

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 843 541**

51 Int. Cl.:

B01D 1/16 (2006.01)

B01D 1/26 (2006.01)

B01D 3/00 (2006.01)

B01D 5/00 (2006.01)

C02F 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.01.2017 PCT/EP2017/050346**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.07.2017 WO17121703**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.01.2017 E 17700177 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2020 EP 3402583**

54 Título: **Instalación de destilación a baja temperatura**

30 Prioridad:

12.01.2016 CH 412016

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

19.07.2021

73 Titular/es:

**THERMAL PURIFICATION TECHNOLOGIES
LIMITED (100.0%)
Steinachermattweg 3
5033 Buchs, CH**

72 Inventor/es:

LEHMANN, MARKUS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 843 541 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

Instalación de destilación a baja temperatura

Campo técnico

5 La invención se refiere a una instalación de destilación a baja temperatura (instalación LTD) con una o varias etapas de temperaturas medias T_i diferentes, para destilar un líquido mixto dando un líquido puro, donde cada etapa tiene un evaporador con un espacio de vapor y con un líquido mixto más caliente $T_i+\Delta T$ que puede ser introducido, así como un condensador con un espacio de vapor y con un líquido puro más frío $T_i-\Delta T$ que puede ser nebulizado. Los espacios de vapor del evaporador y del condensador están conectados entre sí a través de conexiones de vapor dando un espacio de vapor común, de manera que en todo momento se pueden igualar sin impedimentos la presión y la temperatura en los mismos.

Estado de la técnica

15 Las instalaciones de destilación se utilizan en particular, pero no exclusivamente, para purificar agua. Por ejemplo, a partir de agua impurificada con sal o sustancias contaminantes, lo que se denomina en la presente memoria agua mixta, se proporciona agua limpia y pura al evaporar, con aporte de calor, el agua mixta y después condensarla de nuevo. Queda como remanente una salmuera o agua mixta espesada, con una mayor proporción de sustancias contaminantes.

20 En el documento WO 2008/122136 se describe una denominada instalación de destilación a baja temperatura o *Low-Temperature Distillation* (LTD, por sus siglas en inglés), que se distingue por que el gasto de energía es mucho menor que en instalaciones convencionales. Ello se consigue al conectar los espacios de vapor del evaporador y del condensador, para dar un espacio de vapor común de manera que en todo momento se puedan difundir sin impedimentos la presión y la temperatura en los mismos. El líquido mixto introducido en el espacio de vapor por el lado del evaporador es, con $T_i+\Delta T$, solo algunos grados (ΔT es aproximadamente 0,5-4°C) más caliente que el líquido puro nebulizado en el espacio de vapor por el lado del condensador, correspondiendo la presión P_i en el espacio de vapor a la presión de vapor de saturación para la temperatura media T_i entre el líquido mixto y el líquido puro. El líquido puro inyectado ligeramente más frío promueve forzosamente la condensación del vapor que se ha originado, por evaporación, a partir del líquido mixto ligeramente más caliente. El vapor procedente del evaporador se condensa sobre las finas gotas más frías del líquido nebulizado en el condensador, y finalmente es recogido allí. Los líquidos recogidos en el evaporador y en el condensador presentan la temperatura media T_i antes mencionada. Es importante que al final del camino de condensación se aspiren del condensador gases no condensables, ya que influyen de manera desfavorable sobre la presión en el espacio de vapor y hacen más lento el proceso. Un control de temperatura y presión en el espacio de vapor regula de manera económica esta aspiración.

35 En el documento mencionado también se indica un procedimiento en varias etapas en el cual están dispuestas de manera sucesiva varias etapas con temperaturas medias diferentes. De esta manera se puede aprovechar en conjunto un mayor gradiente de temperatura, que se encuentra disponible, por ejemplo, como calor residual de una instalación industrial existente.

40 Para alcanzar las temperaturas iniciales adecuadas, antes de entrar en el condensador se enfría el líquido limpio y antes de entrar en el evaporador se calienta el líquido de partida. Incluso aunque se optimicen las temperaturas en las cámaras de modo que por medio de intercambiadores de calor se pueda aprovechar el enfriamiento de un líquido para calentar simultáneamente otro líquido, siempre falta energía para crear una temperatura inicial incrementada por un lado, o bien una diferencia ΔT de las temperaturas iniciales.

Existe un empeño constante en reducir el gasto de energía requerido para hacer funcionar una instalación de este tipo. En una instalación LTD de varias etapas se requiere energía, por un lado, para transportar los líquidos a los evaporadores o condensadores de la siguiente etapa y aplicar a los mismos la presión necesaria, así como para aspirar los gases no condensables. No es misión de la presente invención una optimización a este respecto.

45 Por otro lado, se precisa energía para calentar, o respectivamente enfriar, los líquidos a las temperaturas requeridas. Muchas instalaciones LTD funcionan cerca de instalaciones industriales que producen calor residual que de otro modo ya no se podría aprovechar. Estas instalaciones industriales, por ejemplo centrales de energía, a menudo se construyen en ríos u otras masas de agua, cuyas temperaturas aumentan notablemente debido a la refrigeración de la instalación industrial, lo que a menudo no es deseable. En particular, el calor residual inferior a 100°C a menudo no se puede aprovechar de manera práctica o económica, y por tanto perjudica el medio ambiente. Afortunadamente, el procedimiento LTD se adapta extraordinariamente bien al uso de estas temperaturas bajas, lo que significa que los costes de funcionamiento de las instalaciones LTD son muy bajos gracias al aprovechamiento de dicho calor residual.

55 Sin embargo, también son necesarias instalaciones para destilar líquidos en lugares donde no se dispone de ningún calor residual. En estos casos, los costes de la energía requerida para alcanzar las temperaturas de los líquidos requeridas en cada caso se añaden a los costes de funcionamiento.

En el documento WO 2015/048878 A1 se describe una instalación cuya construcción es idéntica en sus partes esenciales a la descrita en el documento WO 2008/122136. Para generar o mantener las temperaturas iniciales necesarias, los dos líquidos, agua limpia e impurificada, se extraen por bombeo desde sus depósitos a temperatura ambiente y se llevan a las necesarias temperaturas diferentes en dos intercambiadores de calor. Los intercambiadores de calor son hechos funcionar con un líquido de atemperación que circula en un circuito separado, el cual es calentado, o respectivamente enfriado, por medio de un compresor y una válvula. Un inconveniente de esta disposición es que tal instalación funciona con un consumo muy elevado de energía.

En el documento WO 2015/114342 se describe un procedimiento de destilación en varias etapas que también funciona según el principio antes mencionado. Cada etapa del evaporador está conectada en cuanto a vapor con una etapa de condensador correspondiente, y en el procedimiento en varias etapas el circuito de condensador discurre en sentido contrario al circuito de evaporador. También aquí, al final del procedimiento de destilación, en un intercambiador de calor se transfiere energía térmica desde el agua limpia del flujo saliente de la etapa de condensador más caliente, al agua contaminada del flujo saliente de la etapa de condensador más fría. El calor que todavía es necesario aportar adicionalmente al sistema, se produce en un segundo circuito con un intercambiador de calor, que está dotado de una fuente de energía y comprende un fluido adicional. Allí se calienta adicionalmente el agua contaminada hasta que está a la temperatura adecuada para ser reenviada al primer evaporador, el más caliente. Esta energía adicional es más o menos la misma que en el último de los procedimientos presentados. En las conexiones de los espacios de vapor de todas las etapas están instalados ventiladores que promueven el transporte de vapor desde los espacios de vapor de los evaporadores a los de los condensadores. Estos tienen el efecto perjudicial de contrarrestar las condiciones óptimas del proceso, con lo que el proceso se ralentiza en todas las cámaras.

En el documento WO 2012/156646 se describe otro procedimiento de destilación de este tipo. Una vez más, la energía es suministrada por una fuente de calor que calienta el líquido contaminado antes de que sea admitido en el evaporador. Además del flujo gaseoso habitual desde el evaporador hacia el condensador para el proceso, se prevé aquí un flujo gaseoso desde el condensador hacia el evaporador, que debe ser impulsado por un ventilador. Una desventaja de ello es ciertamente que el vapor ya limpio se mezcla de nuevo con el líquido contaminado y así se condensa al menos parcialmente. Esto incrementa adicionalmente el gasto de energía y frena el proceso de destilación. El calor necesario para generar los líquidos mixtos calientes se consigue mediante calefactores.

Presentación de la invención

La misión de la presente invención es mejorar una instalación LTD del tipo descrito al principio y conforme al estado de la técnica, de manera que se reduzca su gasto de energía para atemperar los líquidos a las temperaturas requeridas en cada caso.

La misión se logra mediante las características de la reivindicación de patente independiente. La instalación LTD conforme a la invención posee una instalación LTD según el estado de la técnica, que comprende adicionalmente al menos un dispositivo combinado, una cámara de subenfriamiento, una cámara de sobrecalentamiento y un intercambiador de calor, estando estos componentes conectados en la instalación LTD como sigue: el dispositivo combinado está conectado por el lado de entrada con el espacio de vapor de la cámara de subenfriamiento, pudiendo introducirse desde un evaporador líquido mixto recogido en la cámara de subenfriamiento. Por el lado de salida, el dispositivo combinado está conectado con el espacio de vapor de la cámara de recalentamiento, pudiéndose nebulizar desde un condensador líquido puro recogido en la cámara de sobrecalentamiento. Además, el dispositivo combinado está conectado a una fuente de energía para enfriar la temperatura en la cámara de subenfriamiento y para calentar la temperatura en la cámara de sobrecalentamiento. Durante el proceso circula vapor desde la cámara de subenfriamiento, a través del dispositivo combinado, hacia la cámara de sobrecalentamiento. El intercambiador de calor está dispuesto entre las salidas de la cámara de subenfriamiento y de la cámara de sobrecalentamiento, para enfriar el líquido puro caliente recogido, procedente de la cámara de recalentamiento, en calidad de entrada a un condensador, y en el caso de varios condensadores al de la etapa más fría, y para calentar el líquido mixto frío recogido, procedente de la cámara de subenfriamiento, en calidad de entrada a un evaporador, y en el caso de varios evaporadores al de la etapa más caliente.

La idea sobre la que se basa la invención consiste en que la instalación LTD conforme a la invención comprende un dispositivo combinado que produce la necesaria diferencia de temperatura que se requiere entre el condensador más frío y el evaporador más caliente. Para ello se toman del evaporador más frío y del condensador más caliente los correspondientes líquidos recogidos y se enfrían, o respectivamente se calientan, aún más: se enfría adicionalmente en la cámara de subenfriamiento el líquido mixto ya frío, y se calienta adicionalmente en la cámara de sobrecalentamiento el líquido puro ya caliente. La cámara de subenfriamiento y la cámara de sobrecalentamiento están conectadas en cuanto a vapor, desde sus respectivos espacios de vapor con el dispositivo combinado, el cual, a su vez, puede estar configurado de diversas formas. En particular, puede contener una o varias cámaras de sorción o bien producir la diferencia de temperatura por medio de un eyector de chorro o de un compresor o respectivamente una bomba de vacío. El vapor que ha sido encaminado a la cámara combinada desde la cámara de subenfriamiento puede cambiar su estado físico mientras está allí, antes de que sea encaminado de regreso a la cámara de sobrecalentamiento desde la cámara combinada, en forma de vapor, y allí se condense nuevamente.

Están ahora disponibles líquido mixto frío y líquido puro caliente en los vasos colectores de la cámara de subenfriamiento y de la cámara de sobrecalentamiento. Sin embargo, se requieren en calidad de entradas a la instalación LTD líquido mixto caliente y líquido puro frío. Por este motivo, entre las salidas de líquido de la cámara de subenfriamiento y de la cámara de sobrecalentamiento está dispuesto un intercambiador de calor con un dispositivo en contracorriente con el cual se puede transferir el calor desde el líquido puro caliente al líquido mixto frío, para que se puedan alcanzar las temperaturas requeridas de los líquidos correspondientes.

En contraste adicional con las instalaciones según el estado de la técnica, la energía requerida es aportada al sistema en una cámara de vapor y no en una conducción de líquido. El dispositivo combinado, que es responsable del aporte de energía a esta conducción de vapor, genera directamente la diferencia de temperatura entre los espacios de vapor de la cámara de subenfriamiento y de la cámara de sobrecalentamiento, y trabaja con una elevada eficiencia.

Las instalaciones según el estado de la técnica requieren en cada caso una fuente de energía que caliente el líquido contaminado a la temperatura requerida antes de que entre en el primer evaporador, o respectivamente el evaporador más caliente. En las instalaciones mencionadas, esto se efectúa haciendo circular líquido en un intercambiador de calor, que transfiere su calor al líquido contaminado, o mediante calefactores. Sin embargo, la eficiencia de esos intercambiadores de calor es relativamente baja.

Breve descripción de los dibujos

En lo que sigue se explica la invención con más detalle haciendo referencia a los dibujos. En estos,

las Figuras 1a, b muestran una representación esquemática de una instalación de destilación a baja temperatura (instalación LTD) según el estado de la técnica: a) en la realización más simple; b) en varias etapas;

la Figura 2 muestra una representación esquemática de una instalación LTD conforme a la invención en la forma más simple;

las Figuras 3a-d muestran dispositivos combinados, configurados en forma de a) cámara de sorción, de funcionamiento continuo; b) cámara de sorción, de funcionamiento discontinuo; c) compresor/bomba de vacío; d) eyector de chorro;

la Figura 4 muestra una representación esquemática de una instalación LTD de varias etapas conforme a la invención.

Modos de realizar la invención

La Figura 1a muestra una representación esquemática de una instalación 1 de destilación a baja temperatura (instalación LTD) según el estado de la técnica, como realización más sencilla con una etapa solamente. Comprende un evaporador 2 con un espacio 4 de vapor en el cual se puede introducir el líquido mixto 5, que se va a destilar, para evaporarlo. El líquido mixto 5 no evaporado se recoge también en el evaporador 2. La instalación LTD comprende además un condensador 3 con un espacio 4 de vapor, en el que se puede nebulizar líquido puro 6, que corresponde al destilado del líquido mixto 5, para formar gotitas diminutas sobre las que se puede condensar vapor. Estas gotitas se recogen finalmente en el condensador 3 en forma de líquido puro 6. Los espacios 4 de vapor del evaporador 2 y del condensador 3 están conectados entre sí a través de una conexión 10 de vapor dando un espacio común 4 de vapor, de manera que en todo momento se pueden difundir en el mismo, sin impedimentos, la presión y la temperatura. El espacio común 4 de vapor conecta así el evaporador 2 con el condensador 3.

En la representación de acuerdo con la Figura 1, se nebulizan ambos líquidos 5, 6 en el espacio 4 de vapor, siendo el líquido mixto 5, con $T_i + \Delta T$, algunos grados más caliente que el líquido puro 6, con $T_i - \Delta T$. La presión en el espacio 4 de vapor corresponde a la presión de saturación P_i de la temperatura media T_i de ambos líquidos 5, 6. Como consecuencia de las relaciones físicas en el espacio 4 de vapor, el líquido mixto 5 se evapora y se expande en la zona de condensador del espacio 4 de vapor. Allí, el vapor se encuentra con las gotitas finamente nebulizadas del líquido puro 6, más frías, se condensa sobre ellas, cae y finalmente es recogido en el fondo del condensador 3. El líquido mixto 5 no evaporado también cae y es recogido en el fondo del evaporador 2. Las temperaturas de los líquidos 5, 6 recogidos son aproximadamente iguales, y corresponden a la temperatura media T_i de sus temperaturas iniciales. Conducciones 7 retiran los líquidos recogidos 5, 6, a los cuales se aporta, o respectivamente de los cuales se extrae, calor después por medio de una fuente 8 de energía, o respectivamente sumidero 8 de calor, para calentar el líquido mixto de nuevo a $T + \Delta T$ y enfriar el líquido puro 6 de nuevo a $T - \Delta T$. Los líquidos 5, 6 atemperados son nuevamente introducidos en el evaporador 2, o respectivamente nuevamente nebulizados en el condensador 3, a través de conducciones 7. Esto crea dos circuitos, un circuito de evaporador y un circuito de condensador.

El proceso discurre de forma continua. Un vaso 11 de almacenamiento con líquido mixto 5 asegura la reposición, en un vaso final 12 se puede descargar como destilado el líquido puro 6 obtenido, y el circuito de evaporación toma del vaso 11 de almacenamiento salmuera o líquido mixto espesado 13, que tiene una mayor proporción de sales o

sustancias contaminantes que el líquido mixto 5. Eventualmente, del condensador 3 se deben aspirar gases no condensables, al final del camino de condensación, por medio de un dispositivo 9 de aspiración para que el proceso se desarrolle de manera óptima.

5 La Figura 1b muestra una instalación LTD 1 con varias etapas, por ejemplo n etapas, siendo $n = 4$ en esta ilustración. Posee n pares de evaporadores 2 y condensadores 3, que aquí se designan con E_1, \dots, E_n y respectivamente C_1, \dots, C_n , cada uno con temperaturas medias T_i diferentes, siendo $i = 1, 2, \dots, n$. El circuito de evaporador comienza en la etapa más caliente E_1 , tras la cual cada conducción 7 lleva líquido mixto desde un evaporador E_i al evaporador E_{i+1} de la etapa más fría siguiente, para ser allí introducido o nebulizado. A continuación se calienta, mediante una fuente 8 de energía, el líquido mixto 5 procedente del evaporador más frío E_n , y se introduce o se nebuliza de nuevo en el evaporador E_1 más caliente. El circuito de condensador discurre en sentido contrario al circuito de evaporador. El circuito de condensador comienza en la etapa más fría C_n , tras la cual cada conducción 7 lleva líquido puro 6 desde un condensador C_i al condensador C_{i-1} de la etapa más caliente siguiente, para ser allí nebulizado. En la figura, por razones de claridad, se ha omitido el terminar las conducciones 7 en las boquillas nebulizadoras, o respectivamente iniciarlas desde los vasos de recogida. A continuación, el líquido puro 6 procedente del condensador más caliente C_1 se enfría por medio de un sumidero 8 de calor y se nebuliza de nuevo en el condensador más frío C_n .

En la Figura 2 se representa una realización simple y en una sola etapa de una instalación LTD 1 conforme a la invención. El proceso de destilación básico discurre igual que en la del estado de la técnica. Los símbolos de referencia indican en cada caso los mismos componentes.

20 La instalación LTD 1 conforme a la invención del tipo más simple tiene solamente una etapa con una temperatura media T_i , para destilar un líquido mixto 5 dando un líquido puro 6. Comprende un evaporador 2 con un líquido mixto 5 que se puede introducir, más caliente en ΔT , y un condensador 3 con un líquido puro 6 que se puede nebulizar, más frío en ΔT , y espacios 4 de vapor conectados entre sí a través de una conexión 10 de vapor, en los que en todo momento se pueden igualar sin impedimentos la presión y la temperatura del evaporador y el condensador. 25 Conducciones 7 forman un circuito de evaporador y un circuito de condensador, según se ha descrito en la realización conforme al estado de la técnica.

La diferencia esencial entre la instalación conforme a la invención y una instalación LTD 1 según el estado de la técnica radica en que la fuente 8 de energía y el sumidero 8 de calor ha sido sustituidos por otros componentes y están conectados entre sí. Un dispositivo combinado 14 constituye el núcleo de la instalación LTD conforme a la invención, rodeado por una cámara 15 de subenfriamiento, una cámara 16 de sobrecalentamiento y un intercambiador 17 de calor. El dispositivo combinado 14 está conectado, por el lado de entrada, con el espacio de vapor de la cámara 15 de subenfriamiento, pudiendo introducirse en la cámara 15 de subenfriamiento líquido mixto 5 recogido, procedente del evaporador 2. Por el lado de salida, está conectado con el espacio de vapor de la cámara 16 de sobrecalentamiento, pudiendo nebulizarse en la cámara 16 de sobrecalentamiento líquido puro 6 recogido, procedente del condensador 3. A diferencia de las conducciones 7 en las que fluyen líquidos, estas conexiones son conexiones 10 de vapor, que están diseñadas con un diámetro correspondientemente amplio para asegurar una buena compensación de presión con respecto al dispositivo combinado 14. En estas conexiones 10 de vapor fluye vapor adicionalmente hacia la instalación de destilación propiamente dicha, desde la cámara 15 de subenfriamiento y a través del dispositivo combinado 14, hasta la cámara 16 de sobrecalentamiento, en la que se condensa de nuevo el vapor. El dispositivo combinado 14 está conectado a una fuente 8 de energía y asegura la reducción de la temperatura en la cámara 15 de subenfriamiento y la elevación de la temperatura en la cámara 16 de sobrecalentamiento.

45 Está dispuesto un intercambiador 17 de calor entre las salidas de la cámara 15 de subenfriamiento y de la cámara 16 de sobrecalentamiento. Asegura el enfriamiento del líquido puro caliente 6 recogido de la cámara 16 de sobrecalentamiento, que se lleva enfriado, a través de conducciones 7, a la entrada del condensador 3. Además, el intercambiador 17 de calor asegura el calentamiento del líquido mixto 5 frío recogido, procedente de la cámara 15 de subenfriamiento, que se lleva calentado, a través de conducciones 7, a la entrada del evaporador 2.

Las conducciones 7 discurren en el intercambiador 17 de calor en sentido contrario, con lo que se posibilita un intercambio máximo de temperatura entre los dos líquidos 5, 6.

50 La ventaja de la presente invención reside en que, en general, se debe aportar menos energía desde el exterior y también se debe eliminar menos calor para conseguir la necesaria diferencia de temperatura $(n+1) \cdot \Delta T$, donde n indica el número de etapas en el caso de instalaciones de varias etapas. Para ello se han combinado la fuente 8 de energía y el sumidero 8 de calor del estado de la técnica, destinados a enfriar y calentar los líquidos, con lo cual se devuelve calor al proceso. Además, se logra una mayor productividad, ya que se transporta adicionalmente vapor desde el circuito de evaporador, a través del dispositivo combinado 14, al circuito de condensador.

Se ha de señalar que las estructuras de un evaporador 2, un condensador 3, una cámara 15 de subenfriamiento y una cámara 16 de sobrecalentamiento pueden ser en principio idénticas. En todas las realizaciones, los líquidos 5, 6 pueden ser nebulizados. Además, cada una de las mencionadas cámaras 2, 3, 15, 16 comprende un espacio 4 de vapor y un vaso colector inferior para recoger los líquidos introducidos, una conducción 7 de aporte superior hacia la

instalación de nebulización, una conducción 7 de descarga inferior desde el vaso colector, y una conexión 10 de vapor hacia, o respectivamente desde, el espacio 4 de vapor, como conexión con otro espacio 4 de vapor o con el dispositivo combinado 14. Como alternativa a ello, también se puede introducir de una manera diferente el líquido mixto 5 en un evaporador 2 o en la cámara de subenfriamiento; no siendo forzosa la nebulización. Por otro lado, la uniformización de las cámaras 2, 3, 15, 16 simplifica la instalación LTD 1 conforme a la invención.

En una ejecución preferida de la invención, el dispositivo combinado 14 comprende al menos una cámara 18 de sorción y/o una cámara 19 de desorción con un sorbente 20. El término sorción incluye cualquier tipo de captación de una sustancia en la superficie de otra sustancia o dentro de otra sustancia, el denominado sorbente. En particular, la sorción incluye la adsorción, la captación en un sólido y también la absorción, la captación por un líquido. La desorción describe el proceso inverso a la sorción, y deja libre de nuevo la sustancia sorbida. Mientras que una sorción extrae calor de la sustancia a captar, la desorción aporta a la sustancia emitida la misma cantidad de calor. Por lo tanto, estos procesos permiten generar una gran diferencia de temperatura entre el material de partida y el material final, lo que es deseable en el presente caso.

En este caso, el vapor del espacio de vapor de la cámara de subenfriamiento puede ser absorbido en el sorbente 20 y mediante el aporte de energía 8 se puede desorber del sorbente 20 vapor, que finalmente puede ser alimentado al espacio 4 de vapor de la cámara 16 de sobrecalentamiento. Con un dispositivo de este tipo se puede llevar a cabo en primer lugar una sorción, estando abierta únicamente la conexión 10 de vapor hacia la cámara 15 de subenfriamiento hasta que el sorbente 20 queda saturado con vapor enriquecido, que se condensa en la superficie del sorbente 20. La conexión 10 de vapor hacia la cámara 16 de sobrecalentamiento permanece cerrada en esta fase. En una fase posterior, se abre solamente la conexión 10 de vapor hacia la cámara 16 de sobrecalentamiento y se cierra de nuevo la otra conexión 10 de vapor hacia la cámara 15 de subenfriamiento. Al aportar calor, se evapora ahora nuevamente líquido puro 6 desde la superficie del sorbente 20, y se lleva a través de la conexión 10 de vapor al espacio 4 de vapor de la cámara 16 de sobrecalentamiento, donde nuevamente se condensa sobre las gotitas finamente nebulizadas de menor temperatura y finalmente se recoge en el vaso.

En la Figura 3a está representada una disposición preferida con un sorbente 20. En esta, el dispositivo combinado 14 comprende una cámara 18 de sorción separada y una cámara 19 de desorción, estando ambas conectadas entre sí por al menos un canal 21 de conexión. Están previstos dispositivos 22 de transporte para transportar de ida y vuelta el sorbente 20 entre la cámara 18 de sorción y la cámara 19 de desorción. Una disposición de este tipo puede funcionar de manera continua, ya que, dependiendo del nivel de saturación, se transporta el sorbente 20 en un sentido o en otro, en porciones o poco a poco, a través del canal 21 de conexión entre la cámara 18 de sorción y la cámara 19 de desorción.

En una disposición mejorada, la cámara 18 de sorción y la cámara 19 de desorción están conectadas entre sí por al menos dos canales 21 de conexión, que durante el uso siempre están llenos de manera estanqueizante con sorbente 20 que se desliza por ellos. Con ayuda de dispositivos 22 de transporte, se puede llevar a cabo así un proceso continuo de sorción y desorción, haciendo pasar el sorbente 20 en un circuito a través de la cámara 18 de sorción y de la cámara 19 de desorción.

Por otro lado, tal como se representa en la Figura 3b, en las cámaras 18, 19 de sorción y desorción se puede llevar a cabo de manera alterna un proceso de sorción y desorción. Para ello, con ayuda de un dispositivo 23 de control, se intercambian periódicamente las funciones de la cámara 18 de sorción y de la cámara 19 de desorción, pudiendo el dispositivo 23 de control alternar las conexiones 10 de vapor hacia la cámara 15 de subenfriamiento, o respectivamente hacia la cámara 16 de sobrecalentamiento, con la correspondiente cámara 18 de sorción, o respectivamente cámara 19 de desorción. La fuente 8 de energía está siempre conectada a la correspondiente cámara 19 de desorción.

Cuando el sorbente 20 está saturado en la cámara 18 de sorción y el sorbente 20 está completamente seco en la cámara 19 de desorción, se conectan las dos conexiones 10 de vapor con, en cada caso, la otra cámara 18, 19, de modo que intercambian sus funciones. El sorbente 20 permanece en cada caso en la misma cámara 18, 19, y no se requieren dispositivos 22 de transporte. La fuente 8 de energía está siempre conectada a la correspondiente cámara 19 de desorción. El dispositivo 23 de control permite la sorción y desorción escalonadas alternando los correspondientes accesos de la conexión 10 de vapor.

El sorbente 20 puede ser, por ejemplo, un adsorbente sólido tal como zeolita o gel de sílice o, en el caso de un absorbente líquido, amoníaco o bromuro de litio, por ejemplo. En principio, también se pueden utilizar sorbentes gaseosos.

En dos realizaciones alternativas de acuerdo con las Figuras 3c y 3d, la instalación LTD 1 con un dispositivo combinado 14 en forma de compresor, o respectivamente una bomba 24 de vacío (Figura 3c) o un eyector 25 de chorro (Figura 3d), puede estar configurada para generar una presión reducida en la cámara 15 de subenfriamiento y una sobrepresión en la cámara 16 de sobrecalentamiento. Mediante cada una de las realizaciones mencionadas del dispositivo combinado 14, se aspira vapor procedente de la cámara 15 de subenfriamiento y se introduce en la cámara 16 de sobrecalentamiento, con enfriamiento de la cámara 15 de subenfriamiento y calentamiento de la cámara 16 de sobrecalentamiento simultáneos.

En todas estas realizaciones, la diferencia de temperatura requerida para la instalación LTD 1 en su conjunto se genera de manera centralizada en el dispositivo combinado 14. Esto ahorra pérdidas de calor que forzosamente ocurren cuando se generan por separado la calefacción y la refrigeración, por ejemplo, mediante calefactores, ventiladores o intercambiadores de calor.

- 5 La instalación LTD 1 conforme a la invención comprende preferiblemente un dispositivo 9 de aspiración para aspirar gases no condensables al final del proceso de condensación en cada condensador 3 y en la cámara 16 de sobrecalentamiento. Este dispositivo 9 de aspiración se pone en funcionamiento cuando es necesario tan pronto como la presión en una cámara excede de la presión de saturación del vapor presente en más de un valor predeterminado, que representa solo un pequeño porcentaje.
- 10 Para hacer funcionar la instalación LTD 1, se prevé un flujo entrante de líquido mixto 5, un flujo saliente de líquido puro 6 y un flujo saliente de salmuera 13, que tiene una mayor concentración de sal y/o sustancias contaminantes que el flujo entrante de líquido mixto 5.

De acuerdo con la Figura 4, la instalación LTD 1 conforme a la invención puede comprender en particular una instalación de destilación de varias etapas con temperaturas medias T_i diferentes en n etapas, siendo $i = 1, 2, \dots, n$.

15 En una instalación LTD 1 de este tipo, todos los evaporadores 2, indicados aquí con E_i , o respectivamente todos los condensadores 3, indicados aquí con C_i , de las distintas etapas i , están conectados en sentidos contrarios por conducciones 7, formando un circuito, como ya se ha mostrado y descrito en la Figura 1b. Por razones de claridad, no se ha representado la conexión entre el intercambiador 17 de calor y el condensador más frío C_n ; en lugar de ello se han dibujado dos triángulos.

- 20 Al final del circuito de evaporador, es decir, después del evaporador más frío E_n , está dispuesta igualmente la cámara 15 de subenfriamiento como si fuera otro evaporador E . Además, al final del circuito de condensador, es decir, después del condensador más caliente C_1 , está dispuesta igualmente la cámara 16 de sobrecalentamiento como si fuera otro condensador C . Entre la cámara 15 de subenfriamiento y la cámara 16 de sobrecalentamiento está dispuesto el dispositivo combinado 14, que está conectado con ellas a través de conexiones 10 de vapor, como ya se ha indicado. Una unidad 23 de control controla, según se requiera, el aporte de energía a través de la fuente 8 de energía y el dispositivo combinado 14.

- A diferencia de todos los pares evaporador-condensador $E_i, C_i, i=1\dots n$, cuyas cámaras 4 de vapor están conectadas entre sí y, por lo tanto, tienen la misma temperatura media T_i , las temperaturas de las cámaras 4 de vapor de la cámara 15 de subenfriamiento y de la cámara 16 de sobrecalentamiento, y por lo tanto también de los líquidos recogidos en ellas, presentan la mayor diferencia de toda la instalación. Ya los líquidos que entran en estas dos cámaras 15, 16 provienen, en el caso de un procedimiento en varias etapas, del evaporador más frío E_n y del condensador más caliente C_1 ; pero mediante el dispositivo combinado 14 se incrementa de nuevo su diferencia de temperatura. El único aporte de energía para generar la necesaria diferencia de temperatura de las distintas etapas de evaporador y condensador es suministrado mediante el dispositivo combinado 14 a los espacios de vapor de la cámara 15 de subenfriamiento y de la cámara 16 de sobrecalentamiento.

- La representación de la Figura 4 debe entenderse como una representación de diagrama funcional y no como una especificación de disposición optimizada espacialmente. En particular, en el caso de las conducciones 7 del circuito de condensador, se ha omitido en cada caso llevar la entrada hacia arriba e iniciar la salida desde el fondo de las cámaras C , para que la representación siga siendo clara. Es ventajoso, por un lado, que el líquido mixto 5 recogido procedente del evaporador E_n de la etapa más fría pueda ser introducido o nebulizado en la cámara 15 de subenfriamiento, y el líquido puro 6 recogido procedente del condensador 3 de la etapa más caliente C_1 pueda ser nebulizado en la cámara 16 de sobrecalentamiento.

- Por otro lado, también es ventajoso que el líquido puro 6 enfriado en el intercambiador 17 de calor, procedente de la cámara 16 de sobrecalentamiento, pueda ser nebulizado en calidad de entrada en el condensador más frío C_n , y el líquido mixto 5 calentado en el intercambiador 17 de calor, procedente de la cámara 15 de subenfriamiento, pueda ser nebulizado o introducido en calidad de entrada en el evaporador más caliente E_1 .

- Además, también pueden estar conectadas corrientes parciales (no representadas) desde diversos condensadores C o evaporadores E a conducciones 7, y/o conducciones 10 de vapor a conducciones 7 y/o conducciones 10 de vapor del dispositivo combinado 14 y/o del intercambiador 17 de calor, con el fin de conseguir mejoras térmicas adicionales, pudiéndose también aportar y/o extraer corrientes parciales dentro del intercambiador 17 de calor. Gracias a ello se pueden realizar de manera selectiva ajustes menores de temperatura en condensadores C y/o evaporadores E individuales, sin que se requiera para ello calor externo y sin que se pierda calor hacia el medio ambiente.

- En un instalación LTD adicionalmente mejorada, que no está representada, otras conexiones 10 de vapor procedentes de espacios 4 de vapor de distintas etapas están conectadas con conducciones 7 hacia condensadores C_i de otras etapas con temperaturas medias más bajas, con el fin de elevar la presión en las conducciones 7 correspondientes. De este modo, además de reducir el gasto de energía para generar diferencias de temperatura,

también se puede reducir el consumo de energía para generar las diferencias de presión necesarias. La instalación LTD 1 conforme a la invención aquí descrita se puede combinar sin problemas con otros métodos de optimización.

En particular, el calor generado en el dispositivo combinado 14 se puede distribuir en corrientes parciales a varios evaporadores 2 y/o condensadores 3 de distintas etapas E_i , C_i , así como a la cámara 16 de sobrecalentamiento. Esto se puede lograr disponiendo, por ejemplo, además del intercambiador 17 de calor mencionado, otros intercambiadores de calor que estén situados en sentidos opuestos entre distintas conducciones 7.

Lista de símbolos de referencia

- 1 Instalación de destilación a baja temperatura (instalación LTD)
- 2 E, E_i Evaporador
- 10 3 C, C_i Condensador
- 4 Espacio de vapor
- 5 Líquido mixto
- 6 Líquido puro
- 7 Conducciones, conducciones de líquido
- 15 8 Fuente de energía, sumidero de calor
- 9 Dispositivo de succión, V
- 10 Conducciones de vapor
- 11 Vaso de almacenamiento de líquido mixto
- 12 Vaso final con líquido puro, destilado
- 20 13 Salmuera
- 14 Dispositivo combinado
- 15 Cámara de subenfriamiento
- 16 Cámara de sobrecalentamiento
- 17 Intercambiador de calor
- 25 18 Cámara de sorción
- 19 Cámara de desorción
- 20 Sorbente
- 21 Canal de conexión
- 22 Dispositivo de transporte
- 30 23 Dispositivo de control
- 24 Compresor, bomba de vacío
- 25 Eyector de chorro

REIVINDICACIONES

1. Instalación (1) de destilación a baja temperatura (instalación LTD) con una o varias etapas (i) de temperaturas medias T_i diferentes, para destilar un líquido mixto (5) dando un líquido puro (6), en donde cada etapa tiene un evaporador (2, E_i) con un espacio (4) de vapor y con un líquido mixto (5) más caliente $T_i+\Delta T$ que puede ser introducido, así como un condensador (3, C_i) con un espacio (4) de vapor y con un líquido puro (6) más frío $T_i-\Delta T$ que puede ser nebulizado, y en donde los espacios (4) de vapor del evaporador (2, E_i) y del condensador (3, C_i) están conectados entre sí a través de conexiones (10) de vapor dando un espacio (4) de vapor común, de manera que en todo momento se pueden igualar sin impedimentos la presión y la temperatura en los mismos, caracterizada por al menos un dispositivo combinado (14), que por el lado de entrada está conectado con el espacio de vapor de una cámara (15) de subenfriamiento, en donde en la cámara (15) de subenfriamiento se puede introducir líquido mixto (5) recogido, procedente de un evaporador (2), en el caso de varios evaporadores (E_i) procedente del de la etapa más fría (E_n), y por el lado de salida está conectado con el espacio de vapor de una cámara (16) de sobrecalentamiento, en donde en la cámara (16) de sobrecalentamiento se puede nebulizar líquido puro (6) recogido, procedente de un condensador (3), en el caso de varios condensadores (C_i) procedente del de la etapa más caliente (C_1), en donde el dispositivo combinado (14) está conectado además a una fuente (8) de energía, para enfriar la temperatura en la cámara (15) de subenfriamiento y para calentar la temperatura en la cámara (16) de sobrecalentamiento, en donde durante el proceso fluye vapor desde la cámara (15) de subenfriamiento hacia la cámara (16) de sobrecalentamiento a través del dispositivo combinado (14), y en donde está dispuesto un intercambiador (17) de calor entre las salidas de la cámara (15) de subenfriamiento y de la cámara (16) de sobrecalentamiento para enfriar el líquido puro (6) recogido caliente procedente de la cámara (16) de sobrecalentamiento en calidad de entrada a un condensador (3), en el caso de varios condensadores (C_i) al de la etapa más fría (C_n), y para calentar el líquido mixto (5) recogido frío procedente de la cámara (15) de subenfriamiento, en calidad de entrada a un evaporador (2), en el caso de varios evaporadores (E_i) al de la etapa más caliente (E_1).
2. Instalación LTD según la reivindicación 1, caracterizada por que el dispositivo combinado (14) comprende al menos una cámara (18) de sorción y/o una cámara (19) de desorción, con un sorbente (20), en donde al menos ocasionalmente se puede condensar y sorber en el sorbente (20) vapor procedente del espacio de vapor de la cámara (15) de subenfriamiento, y al menos ocasionalmente se puede desorber del sorbente (20) líquido puro (6) dando vapor, con aporte de energía (8), y se puede alimentar al espacio de vapor de la cámara (16) de sobrecalentamiento.
3. Instalación LTD según la reivindicación 2, que comprende al menos una cámara (18) de sorción y una cámara (19) de desorción, caracterizada por que la cámara (18) de sorción está conectada a la cámara (19) de desorción mediante al menos un canal (21) de conexión y están previstos dispositivos (22) de transporte para el transporte de ida y vuelta del sorbente (20) entre la cámara (18) de sorción y la cámara (19) de desorción.
4. Instalación LTD según la reivindicación 3, caracterizada por que en la cámara de sorción y en la cámara de desorción (18, 19) se pueden llevar a cabo de manera alterna un proceso de sorción y un proceso de desorción.
5. Instalación LTD según la reivindicación 3, caracterizada por que la cámara (18) de sorción y la cámara (19) de desorción están conectadas entre sí por medio de al menos dos canales (21) de conexión que, durante el uso, están siempre llenos de manera estanqueizante con sorbente que se desliza por ellos, de manera que con ayuda de los dispositivos (22) de transporte se puede llevar a cabo un proceso continuo de sorción y desorción.
6. Instalación LTD según la reivindicación 2, que comprende al menos una cámara (18) de sorción y una cámara (19) de desorción, caracterizada por un dispositivo (23) de control que intercambia periódicamente las funciones de la cámara (18) de sorción y de la cámara (19) de desorción, a fin de permitir una sorción y desorción escalonadas, pudiendo el dispositivo (23) de control alternar las conexiones (10) de vapor hacia la cámara (15) de subenfriamiento, o respectivamente hacia la cámara (16) de sobrecalentamiento, con la correspondiente cámara (18) de sorción, o respectivamente cámara (19) de desorción, y en donde la fuente (8) de energía está siempre conectada a la correspondiente cámara (19) de desorción.
7. Instalación LTD según una de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizada por que el sorbente (20) es zeolita, gel de sílice, amoníaco o bromuro de litio.
8. Instalación LTD según la reivindicación 1, caracterizada por que el dispositivo combinado comprende un compresor/una bomba (24) de vacío o eyector (25) de chorro para producir una presión reducida en la cámara (15) de subenfriamiento y una sobrepresión en la cámara (16) de sobrecalentamiento, con lo cual se aspira vapor procedente de la cámara (15) de subenfriamiento y se introduce en la cámara (16) de sobrecalentamiento, con enfriamiento de la cámara (15) de subenfriamiento y calentamiento de la cámara (16) de sobrecalentamiento simultáneos.
9. Instalación LTD según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por un dispositivo (9) de aspiración para aspirar gases no condensables al final del proceso de condensación en cada condensador (3) y en la cámara (16) de sobrecalentamiento.

10. Instalación LTD según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por un flujo entrante de líquido mixto (5), un flujo saliente de líquido puro (6) y un flujo saliente de salmuera (13).
- 5 11. Instalación LTD según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la instalación de destilación comprende varias etapas con temperaturas medias T_i diferentes, en donde todos los evaporadores (2), o respectivamente todos los condensadores (3), de las distintas etapas están conectados en un circuito, en sentidos contrarios, mediante conducciones (7).
- 10 12. Instalación LTD según la reivindicación 11, caracterizada por que conexiones (10) de vapor procedentes de los espacios (4) de vapor de distintas etapas están conectadas con conducciones (7) hacia condensadores (3) de otras etapas con temperaturas medias más bajas, con el fin de elevar la presión en las conducciones (7) correspondientes.
13. Instalación LTD según una de las reivindicaciones 11 o 12, caracterizada por que el calor producido en el dispositivo combinado (14) se distribuye a varios evaporadores (2) de distintas etapas.
- 15 14. Instalación LTD según una de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizada por que se puede introducir en la cámara (15) de subenfriamiento líquido mixto (5) recogido procedente del evaporador (2) de la etapa más fría, y se puede nebulizar en la cámara (16) de sobrecalentamiento líquido puro (6) recogido, procedente del condensador (3) de la etapa más caliente.
- 20 15. Instalación LTD según una de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizada por que se puede nebulizar en calidad de entrada en el condensador (3) más frío líquido puro (6) enfriado en el intercambiador (17) de calor, procedente de la cámara (16) de sobrecalentamiento, y/o se puede introducir en calidad de entrada en el evaporador (2) más caliente líquido mixto (5) calentado en el intercambiador (17) de calor, procedente de la cámara (15) de subenfriamiento.
- 25 16. Instalación LTD según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el calor producido en el dispositivo combinado (14) se distribuye en corrientes parciales a varios evaporadores (2) y/o condensadores (3) de distintas etapas (E_i , C_i) así como a la cámara (16) de sobrecalentamiento.

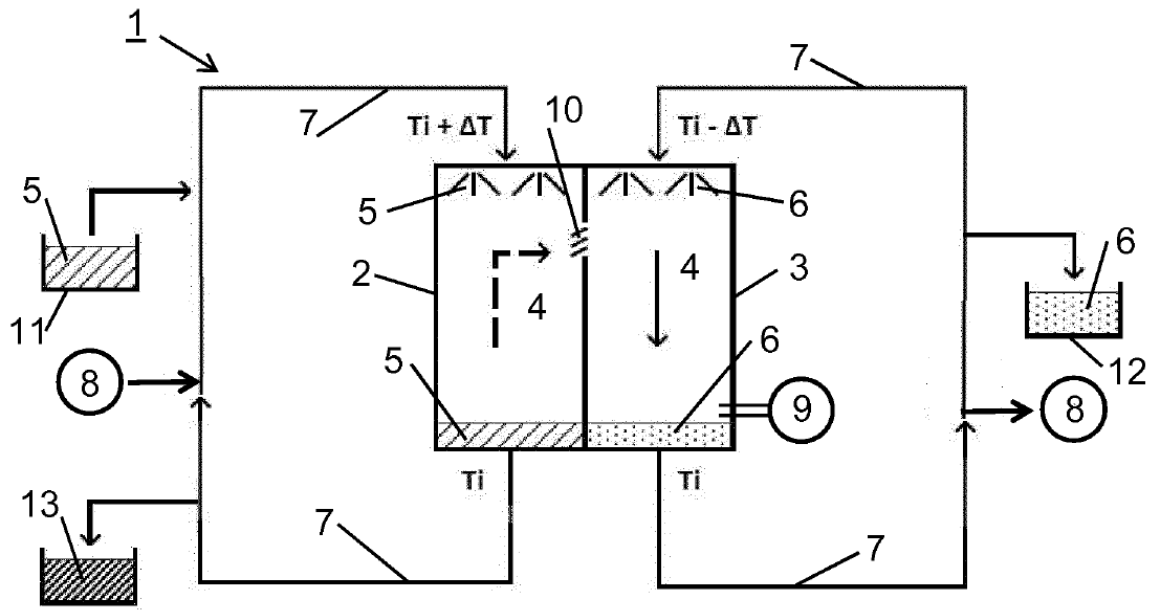


Fig. 1a

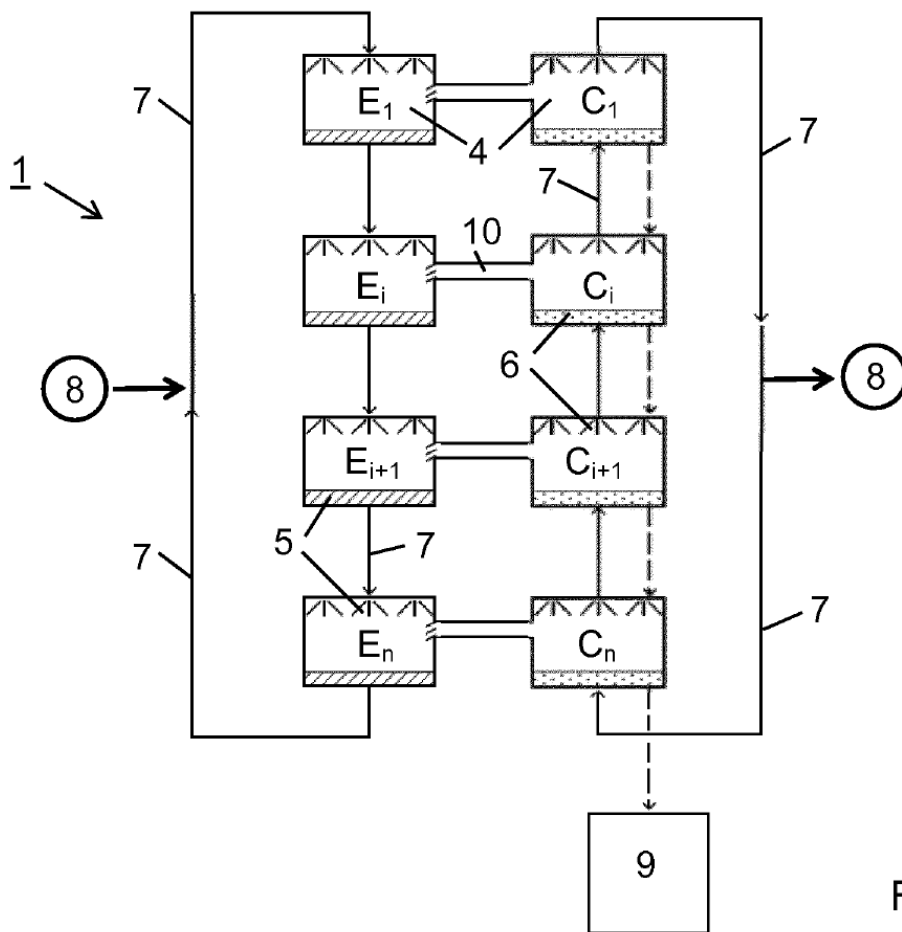


Fig. 1b

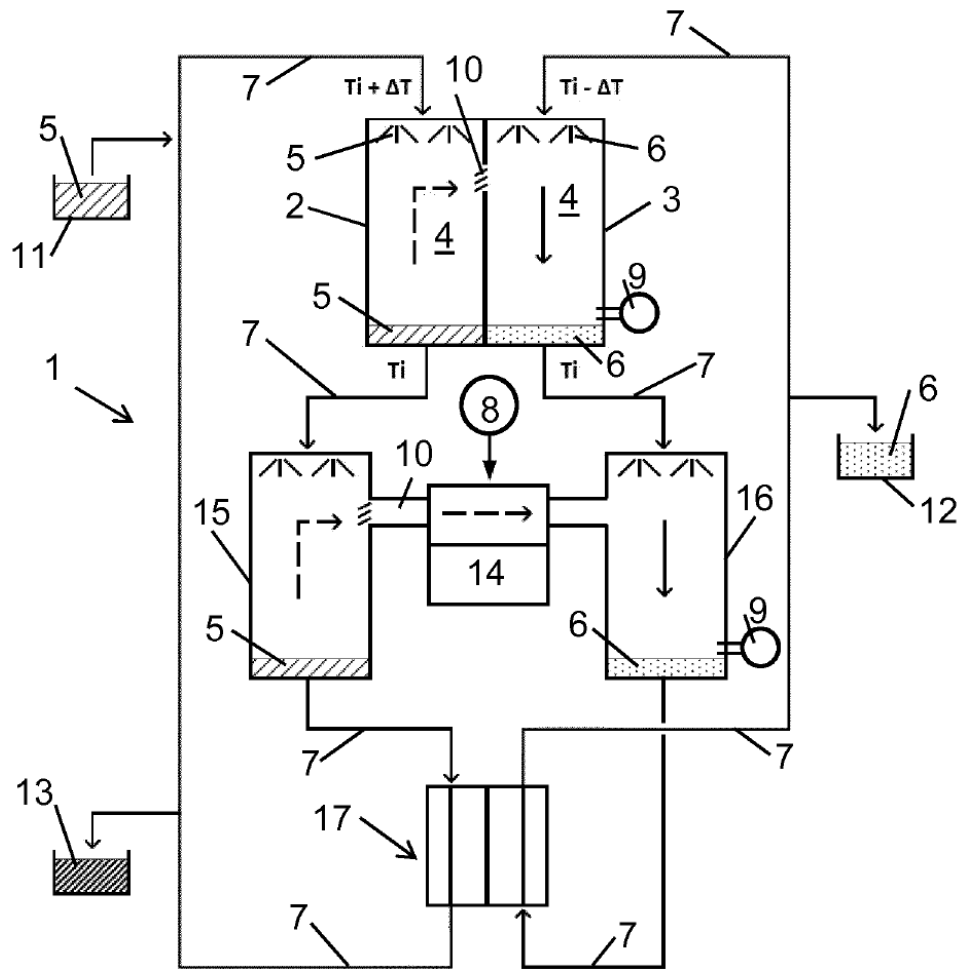


Fig. 2

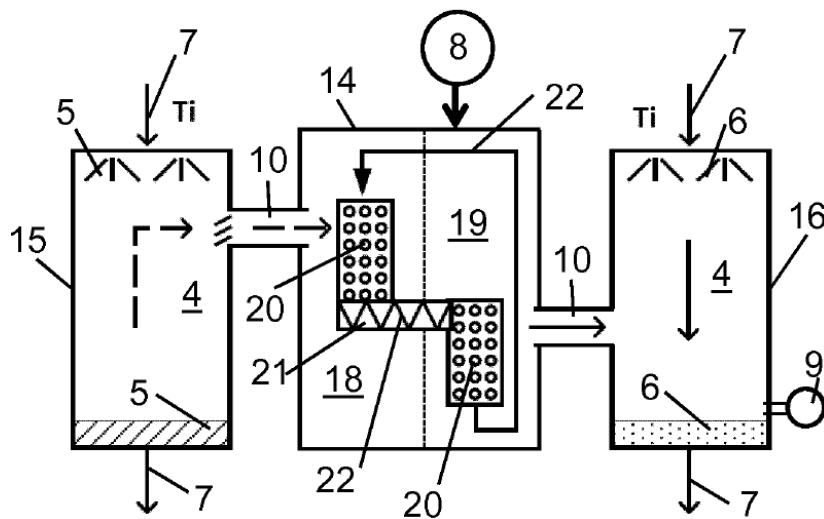


Fig. 3a

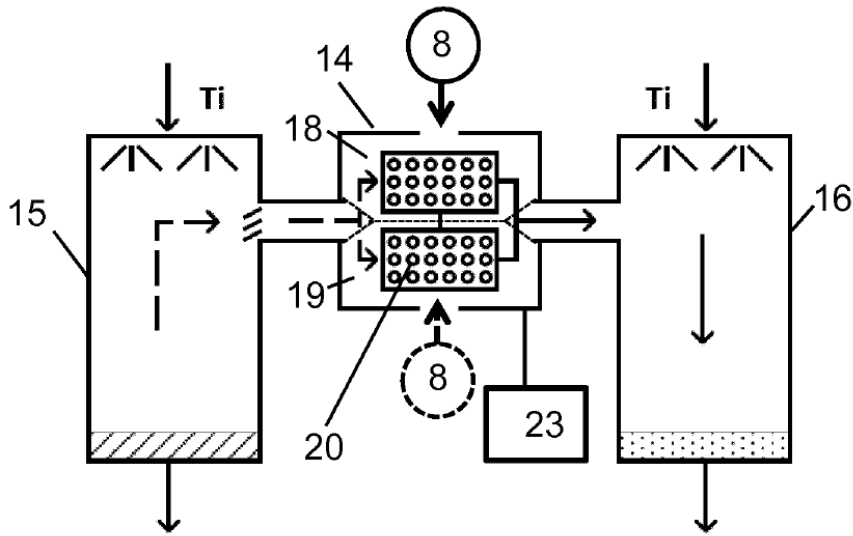


Fig. 3b

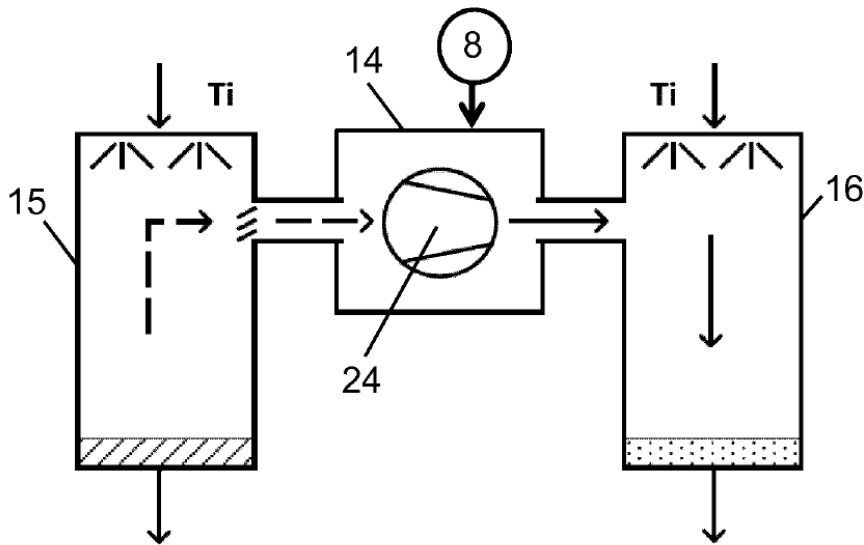


Fig. 3c

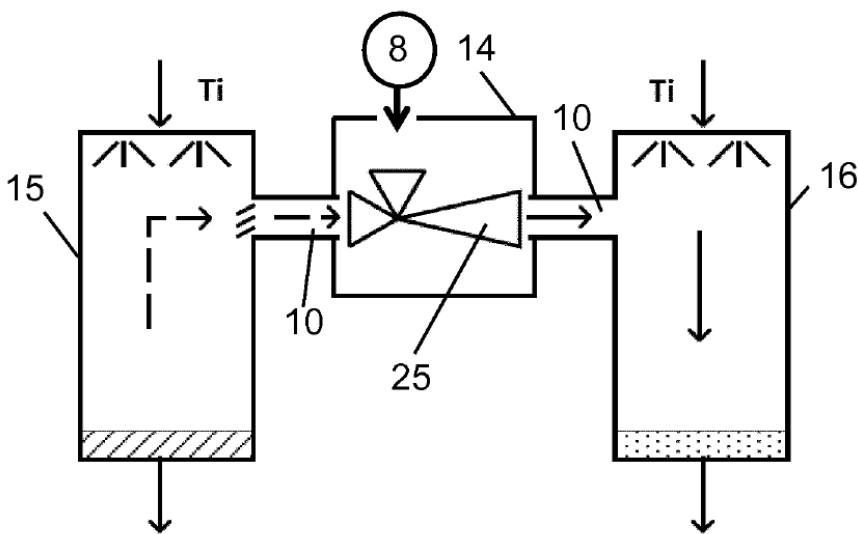


Fig. 3d

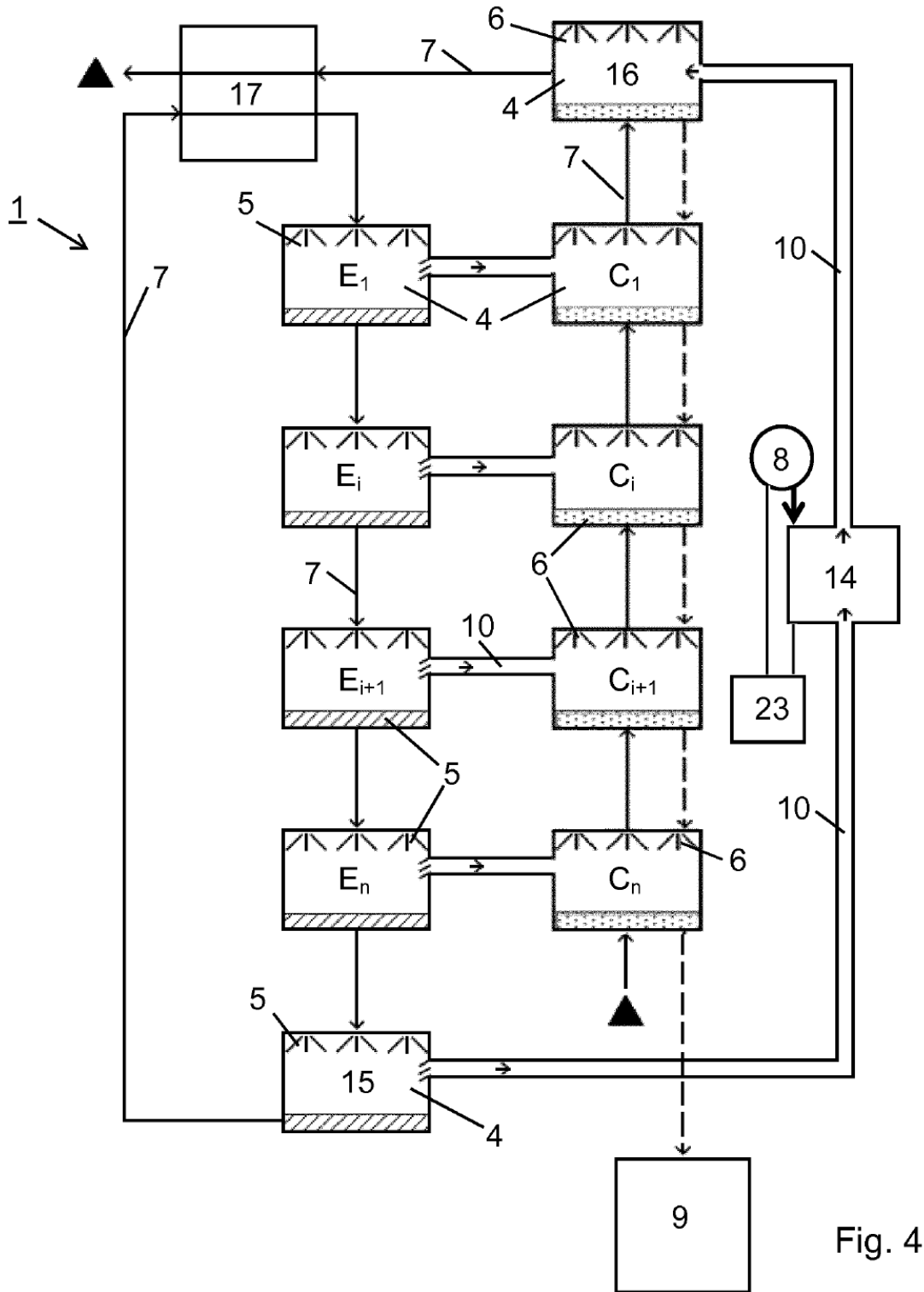


Fig. 4