

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 258**

51 Int. Cl.:

B01D 1/00 (2006.01)

B01D 1/26 (2006.01)

B01D 5/00 (2006.01)

C02F 1/04 (2006.01)

C02F 103/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.02.2016 PCT/EP2016/052811**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2016 WO16128455**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2016 E 16704179 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2019 EP 3256229**

54 Título: **Instalación de destilación de varias fases y procedimiento para el funcionamiento de la misma**

30 Prioridad:

13.02.2015 CH 1982015

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

05.12.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

LEHMANN, MARKUS

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 734 258 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 de varias fases y procedimiento para el funcionamiento de la misma

Campo técnico

5 La invención se refiere a una instalación de destilación de varias fases, en la que, durante el funcionamiento, cada fase funciona en un intervalo de presión y temperatura más alto que su siguiente fase, comprendiendo cada fase un evaporador y un condensador, cada uno con un contenedor resistente a la presión con una entrada de pulverización superior para introducir y pulverizar el líquido añadido, así como con una salida inferior, para la descarga de líquido recogido, así como con un espacio de vapor entre la entrada de pulverización y el líquido recogido, estando el espacio de vapor de cada evaporador conectado en presión al espacio de vapor del condensador de la misma fase a través de un conducto de vapor resistente a la presión de una sección transversal tan grande que la presión en los dos espacios de vapor de una fase siempre puede igualarse durante el funcionamiento, y estando la salida de cada evaporador conectada a la entrada de pulverización del siguiente evaporador y estando la salida del último evaporador conectada a la entrada de pulverización del primer evaporador, en cada caso con una tubería de líquido resistente a la presión formando un circuito de evaporadores, y estando la salida de cada condensador conectada a la entrada de pulverización del condensador previo y estando la salida del primer condensador conectada a la entrada de pulverización del último condensador con una tubería de líquido resistente a la presión formando un circuito de condensadores. Además, la invención se refiere a un procedimiento para realizar una instalación de destilación de este tipo así como a un control para su funcionamiento.

Estado de la técnica

20 Las instalaciones de destilación se conocen desde hace mucho tiempo. Sirven, por ejemplo, para el tratamiento del agua o la separación del alcohol de otros líquidos y se utilizan en muchas otras instalaciones. En principio, el líquido que se va a destilar se evapora con el aporte de calor, para separarlo de los residuos, por ejemplo, de sales u otros líquidos con un punto de ebullición más alto. El vapor finalmente se enfría en otra cámara, por lo que se condensa dando lugar al destilado.

25 En los últimos años, las instalaciones se han mejorado de tal manera que los rendimientos son mayores y los controles se han simplificado. Una instalación ventajosa según la técnica anterior con un elevado rendimiento se describe en el documento WO 2008/122136. Se utiliza preferentemente en el entorno de instalaciones que emiten calor, tales como centrales eléctricas, cuya energía térmica emitida puede ser aprovechada de forma gratuita o económica. Una instalación de destilación de este tipo también se puede configurar, en particular, en varias fases, a fin de aprovechar todo el intervalo de la diferencia de temperatura disponible, por ejemplo 50-100 °C.

30 Para aprovechar de manera óptima el calor disponible, hay disponibles intercambiadores de calor y otros medios auxiliares conocidos, que se conocen de manera suficiente. Además, el funcionamiento de una instalación de destilación de este tipo también necesita energía eléctrica, concretamente, entre otras cosas, para transportar los líquidos por medio de bombas o para hacer funcionar bombas de vacío para la aspiración de gases no condensables. La necesidad de electricidad para el funcionamiento de tales instalaciones es una parte esencial de los costes operativos totales. Para permitir un funcionamiento más económico de instalaciones de destilación, debe disminuirse, por lo tanto, la necesidad de electricidad.

Descripción de la invención.

40 El objetivo de la presente invención es, por consiguiente, mejorar una instalación de destilación de varias fases del tipo descrito al principio, de tal manera que se reduzca el consumo de electricidad durante el funcionamiento. Otro objetivo de la presente invención es describir un procedimiento que realice tal destilación y que presente un control para su funcionamiento.

El objetivo se logra mediante las características de las reivindicaciones independientes de las categorías respectivas.

45 De acuerdo con la invención, la instalación de destilación descrita al principio comprende una tubería de vapor resistente a la presión, que está conectada, por un primer extremo, a una de las tuberías de líquido resistentes a la presión entre dos condensadores adyacentes o a la tubería de líquido resistente a la presión entre el último y el primer evaporador. Además, el segundo extremo de la tubería de vapor resistente a la presión está conectado a un espacio de vapor que, durante el funcionamiento, tiene una presión más alta que la presión en la tubería de líquido resistente a la presión, con el fin de aplicar al líquido una presión más alta así como para transportar el líquido.

50 Gracias a esta presión aplicada, el líquido en la tubería de líquido se pone a una presión más alta, lo que le permite evaporarse en una fase a una temperatura más alta. Además, gracias a la presión aplicada el líquido puede ser transportado a un contenedor dispuesto a un potencial más alto, sin la necesidad de utilizar para ello energía eléctrica. Como resultado, ya no se necesita ninguna bomba en absoluto durante el funcionamiento continuo.

55 Todavía se conectan bombas en el circuito de evaporadores y de condensadores, pero solo son necesarias para iniciar el proceso inicialmente. Después de unos minutos, el proceso se desarrolla de forma independiente, sin que tengan

que funcionar bombas para la circulación de los líquidos en los circuitos. Solo una bomba de vacío para la aspiración de gases no condensables al final de los recorridos de condensación en los condensadores debe ponerse todavía temporalmente en funcionamiento, pero solo por brevemente.

5 El consumo de electricidad puede disminuirse drásticamente en la instalación de destilación de acuerdo con la invención. Además, solo se necesita todavía una bomba en cada uno de los circuitos, lo que también disminuye los costes de inversión de la instalación de destilación.

10 El procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un proceso de destilación usando una instalación de destilación de acuerdo con la invención, que comprende una entrada de admisión al circuito de evaporadores, una salida del circuito de evaporadores, así como una salida de destilado del circuito de condensadores, está caracterizado por las siguientes etapas de procedimiento: supervisar las cantidades de líquido en ambos circuitos; supervisar la concentración de los residuos en el circuito de evaporadores; descargar líquido con alta concentración de residuos por la salida, tan pronto como el líquido en el circuito de evaporadores haya alcanzado un nivel máximo predeterminado y/o la concentración de los residuos en el circuito de evaporadores haya alcanzado un valor máximo predeterminado; descargar destilado del circuito de condensadores por la salida de destilado, tan pronto como el líquido en el circuito de condensadores haya alcanzado un nivel máximo predeterminado; introducir líquido en el circuito de condensadores por la entrada de admisión, tan pronto como el líquido en el circuito de evaporadores haya alcanzado un nivel mínimo predeterminado y/o la concentración de los residuos en el circuito de evaporadores haya alcanzado un valor máximo predeterminado. Estas etapas se repiten hasta que deba detenerse el proceso.

20 Preferentemente, solo se descarga líquido del circuito de evaporadores cuando se alcanzan tanto la concentración máxima como el nivel máximo, y se descarga hasta alcanzar el nivel mínimo. Entonces, introduciendo líquido nuevo hasta el nivel máximo, se disminuye la concentración. El nivel se va elevando de nuevo en cada caso hasta el nivel máximo, tan pronto como se alcance el nivel mínimo o la concentración máxima.

25 En un procedimiento preferido se usa una instalación de destilación que comprende una bomba de vacío conectada mediante una tubería de gas al final de cada recorrido de condensación de cada condensador. El procedimiento está caracterizado por las etapas de procedimiento:
determinar las diferencias de temperatura en los espacios de vapor de los evaporadores y condensadores de la misma fase; eliminar gases no condensables en el espacio de vapor de un condensador a través de la tubería de gas con ayuda de la bomba de vacío, tan pronto como la diferencia de temperatura correspondiente haya alcanzado un valor máximo predeterminado, hasta que haya caído por debajo de un valor mínimo predeterminado. Las etapas mencionadas se repiten hasta que deba detenerse el proceso.

30 El control de acuerdo con la invención para el funcionamiento un procedimiento de acuerdo con la invención comprende conexiones para sensores para la lectura de datos de medición, un procesador para evaluar los datos de medición así como conexiones para modificar los ajustes de válvulas y bombas.

Breve descripción de los dibujos

35 A continuación, la invención se describirá con más detalle con referencia a las figuras. Los símbolos de referencia iguales se refieren en cada caso a lo mismo. Muestran:

la figura 1 una instalación de destilación de varias fases según el estado de la técnica;

la figura 2 una instalación de destilación de varias fases de acuerdo con la invención;

la figura 3 una instalación de destilación según la figura 2 con valores de temperatura y presión a modo de ejemplo.

40 Modos de llevar a cabo la invención

La figura 1 muestra una instalación de destilación 1 de varias fases según el estado de la técnica. Se representan tres fases, cada una de ellas señalada con un corchete inferior S1, S2 y S3. La fase S1 también está rodeada por una línea discontinua, excepto en una parte que se comunica mediante un intercambiador de calor 14 con la fase S2. Cada fase S consta de un evaporador (o vaporizador) E1, E2, E3, que constituye en cada caso la cámara izquierda de cada fase S1, S2, S3, y de un condensador C1, C2, C3, que constituye en cada caso la cámara representada a la derecha de la fase S. Los evaporadores y condensadores presentan, todos, un espacio de vapor, estando los espacios de vapor del evaporador E1, E2, E3 y el condensador C1, C2, C3 de la misma fase S1, S2, S3 respectivamente conectados entre sí por en cada caso un espacio de vapor 6 que los comunica, estando este espacio de vapor 6 que los comunica dimensionado con un tamaño tal que la presión P dentro de los espacios de vapor de esta fase puede igualarse sin problemas. En ambas cámaras de cada fase S1, S2, S3 reina, por lo tanto, la misma presión P1, P2, P3. En cada cámara, el líquido 4 se lleva hacia arriba desde la cámara hasta una entrada de pulverización 3 y se pulveriza allí. Los líquidos 4a pulverizados en los evaporadores E1, E2, E3 tienen una temperatura ligeramente más alta que los líquidos 4a pulverizados de los condensadores C1, C2, C3 de la misma fase, respectivamente. Las temperaturas de los evaporadores E1, E2, E se sitúan, por lo tanto, en cada caso ligeramente por encima, y las temperaturas de los condensadores C1, C2, C3 ligeramente por debajo, de las temperaturas Ts1, Ts2, Ts3 de la curva de saturación para la respectiva presión de vapor P1, P2, P3, que es conocida para el respectivo líquido.

Por esta razón, el líquido 4a pulverizado en cada evaporador se evaporará parcialmente y fluirá hacia la cámara adyacente del condensador asociado, donde choca con las gotas más frías y, a su vez, se condensa de nuevo. Por lo tanto, con el tiempo, el líquido evaporado migra de cada evaporador al condensador de la misma fase. Allí, el destilado se puede retirar, mientras se puede introducir líquido nuevo en el evaporador.

5 La primera fase S1 funciona así a una temperatura $T_{1,1}$ en el evaporador E1, y respectivamente a la temperatura $T_{1,2}$ en el condensador C1, pulverizando los líquidos 4a a las cámaras a las temperaturas indicadas. La cámara adyacente del condensador C1 es el evaporador E2, que junto con el condensador C2 constituye la segunda fase S2. Estas cámaras de la fase S2 funcionan, por lo tanto, a las temperaturas $T_{2,1}$ en el evaporador E2 y $T_{2,2}$ en el condensador C2, poniéndose las cámaras C1 y E2 adyacentes a la misma temperatura. Por lo tanto: $T_{1,2} = T_{2,1}$. Para lograr esta
10 igualdad de temperatura, las regiones inferiores de las cámaras C1 y E2 están diseñadas como intercambiador de calor 14. Lo mismo se aplica a las cámaras C2 y E3, que también están comunicadas entre sí con un intercambiador de calor 14, para que la temperatura $T_{2,2}$ del condensador C2 y la temperatura $T_{3,1}$ del evaporador E3 mantengan siempre las mismas temperaturas.

15 Los aparatos de medición de temperatura y presión 26, 27 en cada espacio de vapor 6 sirven para supervisar el proceso. Además, una bomba de vacío V al final de cada recorrido de condensación permite aspirar gases no condensables en el sistema. Esto es importante para que el proceso se desarrolle de manera eficiente.

Según el estado de la técnica, las fases individuales están conectadas entre sí solo con intercambiadores de calor, de modo que no se puede producir un intercambio o flujo de líquidos o vapores entre las diferentes fases S. Las fases solo están conectadas entre sí a través de intercambiadores de calor. Las fases S individuales funcionan en diferentes
20 intervalos de temperatura en cada caso contiguos, pero cada una por su parte.

Ejemplo de realización preferido

La figura 2 muestra un ejemplo de realización de acuerdo con la invención. La ilustración muestra una instalación de destilación 1 de varias fases con S_i fases, siendo $i = 1, \dots, n$, ($n = 4$), en la que, durante el funcionamiento, cada fase S_i funciona en un intervalo de presión y temperatura P_i , T_i más alto que su siguiente fase S_{i+1} . En la figura 3 se indica
25 una instalación de acuerdo con la figura 2, en las que se indican ejemplos de valores de presión y temperatura de los contenedores y espacios de presión individuales, que se pueden ajustar de acuerdo con la invención.

Cada fase S_i comprende un evaporador E_i y un condensador C_i , comprendiendo cada evaporador E_i y cada condensador C_i un contenedor 2 resistente a la presión con una entrada de pulverización 3 superior para introducir y pulverizar líquido 4a añadido en el contenedor 2, así como con una salida 5 inferior, para descargar líquido 4b recogido
30 en el contenedor 2. Además, cada contenedor 2 comprende un espacio de vapor 6 entre la entrada de pulverización 3 y el líquido recogido 4b, estando el espacio de vapor 6 de cada evaporador E_i conectado en presión al espacio de vapor 6 del condensador C_i de la misma fase S_i a través de un conducto de vapor 7 resistente a la presión de una sección transversal tan grande que la presión P_i en los dos espacios de vapor 6 de una fase S_i siempre puede igualarse durante el funcionamiento. La salida 5 de cada evaporador E_i está conectada a la entrada de pulverización 3 del siguiente evaporador E_{i+1} y la salida 5 del último evaporador E_n está conectada a la entrada de pulverización 3 del primer evaporador E1, en cada caso con una tubería de líquido 8 resistente a la presión formando un circuito de evaporadores. De manera análoga, la salida 5 de cada condensador C_i está conectada a la entrada de pulverización 3 del condensador previo C_{i-1} y la salida 5 del primer condensador C1 está conectada a la entrada de pulverización 3 del último condensador C_n con una tubería de líquido 9 resistente a la presión formando un circuito de condensadores.
35 De acuerdo con la invención, la instalación de destilación comprende al menos una tubería de vapor 10 resistente a la presión, que está conectada, por un primer extremo, a una de las tuberías de líquido 9 resistentes a la presión entre los condensadores C_{i+1} y C_i [$i = 1$ a 3] o a la tubería de líquido 8 resistente a la presión entre los evaporadores E_n y E1, y, por un segundo extremo, a un espacio de vapor que, durante el funcionamiento, presenta una presión P más alta que la presión P_i en el espacio de vapor 6 del condensador C_i y respectivamente que la presión P_n en el espacio de vapor 6 del evaporador E_n , con el fin de aplicar al líquido 4 una presión más alta así como para transportar el líquido 4.
40
45

La disposición del contenedor 2 también se puede cambiar, en particular, de tal modo que los circuitos de los evaporadores y condensadores estén dispuestos al mismo nivel. A este respecto, por ejemplo, el condensador C_n y el evaporador E1 estarían al mismo nivel o similar, al igual que el condensador C1 y el evaporador E_n . Esto acorta la longitud de los espacios de vapor 6 de comunicación. Las figuras 2 y 3 indicadas se han representado así por motivos de claridad y han de entenderse como representaciones esquemáticas.
50

De acuerdo con la invención, en la instalación de destilación 1 aquí descrita, los evaporadores E y los condensadores C están separados espacialmente entre sí y conectados mediante conductos con una sección transversal de un tamaño tal que la diferencia de presión en las dos cámaras 2 sea inferior a 10 mbar. Es importante que esta igualación de presión esté siempre garantizada. Debido a esta separación espacial de las cámaras 2 se abren ahora posibilidades para conectar las cámaras del mismo tipo, a saber, evaporadores y condensadores en cada caso, entre sí y disponerlas espacialmente de tal modo que los líquidos 4 fluyan a la siguiente cámara 2 por la energía potencial de las cámaras 2 individuales, teniendo en cuenta las presiones de vapor respectivas en las diferentes fases S_i , sin la ayuda de bombas. Esto es posible, concretamente, entre los evaporadores E1 a E_n y entre los condensadores C1 y
55

Cn. Por lo tanto, solo se necesita todavía ayuda en las tuberías de líquido entre los condensadores Cn a C1 y entre los evaporadores E4 y E1.

Esta ayuda puede ser proporcionada por bombas o por presión de vapor. Cuando se alimenta a una tubería de líquido vapor a una presión más alta que la presión en la cámara de destino, el líquido en la tubería es transportado a la cámara de destino. Para ello, se puede extraer vapor de un espacio de vapor de la instalación de destilación 1. Sin embargo, si hay vapor disponible con condiciones adecuadas de presión y temperatura en otra fuente cercana, también es posible, naturalmente, utilizarlo. Además, se puede configurar una cámara de vapor 25 en la tubería de líquido antes del evaporador E1, en la que el líquido que fluye a través la misma se convierte parcialmente en vapor. Este vapor es el más caliente de toda la instalación de destilación 1 y también el que tiene la presión más alta. La presión en esta cámara de vapor 25 es incluso mayor que la presión en el evaporador E1. Desde esta cámara de vapor 25 puede transportarse y aplicarse presión al líquido 4, que debe ponerse a una presión un poco menor. Se muestran ejemplos en las figuras 2 y 3. Los espacios de vapor 6 de las fases S con presiones más bajas pueden transportar líquidos correspondientes, cuyos contenedores 2 de destino están a una presión más baja que los espacios de vapor 6, de los cuales obtienen las tuberías de vapor 10 su presión.

Preferentemente, la instalación de destilación 1 dispone de una bomba 11 respectiva en la tubería de líquido 8 del circuito de evaporadores y en la tubería de líquido 9 del circuito de condensadores, con el fin de alcanzar las presiones predeterminadas de los líquidos 4 al comienzo del proceso. Estas tienen que funcionar solo unos minutos, hasta que las condiciones de presión y temperatura en todos los contenedores 2 hayan sido ajustadas idealmente. El proceso se desarrolla de forma autónoma. Las bombas 11 están dispuestas preferentemente en las tuberías de conexión 8, 9 entre los contenedores C1 y Cn y respectivamente entre los contenedores En y E1.

Además, la instalación de destilación 1 dispone preferentemente de una unidad de calentamiento 12 en la tubería de líquido 8 del circuito de evaporadores antes del evaporador E1 y de una unidad de enfriamiento 13 en la tubería de líquido del circuito de condensadores antes del condensador Cn para alcanzar las temperaturas predeterminadas en el evaporador E1 y el condensador Cn. Esta unidad de calentamiento 12 y esta unidad de enfriamiento 13 están preferentemente configuradas al menos parcialmente juntas como intercambiador de calor 14. Sin embargo, dado que los intercambiadores de calor 14 no pueden alcanzar las temperaturas objetivo deseadas de los siguientes contenedores Cn y respectivamente E1, en las tuberías 8, 9 siguen siendo necesarias en cada caso una unidad de enfriamiento 13 independiente en la tubería de líquido del circuito de condensadores y una unidad de calentamiento 12 independiente en la tubería de líquido 8 del circuito de evaporadores.

Se ha demostrado que, para iniciar el proceso, es ventajoso que todavía haya suficiente líquido 4 en las secciones individuales de las tuberías de líquido 8, 9. Para garantizar esto, en las tuberías de líquido 9, 8 entre los condensadores Cn a C1 y/o entre los evaporadores E1 a En puedan estar dispuestos unos sifones 15, para evitar el funcionamiento en vacío de condensadores Ci y/o evaporadores Ei individuales en caso de parada del sistema.

En una disposición preferida adicional, los sifones 15 en las tuberías de líquido 8 entre los evaporadores E1 y En disponen de un desagüe central. Se ha demostrado que allí se acumulan cada vez más residuos, que se pueden eliminar así fácilmente en alta concentración del circuito.

Para que el procedimiento se desarrolle de manera óptima y se evapore la mayor cantidad del líquido introducido, de vez en cuando deben eliminarse de los espacios de vapor 6 los gases no condensables que se acumulan al final del recorrido de condensación. Para ello, cada condensador Ci dispone al final del recorrido de destilación de una tubería de gas 17 conectada a una bomba de vacío 16. Si es necesario, la bomba de vacío 16 se pone en funcionamiento, lo que solo es necesario brevemente, por lo general, menos del 5 % del tiempo de funcionamiento.

Se ha encontrado que la bomba de vacío 16 también puede funcionar con vapor. Para alimentarla durante el funcionamiento, esta debe estar conectada a una tubería de vapor 10 resistente a la presión. La bomba de vacío 16 se alimenta así con vapor, que presenta una presión P más alta que los espacios de vapor 6 en los que han de aspirarse los gases.

Esto hace que, durante el funcionamiento, no se necesite electricidad en absoluto, una vez iniciado el proceso y tras haber alcanzado un estado estable.

Los contenedores 2 individuales, además, están preferentemente alineados de manera que estén nivelados entre sí de tal manera que la energía potencial del líquido se pueda aprovechar de manera óptima. De acuerdo con la invención, cada evaporador Ei+1 está dispuesto a un nivel tan bajo como el evaporador Ei previo, porque, durante la ejecución del proceso, el líquido 4 fluye de cada evaporador Ei al siguiente evaporador Ei+1 en cada caso únicamente por las diferencias de presión y nivel, sin la necesidad de una bomba accionada eléctricamente. Dado que cada fase siguiente Si+1 funciona a una presión más baja que su fase previa S1, la fase siguiente Si+1 puede disponerse, por lo tanto, más alta, de modo que el líquido fluya hacia arriba debido a su mayor presión.

En consecuencia, cada condensador Ci+1 está dispuesto a un nivel tal, en comparación con su siguiente condensador Ci, que, durante la ejecución del proceso, el líquido del condensador Ci+1 fluye, por las diferencias de presión y de nivel y/o por la fuerza de transporte de una tubería de vapor, al siguiente condensador Ci en cada caso, sin la necesidad de una bomba accionada eléctricamente. Dado que la dirección de flujo en el circuito de condensadores está orientada

5 en contra de la dirección de flujo en el evaporador, el líquido fluye desde los contenedores 2 a presiones más bajas hasta contenedores 2 a presiones más altas. Es posible favorecer esto, en parte, disponiendo los condensadores de las fases superiores más altos que los condensadores de las fases inferiores. Para ello, el líquido es suministrado adicionalmente por la entrada de admisión de las tuberías de vapor 10 con vapor a una presión más alta. De este modo puede evitarse la necesidad de utilizar bombas que consuman electricidad.

Además, los condensadores C1 y Cn están dispuestos a un nivel tal que, durante la ejecución del proceso, el líquido 4 del condensador C1 fluye del condensador C1 al condensador Cn por las diferencias de presión y nivel a través de la tubería de líquido 9 del circuito de condensadores, sin la necesidad de una bomba accionada eléctricamente. Dado que la presión en C1 es mucho mayor que en Cn, puede salvarse una gran altura, sin la necesidad de una bomba.

10 Los evaporadores En y E1 también están preferentemente nivelados de tal manera que, durante la ejecución del proceso, el líquido 4 del evaporador En fluye del evaporador En al evaporador E1 por las diferencias de presión y nivel y por la fuerza de transporte de una o más tuberías de vapor 10 a través de la tubería de líquido 8 del circuito de evaporadores, sin la necesidad de una bomba accionada eléctricamente. En esta sección de la tubería de líquido 8 se debe salvar la altura y aplicar presión. Esto se logra preferentemente de forma gradual, introduciendo una pluralidad de tuberías de vapor 10 procedentes de diferentes fases S en la tubería de líquido 8. Las diversas tuberías de vapor 15 también pueden insertarse todas en el mismo punto en la tubería de líquido 8, pero funcionando secuencialmente, de modo que esté en funcionamiento siempre la tubería de vapor 10 más adecuada en cada caso.

Las tuberías de vapor 10 también pueden guiarse opcionalmente dentro de la tubería de líquido 8, 9.

20 La instalación de destilación 1 de acuerdo con la invención comprende una entrada de admisión 18 al circuito de evaporadores, para el suministro de líquido 4 que se va a destilar, así como una salida 19 del circuito de evaporadores para descargar líquido 4 con alta concentración de residuos, así como una salida de destilado 20 del circuito de condensadores para descargar el destilado 21 generado por la instalación. Se muestran en la figura 2.

Además, cada tubería de vapor 10 y/o cada tubería de gas 17 comprende una válvula 22 para regular el caudal. Estas válvulas 17 son preferentemente controlables y están conectadas a un equipo de control.

25 Al menos los contenedores 2 del primer condensador C1 y del último evaporador E4 comprenden cada uno un sensor de nivel 23 para determinar el nivel del líquido 4b recogido en los contenedores 2. Los otros contenedores 2 también pueden presentar tales sensores de nivel 23. Sin embargo, para la regulación del proceso son necesarios en particular los dos sensores de nivel 23 mencionados. Además, la instalación de destilación 1 preferida dispone, en el circuito de evaporación, preferentemente en la región del último evaporador En, de un sensor 24 para medir la concentración de los residuos. Los sensores 23, 24 también son preferentemente controlables y están conectados a un equipo de control, que no se muestra.

30 A continuación se describe el procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un proceso de destilación utilizando una instalación de destilación 1 de acuerdo con la invención, que comprende una entrada de admisión 18 al circuito de evaporadores, para el suministro de líquido 4 que se va a destilar, así como una salida 19 del circuito de evaporadores, para la descarga de líquido 4 con alta concentración de residuos, así como una salida de destilado 20 del circuito de condensadores, para descargar el destilado 21 generado por la instalación de destilación. De acuerdo con la invención, en este procedimiento se llevan a cabo las siguientes etapas de procedimiento:

35 supervisar el nivel de líquido en el circuito de evaporadores y en el circuito de condensadores; supervisar la concentración de los residuos en el circuito de evaporadores; descargar líquido con alta concentración de residuos por la salida 19, tan pronto como el nivel de líquido en el circuito de evaporadores haya alcanzado un nivel máximo predeterminado y/o la concentración de los residuos en el circuito de evaporadores haya alcanzado un valor máximo predeterminado; descargar destilado del circuito de condensadores por la salida de destilado 20, tan pronto como el nivel de líquido en el circuito de condensadores haya alcanzado un nivel máximo predeterminado; introducir líquido 4 40 en el circuito de condensadores por la entrada de admisión 18, tan pronto como el nivel de líquido en el circuito de evaporadores haya alcanzado un nivel mínimo predeterminado y/o la concentración de los residuos en el circuito de evaporadores haya alcanzado un valor máximo predeterminado; Las etapas mencionadas anteriormente se repiten hasta que deba detenerse el proceso.

50 Resulta destacable en el procedimiento mencionado el hecho de que la presión y las temperaturas en las cámaras individuales se regulen por sí mismas, tan pronto como se cumplan las condiciones marginales. Solo se regula la introducción y la descarga de líquido y de destilado, respectivamente. Al comienzo del proceso también se debe tener cuidado de que los líquidos que fluyen hacia el evaporador E1 y hacia el condensador Cn, cumplan las condiciones de presión y temperatura predeterminadas. Esto se logra mediante la unidad de calentamiento 12 y la unidad de enfriamiento 13.

55 Para mejorar el proceso, los gases no condensables han de eliminarse del circuito de condensadores. Para ello, cada condensador Ci presenta al final del recorrido de destilación una tubería de gas 17 conectada a una bomba de vacío 16. El procedimiento se complementa con las siguientes etapas de procedimiento: determinar las diferencias de temperatura dTi en los espacios de vapor 6 de los contenedores 2 del evaporador Ei y del condensador Ci de la misma

fase Si; eliminar gases no condensables en el espacio de vapor 6 del condensador Ci a través de la tubería de gas 17 con ayuda de la bomba de vacío 16, tan pronto como la diferencia de temperatura dTi haya alcanzado un valor máximo predeterminado, hasta que dTi haya alcanzado un valor mínimo predeterminado; repetir estas etapas hasta que deba detenerse el proceso.

- 5 Un control de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un procedimiento de acuerdo con la invención comprende conexiones para sensores para leer datos de medición, un procesador para evaluar los datos de medición así como conexiones para modificar los ajustes de válvulas 22 y bombas 11, 16.

Las válvulas 22 están por regla general abiertas. Sin embargo, al comienzo del proceso, puede ser que algunas válvulas 22 estén cerradas o estranguladas.

10 **Lista de símbolos de referencia**

| | |
|----|---|
| 1 | instalación de destilación |
| 2 | contenedor |
| 3 | entrada de pulverización |
| 4 | líquido; 4a líquido pulverizado; 4b líquido recogido |
| 5 | salida |
| 6 | espacio de vapor |
| 7 | conducto de vapor |
| 8 | tubería de líquido que forma un circuito de evaporación |
| 9 | tubería de líquido que forma un circuito de condensadores |
| 10 | tubería de vapor |
| 11 | bomba |
| 12 | unidad de calentamiento |
| 13 | unidad de enfriamiento |
| 14 | intercambiador de calor |
| 15 | sifones |
| 16 | bomba de vacío |
| 17 | tubería de gas |
| 18 | entrada de admisión |
| 19 | salida de líquido con alta concentración de residuos |
| 20 | salida de destilado |
| 21 | destilado |
| 22 | válvula |
| 23 | sensor de nivel |
| 24 | sensor para medir la concentración de residuos |
| 25 | cámara de vapor |
| 26 | sensor de temperatura |
| 27 | sensor de presión |
| E | evaporador, E1,... En |
| C | condensador, C1,... Cn |
| S: | fase, S1,... Sn |

REIVINDICACIONES

1. Instalación de destilación de varias fases (1) con S_i fases, siendo $i = 1, \dots, n$, en la que, durante el funcionamiento, cada fase S_i funciona en un intervalo de presión y temperatura (P_i, T_i) más alto que su siguiente fase S_{i+1} , comprendiendo cada fase S_i un evaporador E_i y un condensador C_i , comprendiendo cada evaporador E_i y cada condensador C_i un contenedor resistente a la presión (2) con una entrada de pulverización superior (3) para introducir y pulverizar líquido añadido (4a) en el contenedor (2), así como con una salida inferior (5), para descargar líquido recogido (4b) en el contenedor (2), así como con un espacio de vapor (6) entre la entrada de pulverización (3) y el líquido recogido (4b), estando el espacio de vapor (6) de cada evaporador E_i conectado en presión al espacio de vapor (6) del condensador C_i de la misma fase S_i a través de un conducto de vapor resistente a la presión (7) de una sección transversal tan grande que la presión P_i en los dos espacios de vapor (6) de una fase S_i siempre puede igualarse durante el funcionamiento, y estando la salida (5) de cada evaporador E_i conectada a la entrada de pulverización (3) del siguiente evaporador E_{i+1} y estando la salida (5) del último evaporador E_n conectada a la entrada de pulverización (3) del primer evaporador E_1 , en cada caso con una tubería de líquido resistente a la presión (8) formando un circuito de evaporadores, y estando la salida (5) de cada condensador C_i conectada a la entrada de pulverización (3) del condensador previo C_{i-1} y estando la salida (5) del primer condensador C_1 conectada a la entrada de pulverización (3) del último condensador C_n con una tubería de líquido resistente a la presión (9) formando un circuito de condensadores, **caracterizada porque** al menos una tubería de vapor resistente a la presión (10) está conectada, por un primer extremo, a una de las tuberías de líquido resistentes a la presión (9) entre los condensadores C_{i+1} y C_i o a la tubería de líquido resistente a la presión (8) entre los evaporadores E_n y E_1 y, por un segundo extremo, a un espacio de vapor que, durante el funcionamiento, presenta una presión P más alta que la presión P_i en el espacio de vapor (6) del condensador C_i y respectivamente que la presión P_n en el espacio de vapor (6) del evaporador E_n , con el fin de aplicar al líquido (4) una presión más alta así como para transportar el líquido (4).
2. Instalación de destilación según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el espacio de vapor con la presión P es un espacio de vapor (6) de la instalación de destilación.
3. Instalación de destilación según las reivindicaciones 1 o 2. **caracterizada por** una bomba (11) en la tubería de líquido (8) del circuito de evaporadores y una en la tubería de líquido (9) del circuito de condensadores, con el fin de alcanzar las presiones predeterminadas de los líquidos 4 al comienzo del proceso.
4. Instalación de destilación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por** una unidad de calentamiento (12) en la tubería de líquido (8) del circuito de evaporadores antes del evaporador E_1 y una unidad de enfriamiento (13) en la tubería de líquido del circuito de condensadores antes del condensador C_n con el fin de alcanzar las temperaturas predeterminadas en el evaporador E_1 y el condensador C_n .
5. Instalación de destilación según la reivindicación 4, **caracterizada porque** la unidad de calentamiento (12) y la unidad de enfriamiento (13) están configuradas en parte juntas como intercambiador de calor (14).
6. Instalación de destilación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** en las tuberías de líquido (9, 8), entre los condensadores C_n a C_1 y/o entre los evaporadores E_1 a E_n , están dispuestos unos sifones (15) para evitar el funcionamiento en vacío de condensadores C_i y/o evaporadores E_i individuales en caso de parada del sistema.
7. Instalación de destilación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** cada condensador C_i presenta al final del recorrido de destilación una tubería de gas (17) conectada a una bomba de vacío (16) para eliminar gases no condensables de los espacios de vapor (6).
8. Instalación de destilación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** cada evaporador E_{i+1} está dispuesto a un nivel tan bajo como el evaporador E_i previo, porque, durante la ejecución del proceso, el líquido (4) fluye de cada evaporador E_i al siguiente evaporador E_{i+1} correspondiente únicamente por las diferencias de presión y nivel, sin la necesidad de una bomba accionada eléctricamente.
9. Instalación de destilación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** cada condensador C_{i+1} está dispuesto a un nivel tal, en comparación con su siguiente condensador C_i , que, durante la ejecución del proceso, el líquido del condensador C_{i+1} fluye, por las diferencias de presión y de nivel y/o por la fuerza de transporte de una tubería de vapor, al siguiente condensador C_i correspondiente, sin la necesidad de una bomba accionada eléctricamente.
10. Instalación de destilación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los condensadores C_1 y C_n están dispuestos a un nivel tal que, durante la ejecución del proceso, el líquido (4) fluye del condensador C_1 al condensador C_n por las diferencias de presión y nivel a través de la tubería de líquido (9) del circuito de condensadores, sin la necesidad de una bomba accionada eléctricamente.
11. Instalación de destilación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los evaporadores E_n y E_1 están dispuestos nivelados de tal manera que, durante la ejecución del proceso, el líquido (4) fluye del evaporador E_n al evaporador E_1 por las diferencias de presión y nivel y por la fuerza de transporte de una o más tuberías de vapor (10) a través de la tubería de líquido (8) del circuito de evaporadores, sin la necesidad de una bomba

accionada eléctricamente.

12. Instalación de destilación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** al menos los contenedores (2) del primer condensador C1 y del último evaporador En comprenden cada uno un sensor de nivel (23) para determinar el nivel del líquido recogido (4b) en los contenedores (2).
- 5 13. Instalación de destilación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** en el circuito de evaporación, preferentemente en la región del último evaporador En, está dispuesto un sensor (24) para medir la concentración de los residuos.
- 10 14. Procedimiento para el funcionamiento de un proceso de destilación usando una instalación de destilación (1) según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende una entrada de admisión (18) al circuito de evaporadores, para el suministro de líquido (4) que se va a destilar, así como una salida (19) del circuito de evaporadores para descargar líquido con alta concentración de residuos, así como una salida de destilado (20) del circuito de condensadores para descargar el destilado (21) generado por la instalación, **caracterizado por** las siguientes etapas de procedimiento
- 15 a. supervisar el nivel de líquido en el circuito de evaporadores y en el circuito de condensadores;
 b. supervisar la concentración de los residuos en el circuito de evaporadores;
 c. descargar líquido con alta concentración de residuos por la salida (19), tan pronto como el nivel de líquido en el circuito de evaporadores haya alcanzado un nivel máximo predeterminado y/o la concentración de los residuos en el circuito de evaporadores haya alcanzado un valor máximo predeterminado;
 d. descargar destilado del circuito de condensadores por la salida de destilado (20), tan pronto como el nivel de líquido en el circuito de condensadores haya alcanzado un nivel máximo predeterminado;
- 20 e. introducir líquido (4) en el circuito de condensadores por la entrada de admisión (18), tan pronto como el nivel de líquido en el circuito de evaporadores haya alcanzado un nivel mínimo predeterminado y/o la concentración de los residuos en el circuito de evaporadores haya alcanzado un valor máximo predeterminado;
 f. repetir las etapas a. a e., hasta que deba detenerse el proceso.
- 25 15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que cada condensador Ci presenta al final del recorrido de destilación una tubería de gas (17) conectada a una bomba de vacío (16), **caracterizado por** las etapas de procedimiento
- 30 a. determinar las diferencias de temperatura dT_i en los espacios de vapor (6) de los contenedores (2) del evaporador Ei y del condensador Ci de la misma fase Si;
 b. eliminar gases no condensables en el espacio de vapor (6) del condensador Ci a través de la tubería de gas (17) con ayuda de la bomba de vacío (16), tan pronto como la diferencia de temperatura dT_i haya alcanzado un valor máximo predeterminado, hasta que dT_i haya alcanzado un valor mínimo predeterminado;
 c. repetir las etapas a. y b., hasta que deba detenerse el proceso.

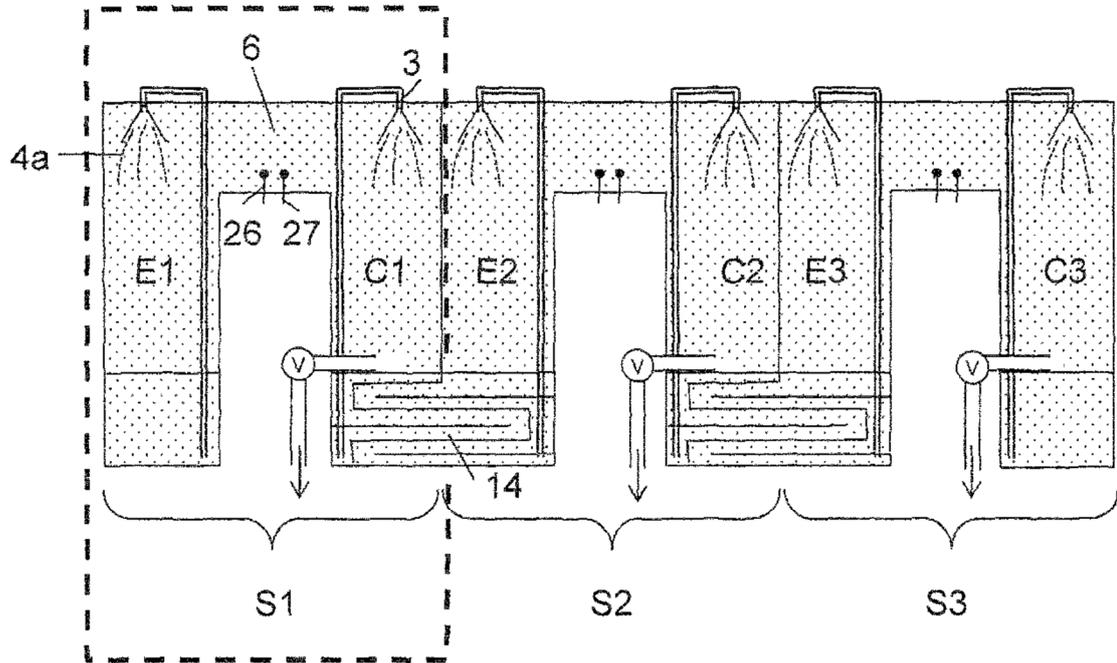


Fig. 1

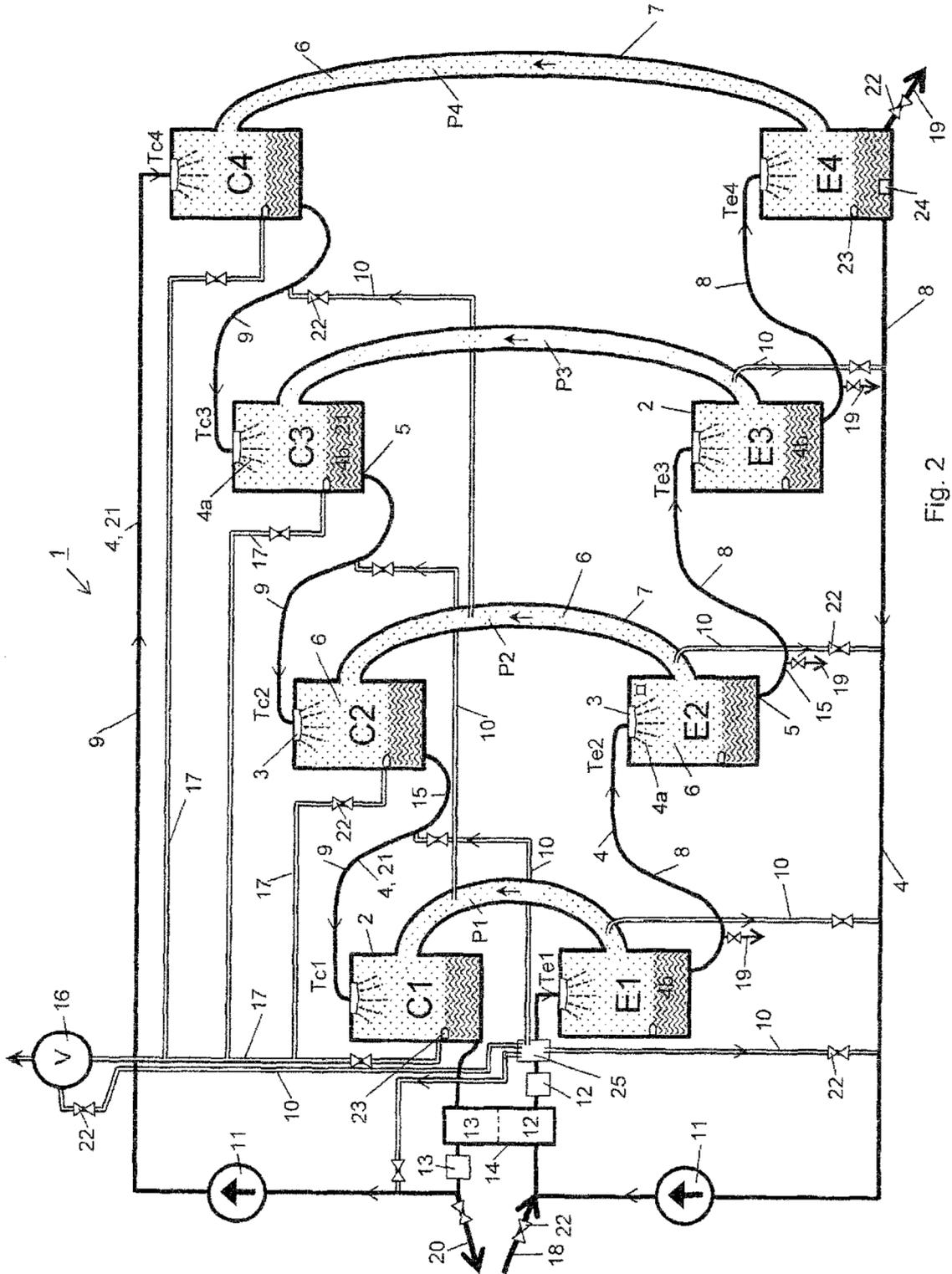


Fig. 2

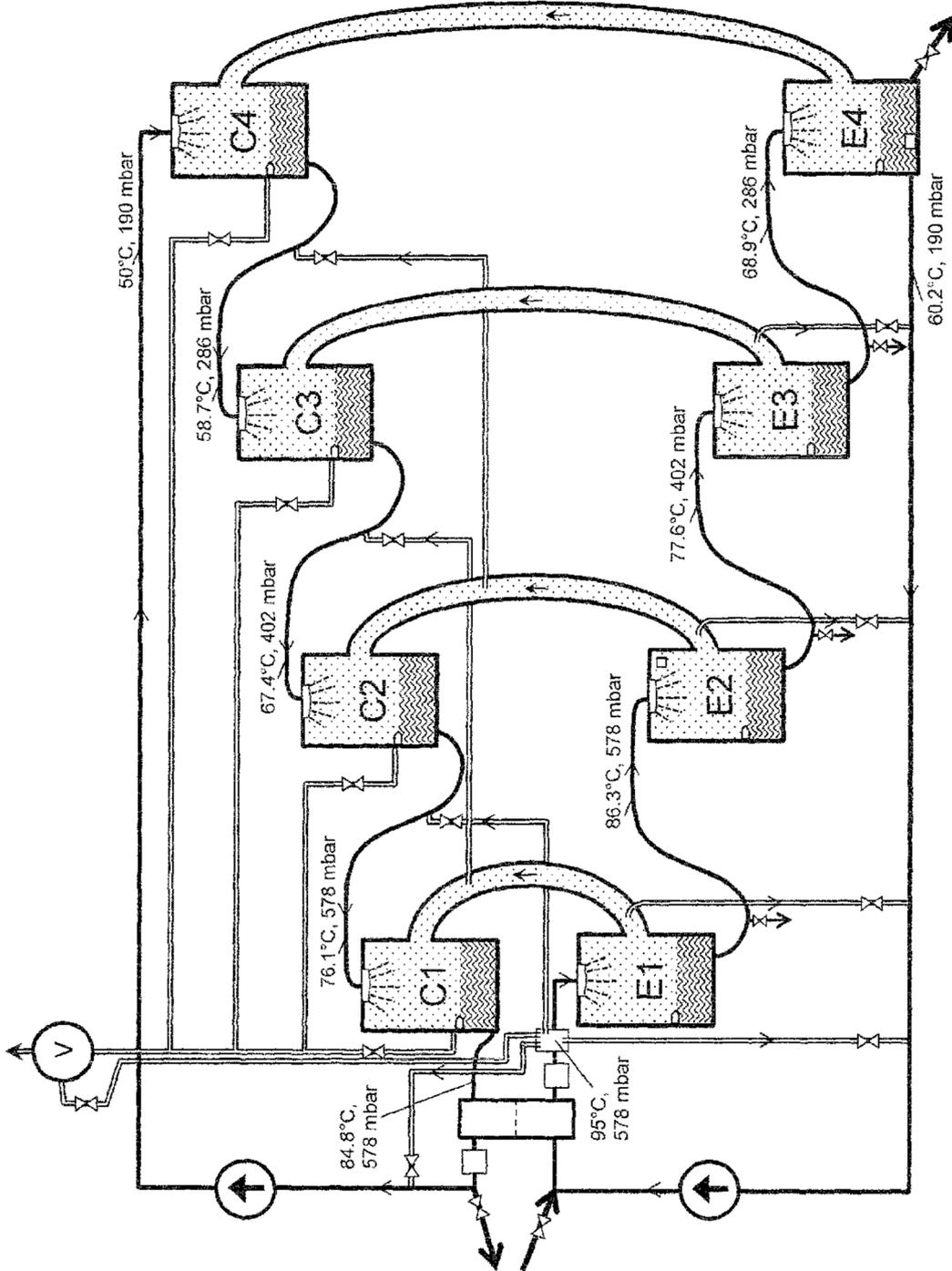


Fig. 3