

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 480 191**

51 Int. Cl.:

B01D 53/00 (2006.01)

B01D 53/26 (2006.01)

F25J 3/06 (2006.01)

F25B 39/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2008 E 08866679 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.06.2014 EP 2231305**

54 Título: **Sistema de enfriamiento de una mezcla psicrométrica por acoplamiento de una unidad de condensación y de una unidad de evaporación**

30 Prioridad:

27.12.2007 FR 0760386

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

25.07.2014

73 Titular/es:

**ASSOCIATION POUR LA RECHERCHE ET LE
DEVELOPPEMENT DES METHODES ET
PROCESSUS INDUSTRIELS (ARMINES) (100.0%)
60, BOULEVARD SAINT-MICHEL
75272 PARIS CÉDEX 06, FR**

72 Inventor/es:

**CLODIC, DENIS;
YOUNES, MOURAD y
BOU LAWZ KSAYER, ELIAS**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 480 191 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 enfriamiento de una mezcla psicrométrica por acoplamiento de una unidad de condensación y de una unidad de evaporación.

5

Técnica anterior

La invención se refiere al campo general del enfriamiento de las mezclas psicrométricas.

10 Se recuerda en primer lugar que una mezcla psicrométrica contiene dos tipos de gas, a saber:

- un primer tipo de gas que, en las condiciones de temperatura y de presión no pueden pasar al estado líquido; y

15 - un segundo tipo de gas en condiciones en las que pueden o bien condensarse, o bien evaporarse.

A título de ejemplo, el aire húmedo es un ejemplo de mezcla psicrométrica, comprendiendo este:

- 20 - aire seco, no condensándose este en las condiciones normales de temperatura y de presión; y
- vapor de agua, pudiendo este o bien condensarse, o bien evaporarse, en función de las condiciones de temperatura y de presión.

25 Los humos de las unidades de combustión (o más generalmente cualquier efluente gaseoso que comprende unos gases del aire a concentraciones variables y unos compuestos tales como el CO₂ u H₂O) son otros ejemplos de mezclas psicrométricas. En general, los humos de combustión son unas mezclas psicrométricas que presentan una concentración importante en vapor de agua.

30 Se conocen otras mezclas psicrométricas menos habituales, y en particular las mezclas de helio y de amoníaco y las mezclas de hidrógeno y de amoníaco.

35 El documento FR 2820052 describe un procedimiento de extracción del dióxido de carbono contenido en los humos, en los que los humos son enfriados a una presión sustancialmente igual a la presión atmosférica y a una temperatura tal que el dióxido de carbono pasa directamente del estado vapor al estado sólido mediante un proceso de anti-sublimación, siendo el agua además extraída en forma líquida mediante un intercambiador de aire por ejemplo.

40 Tal sistema, a pesar de ser particularmente ventajoso, no permite desafortunadamente recuperar la frialdad de los gases enfriados en un gran intervalo de temperatura. No permiten tampoco efectuar una deshumidificación avanzada de los humos secos, a bajo coste.

Por otra parte, el documento FR 601 554 divulga un sistema que comprende una unidad de condensación y una unidad de evaporación utilizadas para concentrar un líquido.

45 **Objeto y resumen de la invención**

Según un primer aspecto, la invención se refiere a un sistema de enfriamiento de una primera mezcla psicrométrica tal como se define en las reivindicaciones 1 a 12.

50 De manera muy ventajosa, el acoplamiento de la unidad de condensación y de la unidad de evaporación principal permite recuperar la frialdad de la primera mezcla psicrométrica en un gran intervalo de temperatura.

55 Este sistema permite además deshumidificar la primera mezcla psicrométrica de manera muy avanzada. Por ejemplo, cuando la primera mezcla psicrométrica es un humo, se puede obtener una deshumidificación de hasta 1.10⁻⁶ g H₂O/kg, a bajo coste, y con una alta eficacia energética.

60 En el sistema según la invención, el fluido puede pasar del estado gaseoso al estado líquido en la unidad de condensación, y del estado líquido al estado gaseoso en la unidad de evaporación principal, cuando se reúnen las condiciones de temperatura y de presión de las mezclas psicrométricas.

La mezcla psicrométrica a enfriar que circula en la unidad de condensación es saturante o próxima a la saturación.

65 La unidad de condensación comprende un circuito de circulación de una mezcla psicrométrica que contiene un fluido condensable, un circuito de circulación de un líquido que comprende este fluido, siendo la temperatura del líquido inferior a la del punto de rocío de la mezcla, unos medios de puesta en contacto directo de la mezcla psicrométrica y

del líquido y unos medios aptos para medir un intervalo de temperatura entre la temperatura del líquido que entra en esta unidad y la temperatura de la mezcla psicrométrica que sale de esta unidad.

5 Es importante señalar que la unidad de condensación según la invención es fundamentalmente diferente de las torres de enfriamiento conocidas en el campo de las tecnologías de transferencia de calor.

10 En efecto, de manera general, en tales torres de enfriamiento, se pulveriza agua a enfriar mediante unas rampas de distribución sobre un revestimiento, y se pone en contacto directo con un flujo de aire en movimiento mediante un ventilador o mediante una corriente de aire, cargándose este flujo de aire de humedad y arrastrando las gotitas de agua hacia un compartimiento dispuesto en la parte inferior de la torre.

Dicho de otra manera, el funcionamiento de estas torres se basa en el enfriamiento del agua por evaporación en un aire relativamente alejado de estas condiciones de saturación.

15 El objetivo y el funcionamiento de la unidad de condensación según la invención es, por lo tanto, fundamentalmente diferente, ya que pretende condensar el vapor de agua (o más generalmente, el fluido condensable) contenido en la mezcla psicrométrica en unas condiciones próximas a la saturación por contacto directo con un líquido más frío.

20 Más precisamente, la temperatura del líquido es inferior al punto de rocío de la mezcla psicrométrica.

De acuerdo con la invención, el líquido que circula en la unidad de condensación comprende por lo menos un componente idéntico al fluido condensable de la mezcla psicrométrica.

25 En un modo particular de realización, los medios de puesta en contacto directo de la unidad de condensación según la invención están constituidos por un revestimiento, con el fin de aumentar la superficie de contacto directo entre el líquido y la mezcla psicrométrica.

30 En un modo particular de realización, los circuitos de circulación del líquido y de circulación de la mezcla psicrométrica de la unidad de condensación según la invención están dispuestos de manera que la mezcla psicrométrica y el líquido circulen a contracorriente.

De manera preferida, el líquido arrastrado por la gravedad circula desde arriba hacia abajo, y la mezcla psicrométrica desde abajo hacia arriba.

35 La evolución global en la unidad de condensación según la invención es la siguiente: el líquido que entra a una temperatura inicial, claramente inferior a la temperatura de entrada de la mezcla psicrométrica, típicamente de 5 a 50 K, se calienta progresivamente por contacto directo con la mezcla psicrométrica.

40 A la inversa, la mezcla psicrométrica se enfría.

Durante este enfriamiento, el fluido, próximo a sus condiciones de saturación, contenido en la mezcla psicrométrica, se condensa, lo que aumenta así el caudal de masa del líquido.

45 El resultado de estas transferencias acopladas de masa y de calor es, por un lado, que la mezcla psicrométrica sale de la unidad de condensación, a una temperatura inferior a su temperatura de entrada y con una composición de fluido condensable inferior a la composición de entrada y, por otro lado, que la temperatura del líquido a la salida de la unidad de condensación es superior a su temperatura de entrada, siendo el caudal de masa saliente superior al caudal entrante, incrementándose el caudal líquido por el caudal de masa del fluido condensado.

50 De acuerdo con la invención, la mezcla psicrométrica que atraviesa la unidad de evaporación principal contiene el fluido condensable antes citado, pero a una concentración alejada de las condiciones de saturación.

En la unidad de evaporación principal, el líquido está a una temperatura superior a la de la mezcla psicrométrica.

55 En consecuencia, el líquido se evapora parcialmente y se enfría en la unidad de evaporación principal. El caudal que sale de esta unidad de evaporación principal es por lo tanto inferior al caudal que entra.

60 Por su parte, la mezcla psicrométrica se recalienta atravesando la unidad de evaporación principal, y su concentración en fluido condensable aumenta.

En un modo particular de realización, el sistema según la invención comprende unos medios de ajuste del caudal de la primera mezcla psicrométrica y/o del caudal de la segunda mezcla psicrométrica.

65 Esta característica permite ventajosamente regular el caudal de una mezcla con respecto al caudal de la otra mezcla, y por lo tanto equilibrar globalmente las transferencias de masa y de calor en el sistema.

ES 2 480 191 T3

Los medios de regulación del sistema según la invención pueden, por ejemplo, comprender cuatro sondas térmicas dispuestas:

- 5 - en las entradas del líquido en la unidad de condensación y en la unidad de evaporación principal; y
- en las salidas de las mezclas psicrométricas de estas unidades.

En el sistema según la invención, es deseable que la diferencia entre la temperatura del líquido que entra en una unidad y la temperatura de la mezcla psicrométrica que sale de esta unidad sea del orden de 1 a 2°C.

- 10 En la mayoría de las aplicaciones, los caudales de las mezclas psicrométricas que circulan en la unidad de condensación y la unidad de evaporación principal se fijan por unas condiciones de funcionamiento externo a estas unidades.

Por lo tanto, es preferible ajustar los caudales de los líquidos que entran en estas unidades.

- 15 A continuación se denominará:

- 20 - "compresión de condensación" la diferencia entre la temperatura de la mezcla psicrométrica deshumidificada que sale de la unidad de condensación y la temperatura del líquido más frío que entra en esta unidad; y
- "compresión de evaporación" la diferencia de temperatura entre la mezcla psicrométrica humidificada que sale de la unidad de evaporación y la temperatura del líquido más caliente que entra en esta unidad.

- 25 Los valores de estas dos compresiones pueden, por ejemplo, ser leídos mediante los medios de regulación del sistema según la invención a intervalos regulares, típicamente cada 30 segundos.

En un modo particular de realización de la invención, los medios de regulación comprenden:

- 30 - unos medios de medición de una diferencia de temperatura entre la temperatura del líquido que entra en por lo menos una de las unidades de condensación o de evaporación principal y la temperatura de la mezcla psicrométrica a la salida de esta unidad; y
- unos medios para regular el caudal de líquido que entra en esta unidad en función de esta diferencia de temperatura.

- 35 Preferentemente, los medios de regulación del sistema según la invención miden al mismo tiempo la compresión de condensación y la compresión de evaporación y regulan el caudal de líquido que entra en cada una de las unidades de condensación y de evaporación principal en función de estas dos compresiones.

- 40 En un modo particular de realización de la invención, los medios de regulación ajustan el caudal de líquido que entra en una unidad mediante una bomba apta para inyectar líquido en esta unidad a partir de un depósito.

Este depósito puede estar constituido por un compartimiento dispuesto en la parte inferior de la otra unidad.

- 45 De manera opcional, el sistema según la invención comprende unos medios para enfriar el líquido a la salida de la unidad de evaporación principal, dicho de otra manera en la entrada de la unidad de condensación. El líquido ya enfriado en la unidad de evaporación principal es así enfriado una segunda vez. Un intercambiador colocado en el circuito de circulación, corriente abajo de la unidad de evaporación principal puede ser utilizado para este fin.

- 50 En este modo de realización particular, los medios de regulación según la invención son preferentemente aptos para:

- aumentar el caudal de líquido que entra en la unidad de evaporación principal;
- aumentar el caudal de líquido que entra en la unidad de condensación;
- medir la compresión de condensación; y cuando esta compresión es superior a un umbral:
- 55 - actuar sobre los medios de enfriamiento del líquido para incrementar la potencia frigorífica.

- 60 De manera opcional, el sistema según la invención comprende un rebosadero para evacuar una parte del líquido condensado en la unidad de condensación. Esta característica permite recuperar una parte del líquido que se condensa en la unidad de condensación, cuando este es superior a la cantidad de líquido que se evapora en la unidad de evaporación principal.

En este modo particular de realización de la invención, los medios de regulación del sistema son preferentemente aptos para:

- 65 - medir la compresión de condensación; y cuando esta compresión es superior a un umbral:

- aumentar los caudales de líquido que entra en las unidades de condensación y de evaporación principal en proporciones similares.

5 En una variante de utilización de la invención, el líquido comprende una sal. En este caso, puede ser interesante disminuir la concentración en agua de la solución líquida a la salida de la unidad de condensación.

10 Asimismo, en esta variante de realización particular, el sistema según la invención comprende una unidad de evaporación secundaria del líquido, colocada en serie entre la unidad de condensación y la primera unidad de evaporación en el circuito de circulación del líquido.

Esta unidad de evaporación secundaria funciona a una temperatura ampliamente superior a la de la unidad de evaporación principal.

15 En un modo de realización particular de esta variante de la invención, la unidad de evaporación secundaria comprende una entrada y una salida de aire, siendo el aire apto para circular a contracorriente del líquido en la unidad de evaporación secundaria, y un ventilador de caudal variable aguas arriba de esta entrada de aire, siendo los medios de regulación aptos para ajustar el caudal de aire y el caudal de líquido que entra en la unidad de evaporación secundaria en función de una diferencia de temperatura entre la temperatura del líquido que entra en esta unidad y la temperatura del aire que sale de esta unidad.

20 En un modo particular de realización de esta variante, el sistema según la invención comprende un intercambiador de calor apto para recuperar la frialdad del líquido que fluye de la unidad de condensación hacia la unidad de evaporación secundaria.

25 En un modo particular de realización de esta variante, el sistema según la invención comprende unos medios de ajuste de la concentración en sal en el líquido en la salida de cada una de las unidades de evaporación principal y secundaria.

30 En una utilización tipo de la invención, en particular para el enfriamiento de los humos, el líquido que entra en la unidad de evaporación principal tiene una temperatura de aproximadamente -40°C.

Ahora bien, las unidades de evaporación del estado actual de la técnica no se utilizaron jamás en tales intervalos de temperatura.

35 Por lo tanto, y según un tercer aspecto, la invención se refiere a una unidad de evaporación que comprende un circuito de circulación de una mezcla psicrométrica que contiene un fluido evaporable, un circuito de circulación de un líquido que comprende este fluido, siendo la temperatura del líquido del orden de -40°C y superior a la del punto de rocío de la mezcla psicrométrica, unos medios de puesta en contacto directo de la mezcla psicrométrica y del líquido, y unos medios de control aptos para medir una diferencia de temperatura entre la temperatura del líquido que entra en la unidad de evaporación y la temperatura de la mezcla psicrométrica a la salida de esta unidad.

40 La invención pretende también el procedimiento de enfriamiento utilizado por el sistema según la invención tal como se define por las reivindicaciones 13 y 14.

45 **Breve descripción de los dibujos**

Otras características y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto a partir de la descripción realizada a continuación, en referencia a los dibujos adjuntos que ilustran un ejemplo de realización desprovisto de cualquier carácter limitativo. En las figuras:

- 50
- la figura 1 representa una unidad de condensación de acuerdo con la invención en un modo particular de realización;
 - la figura 2 representa una unidad de evaporación de acuerdo con la invención en un modo particular de
- 55
- la figura 3 representa un sistema de enfriamiento de una mezcla psicrométrica de acuerdo con la invención en un modo particular de realización;
 - las figuras 4A y 4B representan, en su entorno, unos dispositivos opcionales que permiten ajustar los diferentes caudales y/o las temperaturas en el sistema de la figura 3;
 - las figuras 5 y 6 representan unos sistemas de enfriamiento conformes a la invención en dos modos de
- 60
- realización diferentes; y
- 65

- la figura 7 representa, de manera esquemática, las principales etapas de un procedimiento de enfriamiento de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de un modo de realización

- 5 En cada una de las figuras, las flechas de trazo fino representan unos flujos de mezclas psicrométricas, y las flechas de trazo grueso unos flujos líquidos.
- 10 La figura 1 representa una unidad de condensación 18 de acuerdo con la invención, en la que se puede introducir una mezcla psicrométrica 20.
- 15 En el modo de realización de la figura 1, la mezcla psicrométrica se introduce en la unidad de condensación 18 mediante una canalización 1a, desembocando esta canalización en la parte inferior de la unidad de condensación 18.
- 20 En el modo de realización de la figura 1, la mezcla psicrométrica 20 es evacuada de la unidad de condensación 18 mediante una canalización 1b que desemboca en una parte superior de la unidad de condensación 18.
- De acuerdo con la invención, la unidad de condensación 18 comprende una entrada para un líquido 22 apto para condensar un fluido de la mezcla psicrométrica 20. La temperatura de este líquido es inferior a la del punto de rocío de la mezcla psicrométrica 20.
- 25 En el modo de realización de la figura 1, la unidad de condensación 18 comprende una sonda 37 apta para medir la temperatura del líquido 22 en la entrada de esta unidad y una sonda 35 apta para medir la temperatura de la mezcla psicrométrica 20 en la salida de esta unidad.
- 30 La diferencia P1 entre la temperatura medida por la sonda 35 y la temperatura medida por la sonda 37 corresponde a la "compresión de condensación".
- 35 En el modo de realización descrito en la presente memoria, este líquido 22 entra en la unidad de condensación 18 mediante una rampa de alimentación 9, dispuesta en la parte superior de la unidad de condensación 18, acumulándose el líquido en un compartimiento 10 en la parte inferior de la unidad de condensación 18.
- Dicho de otra manera, la mezcla psicrométrica 20 y el líquido 22 circulan en la unidad de condensación 18 a contracorriente.
- 40 La canalización 1a de introducción de la mezcla psicrométrica 20 desemboca por encima del nivel de líquido en el compartimiento 10.
- De acuerdo con la invención, la mezcla psicrométrica 20 y el líquido entran en contacto directo en la unidad de condensación 18.
- 45 En el modo de realización descrito en la presente memoria, este contacto directo tiene lugar, por lo menos parcialmente, sobre un revestimiento 3 situado en la vertical de la rampa 9 de alimentación en líquido.
- 50 En el modo de realización descrito en la presente memoria, en el fondo del compartimiento 10 está prevista una salida 11 para evacuar el líquido 22 de la unidad de condensación 18.
- La puesta en contacto de la mezcla psicrométrica 20 y del líquido 22 tiene varios efectos.
- 55 Por un lado, se enfría la mezcla psicrométrica 20.
- Y por otro lado, el fluido condensable contenido en la mezcla psicrométrica 20 se condensa, por lo menos parcialmente. Esto tiene como efecto aumentar el caudal líquido en la unidad de condensación 18, siendo el caudal medido a nivel de la evacuación 11 superior al medido a nivel de la rampa 9.
- 60 La figura 2 representa una unidad de evaporación 19 de acuerdo con la invención, en la que se puede introducir una mezcla psicrométrica 21, comprendiendo esta mezcla psicrométrica un fluido evaporable en una concentración alejada de sus condiciones de saturación.
- 65 En el modo de realización de la figura 2, la mezcla psicrométrica 21 se introduce en la unidad de evaporación 19 mediante una canalización 17a, desembocando esta canalización en la parte inferior de la unidad de evaporación 19.
- En el modo de realización de la figura 2, la mezcla psicrométrica 21 se evacua de la unidad de evaporación 19 mediante una canalización 17b que desemboca en una parte superior de la unidad de evaporación 19.

De acuerdo con la invención, la unidad de evaporación 19 comprende una entrada para un líquido 22 cuya temperatura es superior a la del punto de rocío de la mezcla psicrométrica 21.

5 En el modo de realización de la figura 2, la unidad de evaporación 19 comprende una sonda 38 apta para medir la temperatura en la entrada de la unidad de evaporación y una sonda 36 apta para medir la temperatura de la mezcla psicrométrica 21 en la salida de esta unidad.

10 La diferencia P2 entre la temperatura medida por la sonda 38 y la temperatura medida por la sonda 36 corresponde a la "compresión de evaporación".

15 En el modo de realización descrito en la presente memoria, este líquido 22 entra en la unidad de evaporación 19 mediante un sistema de distribución 14, dispuesto en la parte superior de la unidad de evaporación 19, acumulándose el líquido en un compartimiento 5 en la parte inferior de la unidad de evaporación 19.

Dicho de otra manera, la mezcla psicrométrica 21 y el líquido 22 circulan en la unidad de evaporación 19 a contracorriente.

20 La canalización 17a de introducción de la mezcla psicrométrica 21 desemboca por encima del nivel de líquido en el compartimiento 5.

De acuerdo con la invención, la mezcla psicrométrica 21 y el líquido 22 entran en contacto directo en la unidad de evaporación 19.

25 En el modo de realización descrito en la presente memoria, este contacto directo tiene lugar, por lo menos parcialmente, sobre un revestimiento 16 situado en la vertical del sistema de distribución 14 en líquido 22.

30 En el modo de realización descrito en la presente memoria, en el fondo del compartimiento 5 está prevista una salida 6 para evacuar el líquido 22 de la unidad de evaporación 19.

La puesta en contacto de la mezcla psicrométrica 21 y del líquido 22 tiene varios efectos.

Por un lado, se enfría el líquido 22.

35 Y por otro lado, el líquido 22 se evapora al contacto de la mezcla psicrométrica 21, estando la concentración de esta mezcla 21 en fluido evaporable alejada de sus condiciones de saturación.

La figura 3 representa un sistema de enfriamiento de acuerdo con la invención.

40 Este sistema comprende una unidad de condensación 18 idéntica o similar a la descrita en referencia a la figura 1, y una unidad de evaporación 19 idéntica o similar a la unidad de evaporación descrita en referencia a la figura 2.

45 La unidad de condensación 18 y la unidad de evaporación principal 19 están acopladas de manera que el líquido 22 circule en bucle cerrado. Más precisamente, este sistema comprende:

- un primer circuito líquido 13 para inyectar el líquido 22 recuperado en la salida 11 de la unidad de condensación 18 en el sistema de distribución 14 de la unidad de evaporación 19; y
- un segundo circuito líquido 8 para inyectar el líquido 22 recuperado en la salida de la unidad de evaporación 19 en la rampa de alimentación 9 de la unidad de condensación 18.

50 En el modo de realización de la figura 3, el primer y segundo circuitos líquidos 13, 8 comprenden cada uno un conducto de unión 11, 6 y una bomba 12, 7.

55 El experto en la materia comprenderá que el caudal del líquido 22 es variable dentro del sistema según la invención, aumentando este en la unidad de condensación 18 debido a la condensación del gas condensable de la mezcla psicrométrica, y disminuyendo en la unidad de evaporación 19 al contacto de la mezcla psicrométrica 21.

60 Este sistema permite ventajosamente transferir el calor entre los dos caudales gaseosos y modificar al mismo tiempo sus composiciones respectivas en fluido condensable.

Más precisamente, el líquido 22:

- enfría la mezcla psicrométrica 20 y la empobrece de gas condensable en la unidad de condensación 18; y
- recalienta la mezcla psicrométrica 21 y la enriquece de gas evaporable en la unidad de evaporación 19.

5 En el sistema de la figura 3, cuando la frialdad recuperada por el líquido que se evapora en la unidad de evaporación 19 es suficiente para compensar el calor absorbido por el líquido en la unidad de condensación 18, las regulaciones de las compresiones P1 de condensación y P2 de evaporación se pueden efectuar independientemente la una de la otra gracias al ajuste de los caudales de las bombas 7 y 12, estando cada una de estas bombas respectivamente adaptada para aspirar el líquido 22 contenido en los compartimientos 5 y 10 con un caudal variable.

Unos dispositivos complementarios opcionales (a saber un intercambiador 23 y un rebosadero 24) permiten ajustar el caudal representado en las figuras 4A y 4B.

10 En la figura 4A, se ha introducido un intercambiador 23 sobre el segundo circuito líquido 8, para enfriar en gran medida el caudal líquido 22, en la salida de la unidad de evaporación 19, antes de la reinyección en la unidad de condensación 18.

15 Tal intercambiador 23 puede ser ventajosamente utilizado cuando las capacidades de enfriamiento del caudal líquido 22 que circula en la unidad de condensación 18 son insuficientes para equilibrar el balance másico entre la masa de fluido condensada en esta unidad de condensación 18 por un lado, y la masa de fluido evaporada en la unidad de evaporación 19 por otro lado.

20 En el sistema de la figura 4A, el intercambiador 23 permite enfriar de manera complementaria el caudal líquido inyectado en la unidad de condensación 18, justificándose este intercambiador cuando la potencia frigorífica recuperada en la unidad de evaporación 19 es inferior a la potencia calorífica a absorber en la unidad de condensación 18.

25 Preferentemente, la regulación de tal sistema se efectúa actuando sobre las compresiones P2 de evaporación y P1 de condensación de manera secuencial.

30 Por ejemplo, se actúa en primer lugar sobre la compresión de evaporación P2 a través de la bomba 12 de la cual se aumenta el caudal. Este aumento de caudal conlleva la disminución de la compresión de evaporación P2 e indirectamente, normalmente, la disminución de la compresión de condensación P1.

Si parece que la compresión de condensación P1 no se reduce de manera suficiente, se empieza por aumentar el caudal de la bomba 7.

35 Si la compresión de condensación P1 permanece demasiado alta, se puede, en una tercera etapa, actuar sobre la potencia frigorífica del intercambiador 23.

40 Como se representa en la figura 4B, un rebosadero 24 puede ser introducido en la unidad de condensación 18, para evacuar, a través de un conducto 25, una cantidad excesiva de fluido condensado cuando esta es mucho más importante que la cantidad de fluido evaporada en la unidad de evaporación 19.

45 En el sistema de la figura 4B, si la compresión de condensación P1 se vuelve superior a un umbral representativo de una falta de caudal líquido inyectado en la unidad de condensación, es deseable aumentar los caudales de líquido inyectados en la unidad de evaporación 19 y en la unidad de condensación 18 en la misma proporción para reducir las compresiones P1 de condensación y P2 de evaporación para que:

- el exceso de fluido condensado sea evacuado por la tubería 25; y que
- la acumulación de fase líquida en el compartimiento 5 de la unidad de evaporación 19 sea limitada.

50 Otro ejemplo de realización de la invención se describirá ahora en referencia a la figura 5.

En este ejemplo, la mezcla psicrométrica 20 que entra en la unidad de condensación 18 es una mezcla de humos húmedos cuya:

- temperatura es de 0°; y
- vapor de agua es de 4 g de H₂O/hk de humos secos.

En este ejemplo el líquido 22 distribuido por la rampa de alimentación 9 es una mezcla de agua y de cloruro de calcio CaCl₂ a -40°C.

60 Como se ha descrito antes, el vapor de agua contenido en el humo húmedo se condensa y se absorbe hasta alcanzar una concentración de aproximadamente 0,1 g de H₂O/kg de humos secos.

65 En el ejemplo de la figura 5, un caudal definido de la mezcla de agua y de cloruro de calcio CaCl₂, sustancialmente a -40°C, se extrae del compartimiento 10 de la unidad de condensación 18 para ser calentado, mediante un intercambiador 28, hasta alcanzar una temperatura de aproximadamente +15°C.

En la salida del intercambiador 28, la solución de cloruro de calcio CaCl_2 es dirigida por un circuito 26 y después repartida, mediante un repartidor 33, sobre el revestimiento 34 de una unidad de evaporación secundaria referenciada 30.

5 En este ejemplo, la unidad de evaporación 19 es una unidad de evaporación principal en el sentido de la invención.

En el ejemplo descrito en la presente memoria, la unidad de evaporación secundaria 30 comprende una entrada 31a para aire 32 a temperatura ambiente (a saber, aproximadamente a 20°C) y con una higrometría relativa alejada de sus condiciones de saturación, típicamente del orden del 40%.

10 El aire 32 se pone en circulación mediante un ventilador 39 en la unidad de evaporación secundaria 30 a contracorriente de la solución de cloruro de calcio CaCl_2 .

15 El agua contenida en exceso en la solución de cloruro de calcio CaCl_2 se evapora al contacto con el aire ambiente no saturado 32 sobre el revestimiento 34, aumentando la concentración de esta solución al nivel deseado de salinidad.

20 El aire 32 evacuado de la unidad de evaporación secundaria 30 (por una salida referenciada 31b) tiene una temperatura de aproximadamente 16°C y una higrometría del orden del 90%.

La solución de cloruro de calcio CaCl_2 se recalienta en la unidad de condensación secundaria 30 al contacto con el aire, y se reinyecta en el intercambiador 28 a una temperatura de aproximadamente 18°C .

25 Vuelve a salir a una temperatura de aproximadamente -38°C y después se reintegra en el primer circuito líquido 13, en el que se mezcla con la solución de cloruro de calcio CaCl_2 directamente sacada del compartimiento 10 de la unidad de condensación 18.

30 Tal como se ha descrito anteriormente en referencia a la figura 3, el caudal líquido 22 corriente abajo de la bomba 12 se inyecta en el sistema de distribución 14 de la unidad de evaporación principal 19.

En este ejemplo, la mezcla psicrométrica 21 que circula en la unidad de evaporación principal 19 es una mezcla de humos fríos, por ejemplo a -50°C , lejos de sus condiciones de condensación.

35 Tal como se ha descrito anteriormente, la solución de cloruro de calcio CaCl_2 , recuperada en la salida de la unidad de evaporación principal 19 es reinyectada en la rampa de alimentación 9 de la unidad de condensación 18.

40 En este ejemplo, se mide la concentración de la solución de cloruro de calcio CaCl_2 en la salida de la unidad de evaporación principal 19, mediante un mecanismo conocido por el experto en la materia dispuesto sobre la tubería de unión 6.

Ventajosamente, se puede hacer variar la concentración de la solución de cloruro de calcio CaCl_2 en la salida de cada una de las unidades de evaporación 30, 19 haciendo variar el caudal de aire o de humos fríos en la entrada de estas unidades, debiendo ser tenidos en cuenta la temperatura y la higrometría relativa del aire y de los humos fríos.

45 En el sistema de la figura 5, el ventilador 39 permite ajustar el caudal de aire que atraviesa la unidad de evaporación secundaria 30.

En el ejemplo de realización descrito en la presente memoria, la unidad de evaporación secundaria 30 comprende:

- 50
- una sonda 41 apta para medir la temperatura del líquido en la entrada 33 de esta unidad; y
 - una sonda 40 apta para medir la temperatura del aire húmedo en la salida 31b de esta unidad.

55 Es deseable que la diferencia entre las temperaturas medidas por las sondas 40 y 41 (denominada "compresión P3") sea del orden de 1 a 2°C .

En un modo particular de realización de la invención, cuando la compresión supera $1,5^\circ\text{C}$, se ajusta la potencia del ventilador 39 o el caudal de agua que entra en la unidad de evaporación secundaria, con el fin de garantizar que la compresión P3 permanezca en el intervalo deseado.

60 En un modo preferido de realización, se utiliza un dispositivo (no representado) para medir en continuo la concentración en CaCl_2 o LiCl , por ejemplo por medición de la masa volúmica y de la temperatura, o mediante la medición de resistividad eléctrica.

65 Cuando la concentración en agua se vuelve demasiado elevada, se ajusta la potencia del ventilador 39 para aumentar la evaporación de la mezcla agua/ CaCl_2 o agua/ LiCl con el fin de evitar un riesgo de formación de una fase sólida.

El esquema de regulación global siguiente puede ser realizado:

- 5 - si la compresión de condensación P1 aumenta, el caudal de líquido que entra en la unidad de condensación 18 es aumentado por la bomba 7 hasta obtener una compresión P1 objetivo (del orden de 1°C);
- si la compresión de evaporación P2 aumenta, el caudal líquido es aumentado por la bomba 12 hasta obtener la compresión P2 objetivo (del orden de 1°C);
- 10 - si la compresión P3 en la unidad de evaporación secundaria 30 aumenta, el caudal de líquido que entra en esta unidad 30 es aumentada por la bomba 27; y
- si la concentración en agua aumenta, se aumenta la potencia del ventilador 39 para disminuir la compresión P3.

15 Un sistema de acuerdo con la invención representado en la figura 6 puede también ser utilizado para deshumidificar una mezcla psicrométrica de humos, efectuándose la deshumidificación a una temperatura comprendida entre -40°C y -90°C, disminuyendo la concentración en vapor de agua de 10^{-1} a 10^{-6} g de H₂O/kg de humos secos.

20 En esta aplicación, el líquido 22 vaporizado sobre el revestimiento 3 de la unidad de condensación 18 por la rampa de alimentación 9 puede ser una solución de etanol o de metanol o de d-limoneno, siendo el vapor de agua absorbido por el etanol puro, el metanol o el d-limoneno.

25 La concentración en etanol de la mezcla de agua y de etanol que se acumula en el compartimiento 10 de la unidad de evaporación 18 está comprendida entre el 96% y el 99,9%; supera la concentración azeotrópica del 95% en etanol.

30 Tal como se ha descrito anteriormente, esta mezcla se reparte sobre el revestimiento 16 de la unidad de evaporación principal 19.

En este ejemplo, la mezcla psicrométrica 21 constituida por los humos fríos entra en la unidad de evaporación principal 19 a aproximadamente -110°C y evapora el agua y una parte del etanol.

35 Tal como se ha descrito anteriormente, esta mezcla psicrométrica 21 se evacua de la unidad de evaporación 19 por una canalización 17b.

En el modo de realización descrito en la presente memoria, un intercambiador 4 está dispuesto sobre esta canalización 17b para recuperar y condensar el etanol comprendido en estos humos.

40 El etanol condensado se reinyecta en el segundo circuito líquido 8, entre la salida de la unidad de evaporación 19 y la rampa de alimentación 9 de la unidad de condensación 18, para una canalización 96.

45 La figura 7 representa, de manera esquemática, las principales etapas de un procedimiento de enfriamiento de acuerdo con la invención.

Este procedimiento se puede realizar en el sistema de acuerdo con la invención para enfriar la mezcla psicrométrica 20. Comprende tres etapas principales efectuadas en bucle:

- 50 - una etapa E1 de condensación del fluido contenido en la mezcla psicrométrica 20 por contacto directo con un líquido 22 de temperatura inferior a la del punto de rocío de la primera mezcla psicrométrica 20;
- una etapa E2 de evaporación del líquido 22 condensado durante la etapa E1 de condensación en una segunda mezcla psicrométrica 21 que comprende el fluido antes citado, estando el líquido 22 a una temperatura superior a la del punto de rocío de la segunda mezcla psicrométrica 21; y
- 55 - una etapa E3 de reinyección del líquido evaporado durante la etapa de evaporación E2 para la utilización en la etapa de condensación E1.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de enfriamiento de una primera mezcla psicrométrica (20), comprendiendo este sistema:

- 5 - una unidad de condensación (18) que comprende un circuito (1a, 1b) de circulación de dicha primera mezcla psicrométrica (20), siendo esta unidad de condensación apta para condensar un fluido contenido en dicha mezcla por contacto directo con un líquido (22) que comprende dicho fluido, estando dicho líquido (22), en dicha unidad de condensación (18) a una temperatura inferior a la del punto de rocío de dicha primera mezcla (20);
- 10 - una unidad de evaporación principal (19) que comprende un circuito (17a, 17b) de circulación de una segunda mezcla psicrométrica (21) que comprende dicho fluido, siendo esta unidad de evaporación principal (19) apta para evaporar dicho líquido (22) en dicha segunda mezcla psicrométrica (21), estando dicho líquido (22), en dicha unidad de evaporación (19) a una temperatura superior a la del punto de rocío de dicha mezcla (21), estando dichas unidades (18, 19) acopladas por un circuito (8, 13) de circulación de dicho líquido de dicho circuito de circulación, que comprende:
 - 15 - la inyección de dicho líquido en dicha unidad de condensación, que proviene de dicha unidad de evaporación; y
 - 20 - la inyección del líquido cargado en fluido condensado que proviene de la unidad de condensación en dicha unidad de evaporación;
- 25 - unos medios de regulación de por lo menos un caudal de dicho líquido (22) en dicho sistema, caracterizado por que dichos medios de regulación comprenden:
 - 30 - unos medios de medición de una diferencia de temperatura entre la temperatura del líquido (22) que entra en por lo menos una de dichas unidades (18, 19), y la temperatura de la mezcla psicrométrica (20, 21) que sale de dicha unidad (18, 19); y
 - unos medios para ajustar el caudal de líquido que entra en dicha unidad (18, 19) en función de esta diferencia de temperatura.

35 2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que los medios para ajustar el caudal de líquido (22) que entra en una unidad (18, 19), comprenden una bomba (7, 12) apta para inyectar un líquido (22) en dicha unidad a partir de un depósito (5, 10).

40 3. Sistema según la reivindicación 2, caracterizado por que el depósito utilizado para ajustar el caudal de líquido inyectado en una (18, 19) de dichas unidades está constituido por un compartimiento (5, 10) dispuesto en la parte inferior de la otra (19, 18) unidad (19, 18).

4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que comprende unos medios de ajuste del caudal de por lo menos una de dichas mezclas psicrométricas (20, 21).

45 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que comprende unos medios (23) para enfriar dicho líquido (22) en la salida (6) de dicha unidad de evaporación principal (19).

6. Sistema según la reivindicación 5, caracterizado por que dichos medios de regulación son aptos para:

- 50 - aumentar el caudal de líquido (22) que entra en dicha unidad de evaporación principal (19);
- aumentar el caudal de líquido (22) que entra en dicha unidad de condensación (18);
- 55 - medir la diferencia de temperatura entre la temperatura del líquido (22) que entra en dicha unidad de condensación (18) y la temperatura de la mezcla psicrométrica (20) que sale de dicha unidad de condensación (18); y, cuando dicha diferencia de temperatura es superior a un umbral:
- actuar sobre dichos medios (23) de enfriamiento de dicho líquido (22) para aumentar su potencia frigorífica.

60 7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que comprende un rebosadero (24) para evacuar una parte del líquido (22) condensado en dicha unidad de condensación (18).

8. Sistema según la reivindicación 7, caracterizado por que dichos medios de regulación son aptos para:

- medir la diferencia de temperatura entre la temperatura de líquido (22) que entra en dicha unidad de condensación (18) y la temperatura de la mezcla psicrométrica (20) que sale de dicha unidad de condensación (18); y cuando dicha diferencia de temperatura es superior a un umbral:
- 5
- aumentar los caudales de líquido (22) que entran en dichas unidades (18, 19) en unas mismas proporciones similares.
9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicho líquido (22) comprende una sal, caracterizado por que comprende una unidad de evaporación secundaria (30) de dicho líquido (22), colocada en serie entre dicha unidad de condensación (18) y dicha unidad de evaporación principal (19) en dicho circuito de circulación (8, 13) de dicho líquido (22), funcionando dicha unidad de evaporación secundaria a una temperatura ampliamente superior a la de dicha unidad de evaporación principal (19).
- 10
10. Sistema según la reivindicación 9, caracterizado por que dicha unidad de evaporación secundaria (30) comprende una entrada (31a) y una salida (31b) de aire (32), siendo el aire apto para circular a contracorriente de dicho líquido (22) en dicha unidad de evaporación secundaria (30), y un ventilador (39) de caudal variable aguas arriba de dicha entrada de aire (31a), siendo dichos medios de regulación aptos para ajustar el caudal de aire y el caudal de líquido (22) que entra en dicha unidad de evaporación secundaria en función de una diferencia de temperatura entre la temperatura del líquido (22), que entra en dicha unidad (30) y la temperatura del aire (32) que sale de dicha unidad (30).
- 15
- 20
11. Sistema según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que comprende un intercambiador (28) de calor apto para recuperar el frío de dicho líquido (22) que fluye de dicha unidad de condensación (18) hacia dicha unidad de evaporación secundaria (30).
- 25
12. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que comprende unos medios de ajuste de la concentración en sal en dicho líquido en la salida (29, 6) de cada una de dichas unidades de evaporación (19, 30).
- 30
13. Procedimiento de enfriamiento de una primera mezcla psicrométrica (20), comprendiendo este procedimiento en bucle cerrado:
- una etapa (E1) de condensación del fluido contenido en la mezcla por contacto directo con un líquido (22) que comprende dicho fluido, estando dicho líquido (22) a una temperatura inferior a la del punto de rocío de la primera mezcla (20); y
- 35
- una etapa (E2) de evaporación del líquido (22) condensado durante la etapa de condensación (E1) en una segunda mezcla psicrométrica (21) que comprende dicho fluido, estando el líquido (22) a una temperatura superior a la del punto de rocío de la segunda mezcla (21); y
- 40
- una etapa (E3) de reinyección del líquido evaporado durante dicha etapa de evaporación (E2) para la utilización en dicha etapa de condensación (E1).
- 45
14. Procedimiento de enfriamiento según la reivindicación 13, llevado a cabo utilizando un sistema según una de las reivindicaciones 1 a 12.

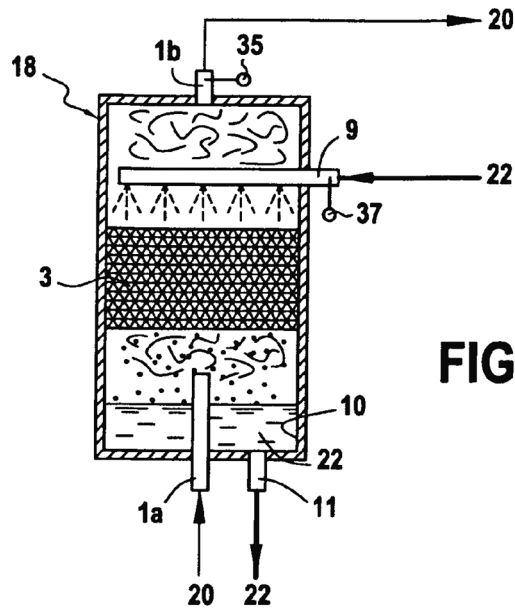


FIG. 1

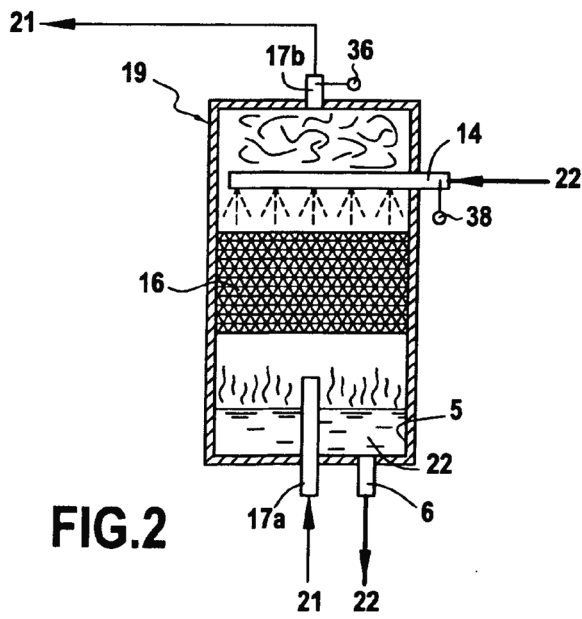


FIG. 2

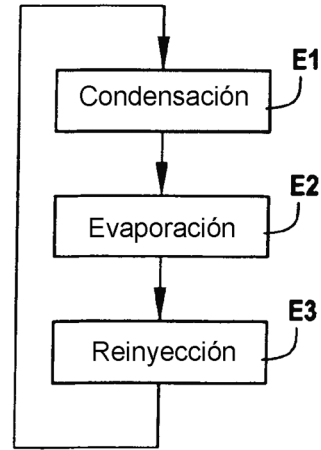


FIG. 7

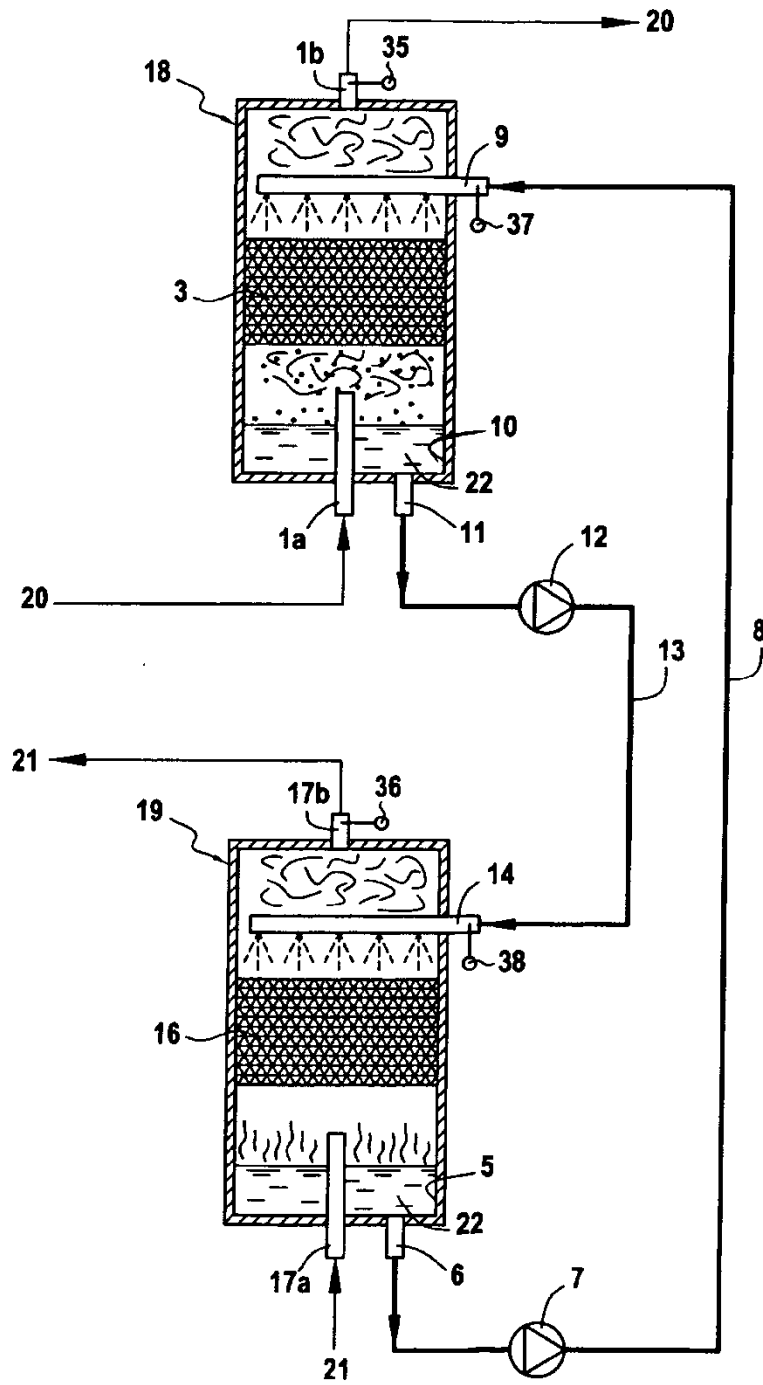


FIG.3

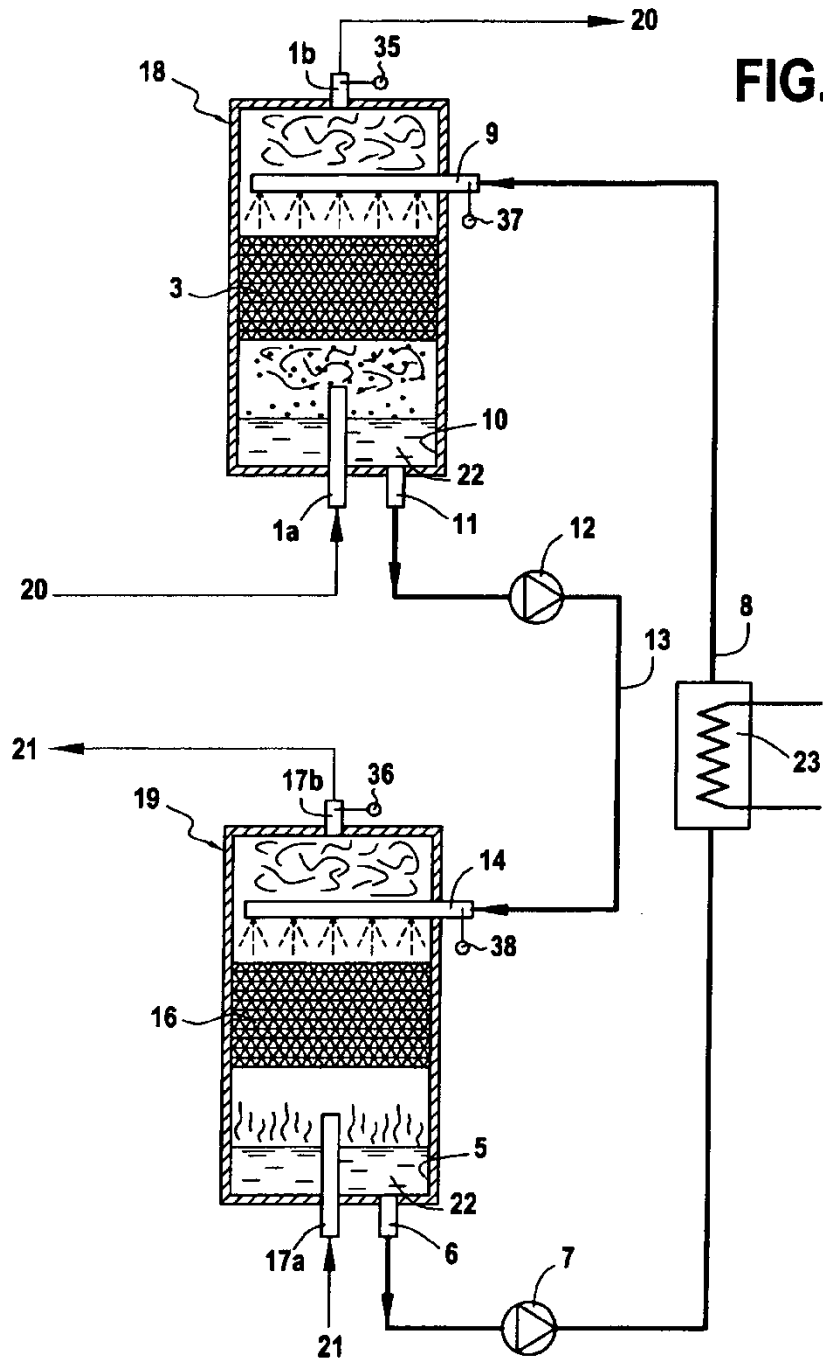


FIG.4A

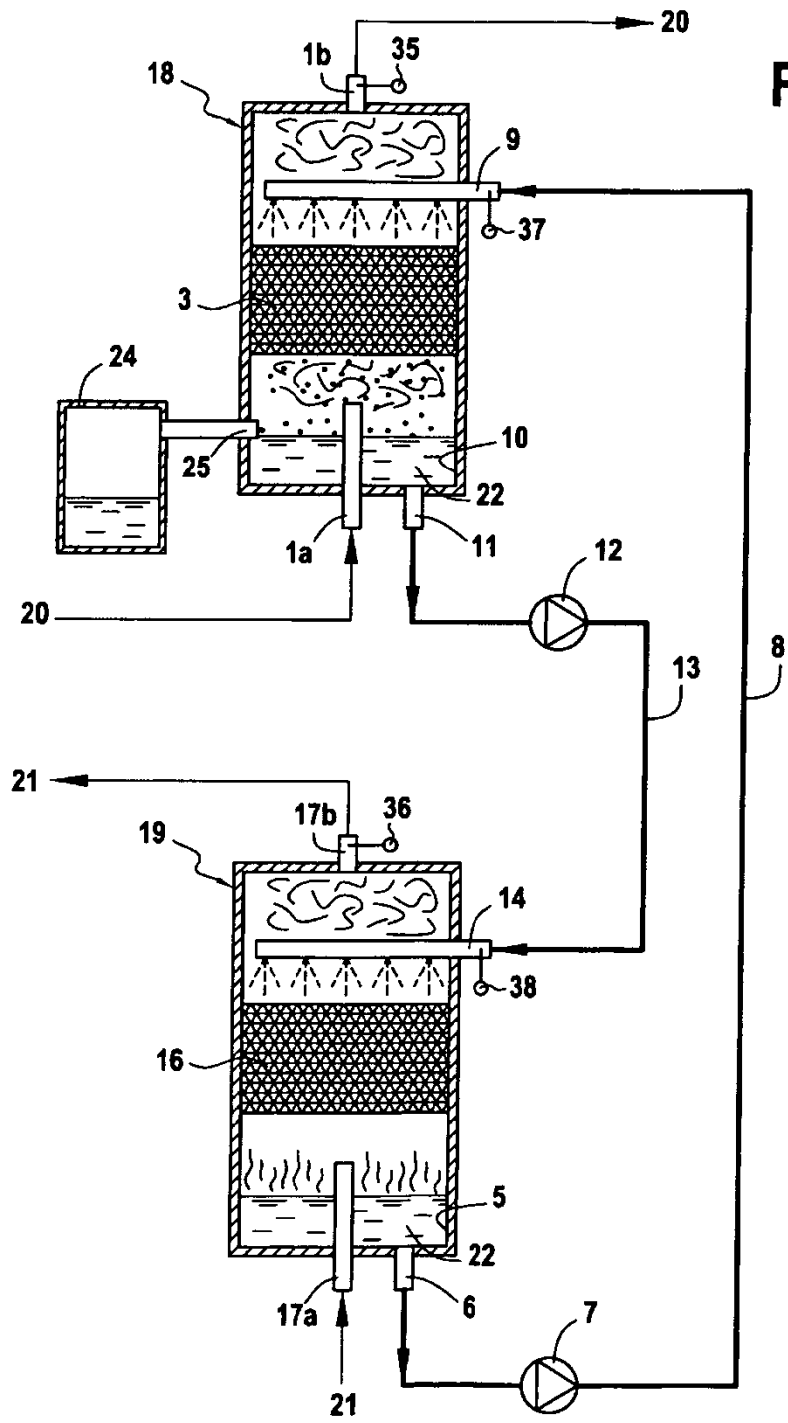


FIG.4B

