segunda fuente de calor 20, que puede presentar otro nivel de temperatura que la fuente de calor principal 15. Además, el acumulador de calor estratificado 4 se puede utilizar como acumulador intermedio. Por medio del intercambiador de calor de refrigerador de gas 9 es posible cargar una gran parte del acumulador a casi 100 °C. En la descarga del acumulador (después de la desconexión de la parte de compresión) también se puede hacer funcionar todavía el ciclo de adsorción y utilizarse el calor ambiente como fuente de calor 20. El acumulador consigue de esta manera una densidad de acumulación de energía más alta que los acumuladores de agua comparables en un sistema de bomba de calor con un refrigerante. Las bombas de calor con refrigerantes clásicos, que trabajan de forma subcrítica, solo pueden alcanzar como máximo una temperatura de acumulador de solo aprox. 60 - 75 °C.

De forma subcrítica significa la condensación del refrigerante con una presión por debajo de la presión crítica, es decir, se realiza una fase de transición gaseosa / líquida y una gran parte del calor se libera a la temperatura de esta transición de fase (al contrario al gran margen de temperatura que se produce en un refrigerador de gas operado de forma transcítica).

REIVINDICACIONES

1. Bomba de calor híbrida con al menos un circuito de compresión de CO₂ y con al menos un circuito de adsorción, donde los circuitos están acoplados con al menos un acumulador estratificado (4) del al menos un circuito de adsorción, donde el al menos un circuito de compresión de CO₂ presenta un refrigerador de gas (9), que está acoplado térmicamente con el al menos un circuito de adsorción a través del acumulador estratificado (4).
5
2. Bomba de calor híbrida según la reivindicación 1, donde está prevista otra fuente de calor, que puede poner a disposición el calor de accionamiento para el ciclo de adsorción y entonces por medio de la bomba calienta la zona superior del acumulador estratificado, donde la fuente de calor (21) es un dispositivo que genera un flujo de gases de escape.
10
3. Bomba de calor híbrida según la reivindicación 2, donde la fuente de calor es un quemador.
4. Bomba de calor híbrida según cualquiera de las reivindicaciones 2 o 3, donde la fuente de calor (20) representa una segunda fuente de calor independiente.
15
5. Bomba de calor híbrida según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, donde la fuente de calor (20) está conectada en un circuito de evaporador por medio de una válvula (19).
20
6. Procedimiento para el funcionamiento de un bomba de calor híbrida según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el circuito de compresión y adsorción se hacen funcionar de forma simultánea, donde el calor del refrigerador de gas (9) del circuito de compresión se emite de forma continua en todas la capas del acumulador estratificado (4) y allí se acumula, donde la parte de este calor presente a las máximas temperaturas se le suministra al absorbedor como calor de accionamiento para la desorción en la fase de desorción del circuito de adsorción y la parte de este calor presente a las temperaturas más bajas se le suministra al evaporador (3) en la fase de adsorción del circuito de adsorción.
25
7. Procedimiento según la reivindicación 6, donde el acumulador estratificado (4) calienta un evaporador (3) del circuito de adsorción, donde las temperaturas más bajas en el acumulador estratificado (4) se sitúan por debajo de la temperatura de retorno de un disipador de calor a temperatura media.
30
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde como medio acumulador y portador de calor se utiliza agua o una mezcla que contiene agua.
35
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el acumulador de calor estratificado (4) contiene en su zona inferior (4c) en elementos cerrados de forma estanca a fluidos un segundo fluido, que presenta una temperatura de fusión más elevada que el medio acumulador restante, que también está presente como fluido portador de calor en el circuito de absorbedor y evaporador.
40
10. Procedimiento según la reivindicación 9, donde al menos una de las fuentes de calor a baja temperatura (15, 20) se hace funcionar a una temperatura por debajo del punto de congelación del segundo fluido y se produce una solidificación temporal del segundo fluido, este se utiliza así como material de cambio de fase.
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el frío útil se proporciona a distintos niveles de temperatura con un nivel de temperatura más bajo en el evaporador (15) del circuito de compresión y un nivel de temperatura más elevado de la fuente de calor (20) del circuito de adsorción.
45
12. Procedimiento según cualquier de las reivindicaciones 6 a 11, donde la temperatura del evaporador (3) en el circuito de adsorción se eleva en el curso del semiciclo de adsorción, en tanto que al evaporador se le suministra un fluido más caliente del acumulador de calor estratificado (4).
50
13. Uso de la bomba de calor híbrida según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 para la facilitación de agua caliente potable.

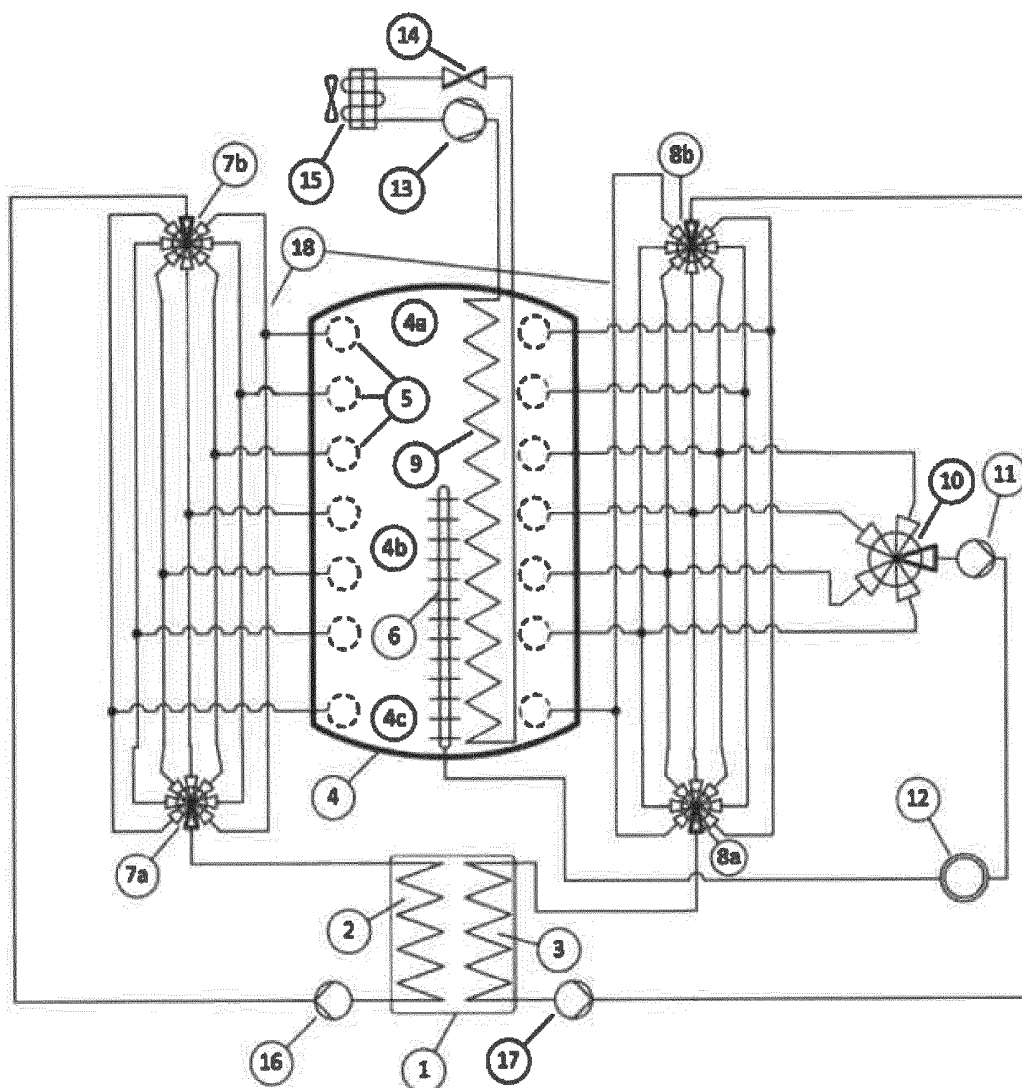


Fig. 1

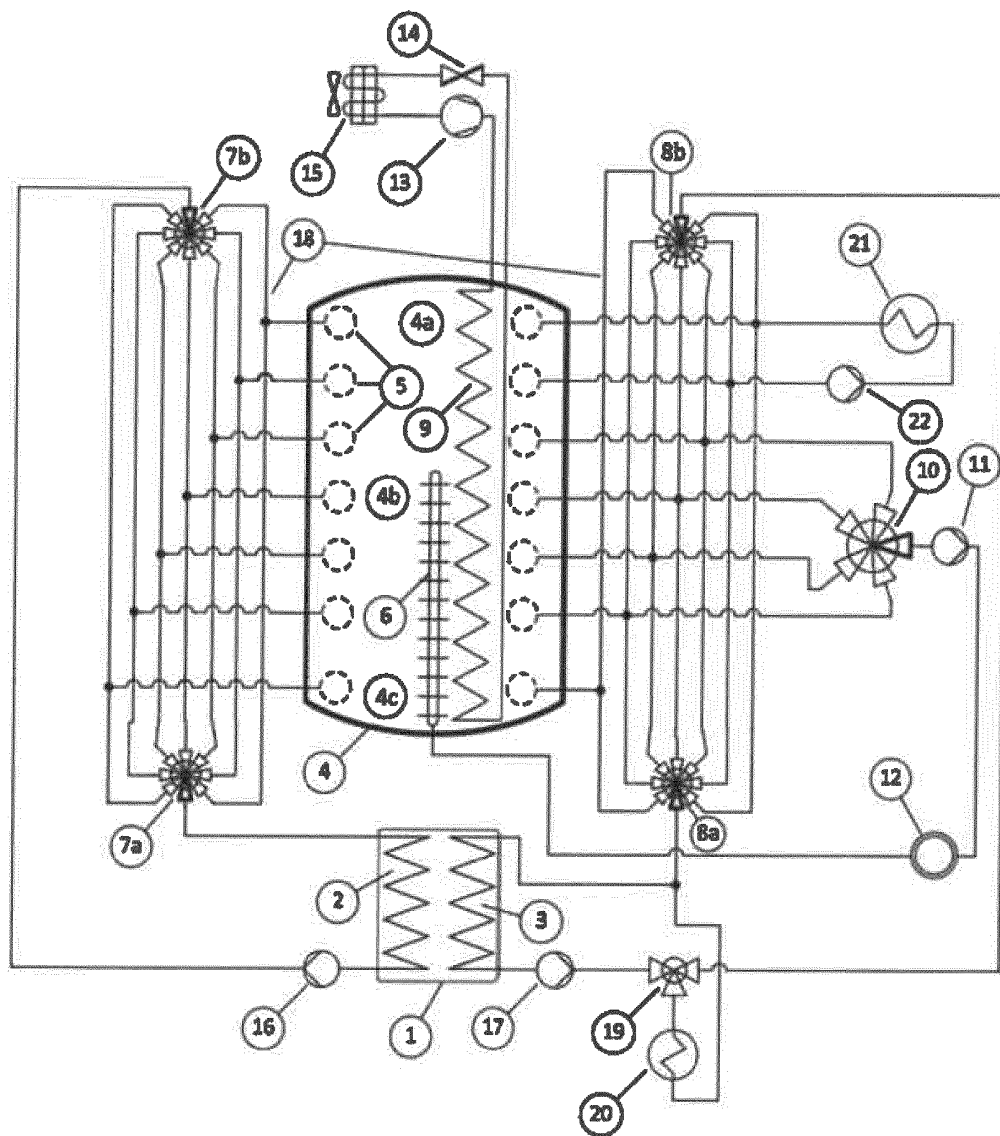


Fig. 2