

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 166**

51 Int. Cl.:

B01D 61/36 (2006.01)

B01D 65/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.07.2015 PCT/EP2015/067374**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.02.2016 WO16016301**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2015 E 15744904 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2017 EP 3174622**

54 Título: **Procedimiento para la regeneración de una pared de membrana en un dispositivo de destilación**

30 Prioridad:
29.07.2014 DE 102014110746

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.02.2018

73 Titular/es:
**MAJOR BRAVO LIMITED (100.0%)
OMC Chambers, Wickhams Cay 1
Road Town, Tortola, VG**

72 Inventor/es:
**WENZEL, MARKUS;
BÜTTNER, SEBASTIAN;
WEISZ, DOMINIK y
HEINZL, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:
UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 655 166 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).

DESCRIPCION

Procedimiento para la regeneración de una pared de membrana en un dispositivo de destilación

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la regeneración de una pared de membrana en un dispositivo de destilación.

Una membrana es una estructura fina, que es permeable para algunas sustancias o fases e impermeable para otras sustancias o fases. Una membrana se puede emplear para la separación de sustancia. Durante una destilación con
 10 membrana se utiliza una estructura fina, microporosa e hidrófoba como pared de membrana, que es permeable para gases, pero impermeable para líquidos, en particular agua. La estructura fina microporosa e hidrófoba puede estar aplicada sobre una capa de protección para mejorar la resistencia mecánica de la pared de membrana. Durante la destilación con membrana, un líquido circula a lo largo de la pared de la membrana, de manera que los componentes de bajo punto de ebullición del líquido se evaporan a través de la pared de membrana en virtud de una
 15 diferencia de la presión parcial. La pared de la membrana sirve para la separación de fases y posibilita generar una superficie límite de fases muy grande para la evaporación. Las sustancias evaporadas se condensan después de atravesar la pared de la membrana sobre el otro lado y se pueden obtener líquidas y se pueden extraer de proceso.

20 Dentro de los poros de la membrana se encuentra idealmente gas durante la destilación con membrana. No obstante, puede suceder que la pared de la membrana se humedezca y llegue líquido a los poros de la pared de la membrana. En este caso, no existe ya la retención de líquido a través de la pared de la membrana y puede pasar líquido a través de la pared de la membrana.

25 Una humidificación de la pared de la membrana puede tener lugar a través de cristalización de sales en la superficie de la pared de la membrana, a través de deposición o a través de sustancias activas en la superficie, que entran en contacto directo con la pared de la membrana.

30 Una pared de la membrana humedecida por líquido se puede sustituir individualmente o junto con todo el dispositivo de destilación. Sin embargo, esto va unido con gasto considerable y representa, además, una solución antieconómica.

35 El documento CN 102 101 019 A publica un procedimiento para la regeneración de una pared de la membrana en un dispositivo de destilación de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 de la patente. El calor es alimentado al dispositivo de destilación, siendo alimentado aire caliente al canal de circulación, lo que no se realiza, sin embargo, a través de una pared impermeable al vapor y al líquido. Este procedimiento para la regeneración de una pared de la membrana en un dispositivo de destilación no se puede emplear de manera favorable y no se puede realizar de forma fiable.

40 El documento WO 2013/037088 A1 publica un procedimiento para la regeneración de una pared de la membrana en un dispositivo de destilación, en el que los poros de la membrana, que están parcial o totalmente bloqueados por un líquido, son lavados a través de una circulación de gas incidente y por medio de una diferencia de la presión (es decir, que en el lado del vapor se encuentra una presión negativa).

45 El documento JP H05 192543 A publica un procedimiento para la regeneración de una pared de la membrana en un dispositivo de destilación, en el que se lava en primer lugar por medio de una solución de peróxido de hidrógeno, para eliminar las contaminaciones orgánicas en los poros. Entonces se impulsa la membrana por medio de un ventilador con gas y de esta manera se seca.

50 Un cometido de la presente invención es crear un procedimiento mejorado para la regeneración de una pared de la membrana en un dispositivo de destilación, que se puede realizar de una manera económica y fiable y en el que la pared de la membrana humedecida con líquido puede permanecer durante su regeneración en el dispositivo de destilación.

55 Este cometido se soluciona por medio de un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Otras configuraciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

60 Un procedimiento de acuerdo con la invención sirve para la regeneración de una pared de la membrana en un dispositivo de destilación. De acuerdo con la invención, a tal fin se prepara un dispositivo de destilación con una o varias fases de evaporación y de condensación. Cada fase de evaporación y de condensación presenta al menos un canal de circulación que conduce un líquido, que está delimitado al menos parcialmente por una pared de la membrana permeable a vapor y estanca al líquido. A través de la pared de la membrana pasa vapor que se produce a partir del líquido.

En una primera etapa se retira el líquido fuera del al menos un canal de circulación, de manera que la pared de la

- membrana humedecida está rodeada después de la retirada del líquido fuera del al menos un canal de circulación por ambos lados por una atmósfera de gas. El líquido que humedece la pared de la membrana es retirado a continuación, ajustando la atmósfera de gas que rodea la pared de la membrana de tal manera que la presión parcial del líquido en la atmósfera de gas es menor que la presión del vapor, en particular la presión del vapor de saturación, del líquido que humedece la pared de la membrana. Además, se genera una presión negativa en el dispositivo de destilación y se alimenta calor al dispositivo de destilación, para ajustar la atmósfera de gas que rodea la pared de la membrana, de tal manera que la presión parcial del líquido en la atmósfera de gas es menor que la presión del vapor del líquido que humedece la pared de la membrana.
- De acuerdo con la invención, el al menos un canal de circulación está delimitado por una pared impermeable al vapor y al líquido, que está opuesta a la pared de la membrana, de manera que se alimenta calor a través de la pared impermeable al vapor y al líquido.
- Para la retirada del líquido fuera del al menos un canal de circulación, se puede dejar salir el líquido fuera del al menos un canal de circulación o se puede evaporar de manera alternativa.
- La pared de la membrana no se desmonta con preferencia fuera del dispositivo de destilación, sino que se deja en el dispositivo de destilación durante la retirada del líquido que la humedece. Por consiguiente, la pared de la membrana se puede regenerar más rápidamente con menos gasto y, además, más rápidamente que en el caso de procedimientos de regeneración convencionales.
- Durante la regeneración se retira líquido desde la pared de la membrana y se restablece la retención de líquido de la pared de la membrana, es decir, que se restablece la hidrofobia de la pared de la membrana y se retiran todas las sustancias que provocan humidificación.
- Para ajustar la atmósfera de gas que rodea la pared de la membrana de tal manera que la presión parcial del líquido en la atmósfera de gas es más baja que la presión del vapor del líquido que humedece la pared de la membrana, se genera una presión negativa en el dispositivo de destilación y se alimenta, además, calor al dispositivo de destilación. Esto conduce a una evaporación del líquido que humedece la pared de la membrana, cuando la presión parcial del líquido es suficientemente baja en la atmósfera de gas. La presión negativa en el dispositivo de destilación se puede generar, por ejemplo, con la ayuda de una bomba de vacío.
- La energía térmica es alimentada al menos a un canal de circulación a través de una pared impermeable al vapor y al líquido, pero conductora de calor, que delimita el al menos un canal de circulación y está opuesta a la pared de la membrana.
- Otra con figuración prevé que una corriente de aire sea conducida a lo largo de la pared de la membrana y/o a través de la pared de la membrana, para ajustar la atmósfera de gas que rodea la pared de la membrana, de tal manera que la presión parcial del líquido en la atmósfera de gas es más baja que la presión del vapor del líquido que humedece la pared de la membrana.
- Antes de que la corriente de aire sea conducida a lo largo de la pared de la membrana y/o a través de la pared de la membrana, ésta se puede calentar todavía para acelerar la evaporación del líquido que humedece la membrana.
- En particular, la corriente de aire se puede generar con la ayuda de un ventilador y/o de una bomba de vacío.
- Antes de que el líquido sea retirado fuera del dispositivo de destilación, es ventajoso lavar el al menos un canal de circulación con un líquido de lavar, para retirar del dispositivo de destilación especialmente aquellas sustancias, que han conducido a una humidificación de la pared de la membrana y pueden conducir a una nueva humidificación.
- De acuerdo con una forma de realización, el al menos un canal de circulación está separado por la pared de la membrana de un espacio de vapor de la fase de evaporación y de condensación respectiva. Además, el espacio de vapor está delimitado por una pared de condensación, en la que se condensa el vapor que resulta a partir del líquido y que pasa a través de la pared de la membrana. Durante la operación de destilación normal del dispositivo de destilación, un líquido circula a través del al menos un canal de circulación, que debe concentrarse. Una parte de este líquido se evapora a través de la pared de la membrana y se condensa en la pared de condensación.
- En el espacio de vapor se puede conectar la bomba de vacío para la generación de la presión negativa en el dispositivo de destilación. En particular, pueden bloquearse uno o varios conductos de alimentación hacia el al menos un canal de circulación, a través de los cuales circula el líquido a concentrar, por ejemplo, en la operación de destilación normal. Esto posibilita reducir suficientemente la presión que rodea la pared de la membrana, para con seguir una evaporación del líquido que humedece la pared de la membrana.
- El dispositivo de destilación puede estar configurado de varias fases y comprender varias fases de evaporación y de

condensación dispuestas unas detrás de las otras. Una fase de evaporación y de condensación siguiente respectiva está inmediatamente adyacente, en este caso con su al menos un canal de circulación que conduce el líquido, a la pared de condensación de la fase de evaporación y de condensación precedente. Esta pared de condensación separa de esta manera el espacio de vapor de la fase de evaporación y de condensación precedente del al menos un canal de circulación que conduce el líquido de la fase de evaporación y de condensación siguiente y posibilita transmitir la energía que se libera durante la condensación del vapor sobre el líquido que circula a través del al menos un canal de circulación.

De acuerdo con una forma de realización, las paredes de la membrana de la pluralidad de fases de evaporación y de condensación sucesivas son regeneradas sucesivamente, retirando, en particular dejando salir, en primer lugar el líquido que se encuentra en el al menos un canal de circulación de una de las fases de evaporación y de condensación, mientras que los canales de circulación de las fases de evaporación y de condensación precedentes permanecen llenos con líquido. A continuación se genera una presión negativa en la fase de evaporación y de condensación, cuyo al menos un canal de circulación ha sido vaciado para regenerar la pared de la membrana de esta fase de evaporación y de condensación. Al término de la regeneración de la pared de la membrana de esta fase de evaporación y de condensación se retira, en particular se deja salir, el líquido que se encuentra en el al menos un canal de circulación de la fase de evaporación y de condensación precedente, mientras que los canales de circulación de las fases de evaporación y de condensación restantes permanecen llenos con líquido. A continuación se genera una presión negativa en la fase de evaporación y de condensación precedente, para regenerar la pared de la membrana de la fase de evaporación y de condensación precedente.

El procedimiento descrito anteriormente para la regeneración sucesiva de las pares de la membrana de las fases de evaporación y de condensación puede proseguir hasta que la pared de la membrana de la primera fase de evaporación y de condensación ha sido regenerada.

En la pared de la membrana, que es regenerada en primer lugar, se puede tratar de manera más ventajosa de la pared de la membrana de aquella fase de evaporación y de condensación, que está dispuesta la última en la serie de las fases de evaporación y de condensación.

Además, para la aceleración de la regeneración de las paredes de la membrana se puede alimentar energía térmica al menos a un canal de la primera fase de evaporación y de condensación.

De acuerdo con otra forma de realización, se regeneran al mismo tiempo las paredes de la membrana de la pluralidad de fases de evaporación y de condensación dispuestas de forma sucesiva, retirando, en particular dejando salir el líquido que se encuentra en los canales de circulación de las fases de evaporación y de condensación y a continuación se introduce una corriente de aire paralela en los canales de circulación de las fases de evaporación y de condensación, que conduce a una evaporación del líquido que humedece las paredes de la membrana.

Como ya se ha descrito anteriormente, el al menos un canal de circulación puede estar separado por la pared de la membrana del espacio de vapor de la fase de evaporación y de condensación respectiva. Además, el espacio de vapor puede estar delimitado por una pared de condensación. Como una alternativa a ello, el espacio de vapor puede estar delimitado también por una pared de la membrana, que separa el espacio de vapor de otro canal de circulación, a través del cual circula una solución de arrastre. La solución de arrastre presenta una presión del vapor más baja que el líquido, con lo que se provoca que se extraiga humedad del espacio de vapor a través de la otra pared de la membrana y se seca la pared de la membrana.

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de ejemplos de realización con referencia a los dibujos. En éstos:

La figura 1 muestra una representación esquemática de una forma de realización ejemplar de un dispositivo de destilación con un canal de circulación que conduce un líquido y con un espacio de vapor separado del canal de circulación por una pared de la membrana, de manera que la pared de la membrana es regenerada con la ayuda de una presión negativa generada en el dispositivo de destilación.

La figura 2 muestra una representación esquemática de una forma de realización ejemplar de un dispositivo de destilación con varias fases de evaporación y de condensación dispuestas unas detrás de las otras, de manera que las paredes de la membrana de las fases de evaporación y de condensación son regeneradas sucesivamente con la ayuda de una presión negativa generada en el dispositivo de destilación.

La figura 3 muestra una representación esquemática de una forma de realización ejemplar de un dispositivo de destilación con varios canales de circulación paralelos, de manera que las paredes de la membrana son regeneradas con la ayuda de una presión negativa generada en el dispositivo de destilación.

La figura 4 muestra una representación esquemática de una forma de realización que no pertenece a la invención de un dispositivo de destilación, que sirve para una mejor comprensión de la presente invención, en el que la pared de la membrana es regenerada con la ayuda de una corriente de aire generada por un ventilador.

5 La figura 5 muestra una representación esquemática de una forma de realización que no pertenece a la invención de un dispositivo de destilación, que sirve para una mejor comprensión de la presente invención, en el que la pared de la membrana es regenerada con la ayuda de una corriente de aire generada por medio de una bomba de vacío.

10 La figura 6 muestra una representación esquemática de una forma de realización que no pertenece a la invención de un dispositivo de destilación, que sirve para una mejor comprensión de la presente invención, en el que el dispositivo de destilación presenta varias fases de evaporación y de condensación, en el que las paredes de la membrana de las fases de evaporación y de condensación son regeneradas con la ayuda de una corriente de aire introducida paralela en los canales de circulación de las fases de evaporación y de circulación; y

15 La figura 7 muestra una representación esquemática de una forma de realización que no pertenece a la invención de un dispositivo de destilación, que sirve para una mejor comprensión de la presente invención, en el que el dispositivo de destilación presenta un espacio de vapor, que está separado por otra pared de la membrana de otro canal de circulación, en el que el otro canal de circulación es recorrido por una corriente de arrastre.

20 La figura 1 muestra en una vista lateral esquemática una forma de realización ejemplar de un dispositivo de destilación 10 con una fase de evaporación y de condensación, con cuya ayuda se explica a continuación una forma de realización ejemplar de un procedimiento para la regeneración de una pared de la membrana en un dispositivo de destilación. Un vector g indica en la figura 1 así como en todas las otras figuras la dirección de la fuerza de la gravedad.

25 El dispositivo de destilación 10 está constituido por un canal de circulación 11 y por un espacio de vapor 13 separado del canal de circulación 11 por medio de una pared de la membrana 12 microporosa, permeable al vapor, pero impermeable al líquido. Sobre el lado opuesto a la pared de la membrana 12, el espacio de vapor 13 está delimitado por una pared de condensación 14 impermeable al vapor y al líquido. Durante la operación de destilación se alimenta al canal de circulación 11 un líquido a concentrar a través de un conducto de alimentación 15. A continuación, el líquido a concentrar atraviesa el canal de circulación 11 a lo largo de la dirección identificada en la figura 1 por medio de una flecha y se descarga a través de un conducto de salida 16.

35 En la destilación de membrana empleando energía térmica, se evapora una parte del líquido a concentrar y se condensa de nuevo. Durante la evaporación parcial del líquido a concentrar, en el que se puede tratar de una mezcla de diferentes líquidos, una solución o emulsión, a temperatura dada, los componentes respectivos se evaporan a una presión del vapor que depende de esta temperatura, de manera que se pueden condensar componentes individuales. A través de las diferencias de temperatura o bien de las diferencias de la presión del vapor entre el líquido a concentrar y el espacio de vapor 13 aparece vapor en la superficie límite entre el líquido a concentrar y la pared de la membrana 12, que circula a través de la pared de la membrana 12 hasta el espacio de vapor 13 adyacente inmediatamente a la pared de la membrana 12. El vapor circula en el espacio de vapor 14, como se representa en la figura 1 por medio de las flechas 18, hacia la pared de condensación 14 y se condensa allí.

45 El condensado o bien destilado que aparece en la pared de condensación 14 a través de la condensación del vapor circula hacia abajo condicionado por la fuerza de la gravedad a lo largo de la pared de condensación 14. En el fondo del espacio de vapor 13 se encuentra una salida de condensado 19, a través de la cual se puede descargar el condensado.

50 Para la regeneración de la pared de la membrana 12, durante la cual se retiran sustancias humectantes desde la superficie y desde los poros de la pared de la membrana 12, se procede en esta forma de realización como se indica a continuación.

55 En primer lugar, se lava la pared de la membrana 12 con un líquido de lavar. El líquido de lavar se conduce al canal de circulación 11 a través del conducto de alimentación 15 y se descarga a través del conducto de salida 16. En este caso, se retira una parte de las sustancias humectantes ya desde y fuera de la pared de la membrana 12. La pared de la membrana 12 se puede lavar con uno o varios líquidos de lavar aplicados de forma sucesiva. Con preferencia, el líquido de lavar aplicado en último lugar es agua clara o un líquido, que se puede evaporar totalmente.

60 Después del proceso de lavado se descarga el líquido fuera del canal de circulación 11. A tal fin, se cierra el conducto de alimentación 15 por medio de una válvula de bloqueo 20 y el líquido que se encuentra en el canal de circulación 11 se descarga a través del conducto de salida 16, de manera que la pared de la membrana 12 está rodeada por ambos lados, es decir, tanto sobre el lado adyacente al canal de circulación 11 como también sobre el lado opuesto, que se encuentra en el espacio de vapor 13, por una atmósfera de gas 12.

Después de la salida del líquido fuera del dispositivo de destilación 10, la pared de la membrana 12 continúa humedecida al menos parcialmente con líquido. En la etapa siguiente del procedimiento, se retira este líquido fuera de la pared de la membrana 12. A tal fin, se ajusta la atmósfera de gas que rodea la pared de la membrana 12 de tal manera que la presión parcial del líquido en la atmósfera de gas es menor que la presión del vapor de saturación del líquido que humedece la pared de la membrana 12.

En la forma de realización descrita aquí se genera una presión negativa, en particular un vacío, en el dispositivo de destilación 10, frente a la presión ambiental que predomina fuera del dispositivo de destilación 10 por medio de una bomba de vacío 21, que está conectada en un conducto de ventilación 22 del espacio de vacío 13. La presión negativa en el dispositivo de destilación 10 se ajusta para que la presión que se aplica en el canal de circulación 11 y en el espacio de vapor 13 sea menor que la presión del vapor del líquido que permanece en el canal de circulación 11. De esta manera, comienza a evaporarse el líquido restante en el canal de circulación 11, sobre la superficie y en los poros de la pared de la membrana 12, con lo que se seca y se regenera la pared de la membrana 12.

El vapor que se produce a través de la presión negativa en el dispositivo de destilación 10 puede ser aspirado por la bomba de vacío 21 o puede condensarse en la pared de condensación 14 refrigerada en el espacio de vapor 13 y puede ser descargado a través de la salida de condensado 19.

El secado de la pared de la membrana 12 comienza tan pronto como la presión parcial en la atmósfera de gas es menor que la presión del vapor de saturación del líquido en la pared de la membrana 12. Durante el proceso de secado se reduce la presión en el espacio de vapor 13 que está adyacente a la pared de la membrana 12, porque el líquido se refrigera en la pared de la membrana 12. La presión en el espacio de vapor 13 se puede medir y se puede determinar que el proceso de secado a terminado, cuando no se modifica ya la presión en el espacio de vapor 13.

El secado de la pared de la membrana 12 se puede acelerar alimentando al canal de circulación 13 calor a través de una pared 23, que está opuesta a la pared de la membrana 12 en el canal de circulación 11. La pared 23 es impermeable al vapor y al líquido, pero conductora de calor y puede estar constituida en particular del mismo material que la pared de condensación 14. La alimentación de calor se representa en la figura 1 por medio de una flecha 24. La alimentación de calor se puede realizar, por ejemplo, condensando vapor en la pared 23 o poniendo una corriente de fluido caliente de líquido o gas en contacto con la pared 23.

Hay que indicar que la pared de la membrana 12 para la realización del procedimiento de regeneración no es desmontada fuera del dispositivo de destilación 10. Más bien se deja la pared de la membrana 12 durante todo el proceso de regeneración en el dispositivo de destilación 10.

Además, es posible que el líquido después del proceso de lavado no sea descargado a través del conducto de salida 16, sino que se cierre la válvula de bloqueo 20 se deje el líquido en el canal de circulación. El líquido que se encuentra en el canal de circulación 11 es evaporado o bien evaporizado totalmente durante el proceso de secado. Este procedimiento es especialmente ventajoso cuando no está presente ningún conducto de salida 16 adecuado.

La figura 2 muestra en una vista lateral esquemática una forma de realización ejemplar de un dispositivo de destilación 10 con una primera fase de evaporación y de condensación 27, una segunda fase de evaporación y de condensación 28 y una tercera fase de evaporación y de condensación 29.

Cada una de las fases de evaporación y de condensación 27 a 29 está constituida exactamente como la fase de evaporación y de condensación mostrada en la figura 1. Por consiguiente, cada una de las fases de evaporación y de condensación 27 a 29 comprende un canal de circulación 11, un espacio de vapor 13, una pared de membrana 13 que separa el canal de circulación 11 desde el espacio de vapor 13 y una pared de condensación 14.

La segunda fase de evaporación y de condensación 28 con su canal de circulación 12 que conduce el líquido está inmediatamente adyacente a la pared de condensación 14 de la primera fase de evaporación y de condensación 27. Esta pared de condensación 14 separa de esta manera el espacio de vapor 13 de la primera fase de evaporación y de condensación 27 del canal de circulación 11 que conduce el líquido de la segunda fase de evaporación y de condensación 28. La energía que se libera durante la condensación del vapor en la pared de condensación 14 es transmitida durante la operación de destilación sobre el líquido a concentrar que fluye a través del canal de circulación 11 próximo.

De la misma manera, el canal de circulación 11 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29 está inmediatamente adyacente a la pared de condensación 14 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28. La energía que se libera durante la condensación del vapor en la pared de condensación 11 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28 es transmitida, por lo tanto, durante la operación de destilación sobre el líquido a concentrar que fluye a través del canal de circulación 11 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29.

Las paredes de condensación 14 dispuestas en cada caso sobre el lado izquierdo de la segunda y de la tercera fase de evaporación y de condensación 28, 29 corresponden a la pared 23 de la primera fase de evaporación y de condensación 27.

5 Además, los espacios de vapor 13 de fases de evaporación y de condensación 27 a 29 adyacentes, respectivamente, están conectados entre sí por medio de un canal de compensación de la presión 30 respectivo. La bomba de vacío 21 está conectada a través del conducto de ventilación 22 en el espacio de vapor 13 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29.

10 Aunque esto no se representa en la figura 2, los canales de circulación 11, que conducen el líquido a concentrar, de las fases de evaporación y de condensación 27 a 29 pueden estar conectados en serie. A tal fin, el conducto de salida 16 del canal de circulación 11 de la primera fase de evaporación y de condensación 27 está conectado con el conducto de alimentación 15 del canal de circulación 11 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28, y el conducto de salida 16 del canal de circulación 11 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28 está
15 conectado con el conducto de alimentación 15 del canal de circulación 11 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29.

En lugar de las tres fases de evaporación y de condensación 27 a 29 mostradas en la figura 2, pueden estar previstas también dos o más de tres fases de evaporación y de condensación, que están conectadas entre sí de la
20 misma manera que en la figura 2.

Puesto que las fases de evaporación y de condensación 27 a 29 están dispuestas unas detrás de las otras, el vapor generado en una fase de evaporación y de condensación respectiva sirve para el calentamiento del líquido a concentrar en la fase de evaporación y de condensación siguiente respectiva, puesto que la energía que se libera
25 durante la condensación del vapor en la pared de condensación 14 se transmite a través del líquido que circula a través del canal de circulación 11 vecino.

Para la regeneración de las paredes de la membrana 12 de las fases de evaporación y de condensación 27 a 29 se procede de la siguiente manera.
30

En primer lugar, se lavan los canales de circulación 11 de todas las fases de evaporación y de condensación 27 a 29 con un líquido de lavar, en particular agua. En el caso de que los canales de circulación 11 de las fases de evaporación y de condensación 27 a 29 estén conectados en serie entre sí, se puede conducir el líquido de lavar sucesivamente a través de los canales de circulación 11.
35

Después del lavado de los canales de circulación 11 se detiene el flujo de líquido de lavar a través de los canales de circulación 11 y se cierra la válvula de bloqueo 20 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29, es decir, de la última fase de evaporación y de condensación en la dirección del flujo del vapor y se vacía solamente el canal de circulación 11 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29. Por consiguiente, la pared de la membrana 12 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29 está rodeada por todos los lados por una atmósfera de gas. Los canales de circulación 11 de la primera y de la segunda fase de evaporación y de condensación 27, 28 con atravesados o llenos en adelante con líquido.
40

Por medio de la bomba de vacío 21 conectada en el conducto de ventilación 22 del espacio de vapor 13 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29 se puede ajustar la presión negativa en el tercera fase de evaporación y de condensación 29, de manera que se evapora el líquido que humedece la pared de la membrana 12 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29. El vapor que resulta en este caso se condensa o bien en la pared de condensación 14 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29 o circula a través de la bomba de vacío 21 fuera del dispositivo de destilación 10.
45
50

Puesto que durante el secado de la pared de la membrana 12 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29 los canales de circulación de las otras dos fases de evaporación y de condensación 27, 28 están atravesados todavía por el líquido de lavar o se encuentra en los canales de circulación al menos todavía líquido, se calienta el canal de circulación 11 vacío de la tercera fase de evaporación y de condensación 29 en adelante por el vapor entrante de las fases de evaporación y de condensación 27, 28 o bien por el calor alimentado a la primera fase de evaporación y de condensación 27 a través de la pared 23 (ver a este respecto la flecha 24), con lo que se acelera el proceso de secado de la pared de la membrana 12 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29.
55

Tan pronto como la pared de la membrana 12 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29 está seca, se prosigue con el secado de la pared de la membrana 12 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28. A tal fin, se cierra la válvula de bloqueo 20 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28 y se vacía el canal de circulación 11 correspondiente. Puesto que el espacio de vapor 13 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28 está conectado a través del canal de compensación de la presión 30 con el espacio de vapor 13 de la tercera fase de evaporación y de condensación 29, se ajusta también a ambos lados de la pared de la membrana
60

13 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28 la presión generada por la bomba de vacío 21 y se seca la pared de la membrana 12 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28.

5 Puesto que durante el secado de la pared de la membrana 13 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28 en adelante el canal de circulación 11 de la primera fase de evaporación y de condensación 27 es atravesado por el líquido de lavar o al menos está lleno con líquido, se transmite calor sobre el canal de circulación 11 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28, con lo que se acelera el secado de la pared de la membrana 12 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28.

10 Tan pronto como la pared de la membrana 12 de la segunda fase de evaporación y de condensación 28 está seca, se vacía finalmente el canal de circulación 11 de la primera fase de evaporación y de condensación 27 y se seca la pared correspondiente de la membrana 12, generándose también a ambos lados de esta pared de la membrana 12 la presión necesaria para la evaporación del líquido que humedece la pared de la membrana 12 con la ayuda de la bomba de vacío 21. Para la aceleración del proceso de secado se alimenta calor desde el exterior al canal de
15 circulación 11 de la primera fase de evaporación y de condensación 27 (ver la flecha 24).

La figura 3 muestra en una vista en planta superior esquemática una forma de realización ejemplar de un dispositivo de destilación 10 como desarrollo del dispositivo de destilación mostrado en la figura 1. El dispositivo de destilación 10 de acuerdo con la figura 3 comprende varios canales de circulación 11 paralelos entre sí, que conducen el líquido a concentrar, que están separados en cada caso por una pared de membrana 12 permeable al vapor, pero impermeable al líquido del mismo espacio de vapor 13. Los canales de circulación 11 son alimentados por el mismo
20 conducto de alimentación 15. En la figura 3, la pared de condensación 14 está configurada, además, de tal manera que penetra varias veces en el espacio de vapor 13, para incrementar la superficie total disponible para la condensación del vapor.

25 La regeneración de la pared de la membrana 12 se realiza de la misma manera que en el dispositivo de destilación 10 mostrado en la figura 1. De acuerdo con ello, se lavan las paredes de la membrana 12 en primer lugar con un líquido de lavar. Después del proceso de lavado, se deja salir el líquido de lavar fuera de los canales de circulación 11, centrando la válvula de bloqueo 20. Después de la salida del líquido de lavar fuera del dispositivo de destilación 10 se puede generar en ambos lados de la pared de la membrana 12 respectiva con la ayuda de la bomba de vacío 21 una presión negativa, que conduce a una evaporación del líquido que humedece las paredes de la membrana 12. Además, se puede acelerar el secado de las paredes de la membrana 12, alimentando calor a los canales de
30 circulación 13 a través de la pared 23 impermeable a sustancia, pero conductora de calor.

35 La figura 4 muestra en una vista lateral esquemática una forma de realización que no pertenece a la invención de un dispositivo de destilación 10, que está configurado como dispositivo de destilación de membrana de contacto directo (DCMD; Direct Contact Membrane Distillation).

40 El dispositivo de destilación 10 está constituido por un canal de circulación 11 que está atravesado por una corriente de líquido a concentrar, por un canal de circulación 32 atravesado por un líquido a diluir y por una pared de membrana 12 microporosa, permeable al vapor, pero impermeable al líquido, que separa los dos canales de circulación 11, 32.

45 Al canal de circulación 11 se alimenta el líquido a concentrar durante la operación de destilación a través de un conducto de alimentación 5, que se puede cerrar con la ayuda de una válvula de bloqueo 20. El líquido a concentrar a traviesa el canal de circulación 11 a lo largo de la dirección identificada en la figura 4 por medio de una flecha y se descarga a través de un conducto de salida 16.

50 El líquido a diluir es alimentado al canal de circulación 32 a través de un conducto de alimentación 33 y es descargado a través de un conducto de salida 34. El líquido a diluir circula a través del dispositivo de destilación en dirección opuesta al líquido a concentrar.

55 Durante la destilación de membrana de contacto directo aplicada aquí, una parte del líquido a concentrar se evapora en el canal de circulación 11 y llega a través de la pared de la membrana 12 al canal de circulación 32, donde el vapor recondensa en el líquido a diluir.

Para la regeneración de la pared de la membrana 12 se lavan los dos canales de circulación 11, 32 en primer lugar con un líquido de lavar y a continuación se vacían a través de los conductos de salida 16, 34. A continuación se introduce a través del conducto de alimentación 15 una corriente de aire seco en el canal de circulación 11.

60 La corriente de aire es generada por un ventilador 36 y se puede calentar opcionalmente con la ayuda de un calentador de aire 37 conectado delante o detrás del ventilador 36. Además, está prevista una válvula de bloqueo 38, para poder separar el ventilador 36 y el calentador de aire durante el funcionamiento normal del dispositivo de destilación 10 para la destilación de membrana de contacto directo del canal de circulación 11.

La corriente de aire seca la pared de la membrana 12 y los canales de líquido 11, 32 y puede circular a través de uno o ambos conductos de salida 16, 34 fuera del dispositivo de destilación 10, pudiendo circular el aire dentro del dispositivo de destilación 10 a lo largo y/o a través de la pared de la membrana 12.

5 El secado de la pared de la membrana 12 y de los canales de líquido 11, 32 se puede acelerar a través del calentamiento de la corriente de aire con la ayuda del calentador de aire 37.

10 El proceso de secado se puede supervisar midiendo la temperatura y el contenido de agua de la corriente de aire que entra en el canal de circulación 11 y del aire que sale desde el canal de circulación 11. El proceso de secado se termina tan pronto como la corriente de aire de entrada y de salida tienen la misma temperatura y el mismo contenido de agua.

15 La figura 5 muestra en una vista lateral esquemática una forma de realización que no corresponde a la invención de un dispositivo de destilación 10, que es en su estructura en gran medida idéntico con el dispositivo de destilación 10 de la figura 1.

20 Para la regeneración de la pared de la membrana 12 del dispositivo de destilación 10 de la figura 5, después del lavado y vaciado del canal de circulación 11, sin embargo, a diferencia de la forma de realización explicada más arriba en conexión con la figura 1, se abre la válvula de bloqueo 20. Además, con la ayuda de la bomba de vacío 21 en la carcasa del dispositivo de destilación 10 se genera una presión negativa más ligera, que conduce a que una corriente de aire ambiental secado a través del conducto de alimentación 15 puede entrar en el canal de circulación 11. La corriente de aire de entrada circula a través de la pared de la membrana 12 y provoca una evaporación del líquido que humedece la pared de la membrana 12. La circulación de aire aspirado es conducida desde la bomba de vacío 21 al dispositivo de destilación 10.

25 La figura 6 muestra en una vista lateral esquemática una forma de realización que no corresponde a la invención de un dispositivo de destilación 10, que es en gran medida idéntico en su estructura con el dispositivo de destilación 10 de la figura 2.

30 A diferencia del dispositivo de destilación según la figura 2, en la figura 6, sin embargo, está previsto un ventilador 36, que está conectado a través de un conducto de aire 39 en los conductos de alimentación 15 de las fases de evaporación y de condensación 27 a 29. Cada uno de los conductos de alimentación 15 puede desacoplarse en caso necesario del ventilador 36 por medio de una válvula de bloqueo 38.

35 Para la regeneración de las paredes de la membrana 12 de las fases de evaporación y de condensación 27 a 29 se procede de la siguiente manera. Después del lavado de los canales de circulación 11 con líquido de lavar se vacían todos los canales de circulación 11 del dispositivo de destilación 10, de manera que las paredes de la membrana 12 de las fases de evaporación y de condensación 27 a 29 están rodeadas en cada caso por ambos lados por una atmósfera de gas.

40 A continuación se abren las válvulas de bloqueo 38 y se introduce aire seco con la ayuda del ventilador 36 al mismo tiempo en todos los canales de circulación o de manera selectiva en algunos canales de circulación 11 de las fases de evaporación y de condensación 27 a 29, con lo que se secan las paredes de la membrana 12. De manera opcional, la corriente de aire de entrada en los canales de circulación 11 puede ser calentada por un calentador de aire.

45 La figura 7 muestra en una vista lateral esquemática una forma de realización que no pertenece a la invención de un dispositivo de destilación 10, que es en gran medida idéntico en su estructura con el dispositivo de destilación 10 de la figura 1. A diferencia del dispositivo de destilación 10 de acuerdo con la figura 1, el espacio de vapor 13 en la figura 7 no está delimitado, sin embargo, por una pared de condensación 14 impermeable al vapor y al líquido, sino que una pared de la membrana 40 microporosa, permeable al vapor, pero impermeable del líquido separa el espacio de vapor 13 de un canal de circulación 41. El canal de circulación 41 es atravesado por una solución de arrastre durante la operación de destilación y durante el secado de la pared de la membrana 12. Esta solución de arrastre presenta en la operación de destilación para las sustancias a destilar una presión del vapor más baja y genera la diferencia de la presión necesaria para la destilación. La solución de arrastre es alimentada al canal de circulación 41 a través de un conducto de alimentación 42 y es descargada a través de un conducto de salida 43. Para el bloqueo del conducto de alimentación 42 está prevista una válvula de bloqueo 44. La solución de arrastre circula a través del canal de circulación 41 especialmente en dirección opuesta al líquido que circula a través del canal de circulación 11. La solución de arrastre presenta una presión del vapor más baja que el líquido que humedece la pared de la membrana 12. Por ejemplo, es adecuada una solución de agua salada altamente concentrada como solución de arrastre cuando el agua humedece la pared de la membrana 12.

60 Antes del secado de la pared de la membrana 12 se puede dejar salir el líquido fuera del canal de circulación 11, de manera alternativa el líquido se puede dejar también en el canal de circulación 11 y se puede evaporar durante el proceso de secado. Durante el proceso de secado, la solución de arrastre circula a través del canal de circulación 41

y provoca en virtud de su baja presión del vapor que se extraiga humedad desde el espacio de vapor 13 a través de la pared de la membrana 40. De esta manera, se realiza un secado de la pared de la membrana 12. El proceso de secado se puede apoyar opcionalmente a través de la bomba de vacío 21. El proceso de secado se termina cuando no se modifican la temperatura y/o la concentración de la solución de arrastre.

5 Como muestra la figura 7, el fondo del espacio de vapor 13 está dividido por un dique 45 en dos zonas, para que un paso de líquido de uno de los canales de circulación 11, 41 no contamine el otro canal de circulación respectivo 11, 41. Sobre los dos lados del dique 45 están previstos conductos de salida 46, 47, que pueden descargar el líquido que llega a través de las paredes de la membrana 12, 40.

10

Lista de signos de referencia

- 10 Dispositivo de destilación
- 11 Canal de circulación
- 15 12 Pared de la membrana
- 13 Espacio de vapor
- 14 Pared de condensación
- 15 Conducto de alimentación
- 16 Conducto de salida
- 20 18 Flecha
- 19 Salida de condensado
- 20 Válvula de bloqueo
- 21 Bomba de vacío
- 22 Conducto de ventilación
- 25 23 Pared
- 24 Flecha
- 27 Primera fase de evaporación y de condensación
- 28 Segunda fase de evaporación y de condensación
- 29 Tercera fase de evaporación y de condensación
- 30 30 Canal de compensación de la presión
- 32 Canal de circulación
- 33 Conducto de alimentación
- 34 Conducto de salida
- 36 Ventilador
- 35 37 Calentador de aire
- 38 Válvula de bloqueo
- 39 Conducto de aire
- 40 Pared de la membrana
- 41 Canal de circulación
- 40 42 Conducto de alimentación
- 43 Conducto de salida
- 44 Válvula de bloqueo
- 45 45 Dique
- 46 Conducto de salida
- 47 Conducto de salida
- g Dirección de la fuerza de la gravedad

REIVINDICACIONES

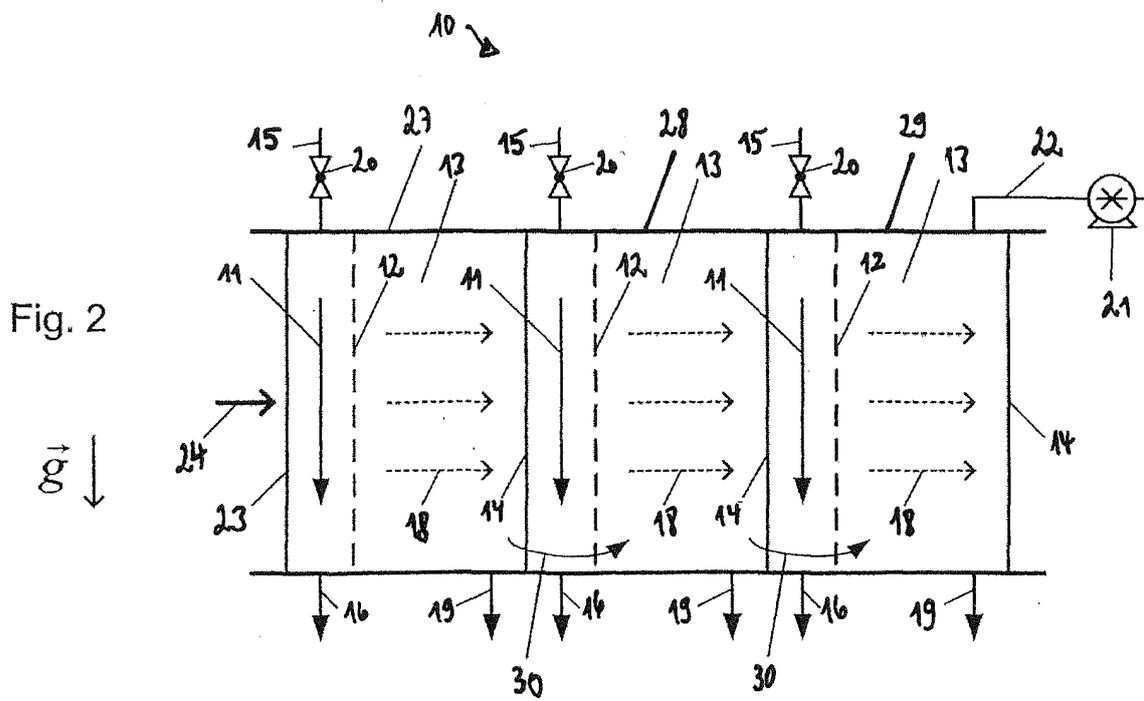
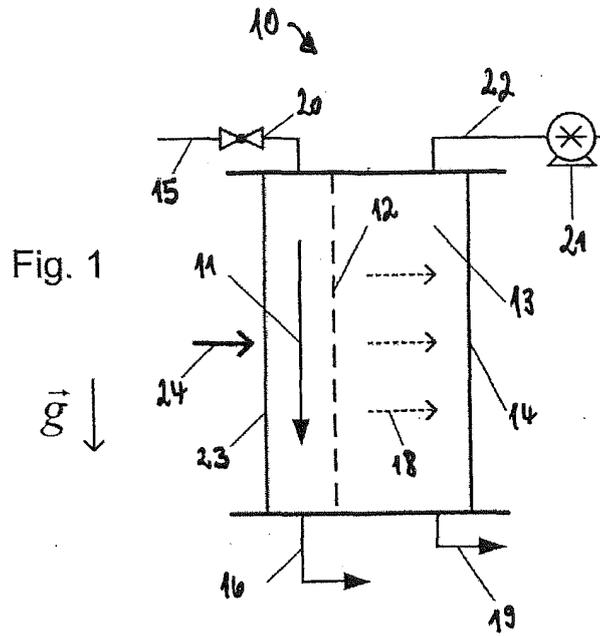
- 1.- Procedimiento para la regeneración de una pared de membrana (12) en un dispositivo de destilación (10), en el que un dispositivo de destilación (10) es acondicionado con una o varias fases de evaporación y de condensación (27-29), en el que cada fase de evaporación y de condensación (27-29) presenta al menos un canal de circulación (11) que conduce un líquido, que está delimitado al menos parcialmente por una pared de membrana (12) permeable al vapor y hermética al líquido, en el que el vapor que se produce a partir del líquido pasa a través de la pared de la membrana (12), el líquido es retirado fuera del al menos un canal de circulación (11), de manera que la pared de la membrana (12) está rodeada, después de la retirada del líquido fuera del al menos un canal, por ambos lados por una atmósfera de gas, pero está humedecida todavía por líquido, se retira el líquido que humedece la pared de la membrana (12), ajustando la atmósfera de gas que rodea la pared de la membrana (12) de tal manera que la presión parcial del líquido en la atmósfera de gas es menor que la presión del vapor del líquido que humedece la pared de la membrana (12), y en el dispositivo de destilación (10) se genera una presión negativa, especialmente por medio de una bomba de vacío (21), y se alimenta calor especialmente calor al dispositivo de destilación (10), para ajustar la atmósfera de gas que rodea la pared de la membrana (12) de tal manera que la presión parcial del líquido en la atmósfera de gas es menor que la presión del vapor del líquido que humedece la pared de la membrana (12), **caracterizado** porque el al menos un canal (11) está delimitado por una pared (23) impermeable al vapor y al líquido opuesta a la pared de la membrana (12) y se alimenta el calor al dispositivo de destilación (10) a través de la pared (23) impermeable al vapor y al líquido.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la presión negativa (21) es generada por medio de una bomba de vacío (21).
- 3.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un canal (11) es lavado con un líquido de lavar, antes de que sea retirado el líquido fuera del al menos un canal de circulación (11).
- 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un canal de circulación (11) está separado por la pared de la membrana (12) de un espacio de vapor (3) de la fase respectiva de evaporación y de condensación (27-29) y el espacio de vapor (13) está delimitado por una pared de con sensación (14), en la que se condensa el vapor que resulta a partir del líquido y que pasa a través de la pared de la membrana (12).
- 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que para la generación de la presión negativa en el dispositivo de destilación (10) se conecta la bomba de vacío (21) en el espacio de vapor (13) y, en particular, se bloquean uno o varios conductos de alimentación (15) hacia el al menos un canal de circulación (11).
- 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 ó 5, en el que el dispositivo de destilación (10) comprende varias fases de evaporación y de condensación (27-29) dispuestas unas detrás de las otras, y una fase de evaporación y de condensación (27-29) siguiente respectiva está inmediatamente adyacente, con su al menos un canal de circulación (11) que conduce líquido, a la pared de condensación (14) de la fase de evaporación y de condensación (27-29) precedente y esta pared de condensación (14) separa el espacio de vapor (13) de la fase de evaporación y de condensación (27-29) precedente del al menos un canal de circulación (11), que conduce el líquido, de la fase de evaporación y de condensación (27-29) siguiente.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que las paredes de la membrana (12) de la pluralidad de fases de evaporación y de condensación (27-29) dispuestas de manera sucesiva son regeneradas sucesivamente, retirando el líquido que se encuentra en el al menos un canal de circulación (11) de una de las fases de evaporación y de condensación (27-29), mientras que los canales de circulación (11) de las fases de evaporación y de condensación (27-29) precedentes permanecen llenos de líquido, y a continuación se genera una presión negativa en la fase de evaporación y de condensación (27-29), cuyo al menos un canal de circulación (11) ha sido vaciado, para regenerar la pared de la membrana (12) de esta fase de evaporación y de condensación (27-29), y después de la regeneración de la pared de la membrana (12) de esta fase de evaporación y de condensación (27-29), se retira el líquido que se encuentra en el al menos un canal de circulación (11) de la fase de evaporación y de condensación (27-29) precedente, mientras que los canales de circulación (11) de las fases de evaporación y de condensación (27-29) restantes permanecen llenos con líquido, y a continuación se genera una presión negativa en la fase de evaporación y de condensación (27-29) precedente para regenerar la pared de la membrana (12) de la fase de evaporación y de condensación (27-29) precedente.
- 8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la regeneración sucesiva de las paredes de la membrana (12) de las fases de evaporación y de condensación (27-29) prosigue hasta que la pared de la membrana (12) de la primera fase de evaporación y de condensación (27-29) ha sido regenerada.
- 9.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que la pared de la membrana (12) de la última fase de evaporación y de condensación (27-29) es regenerada como primera pared de la pared de la membrana (12).

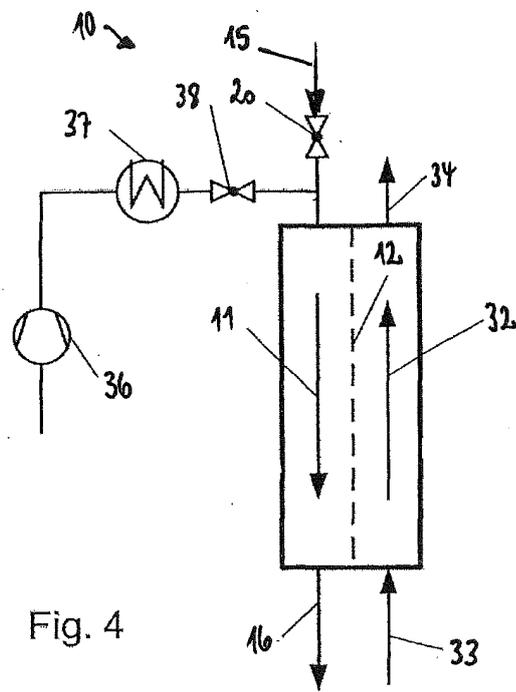
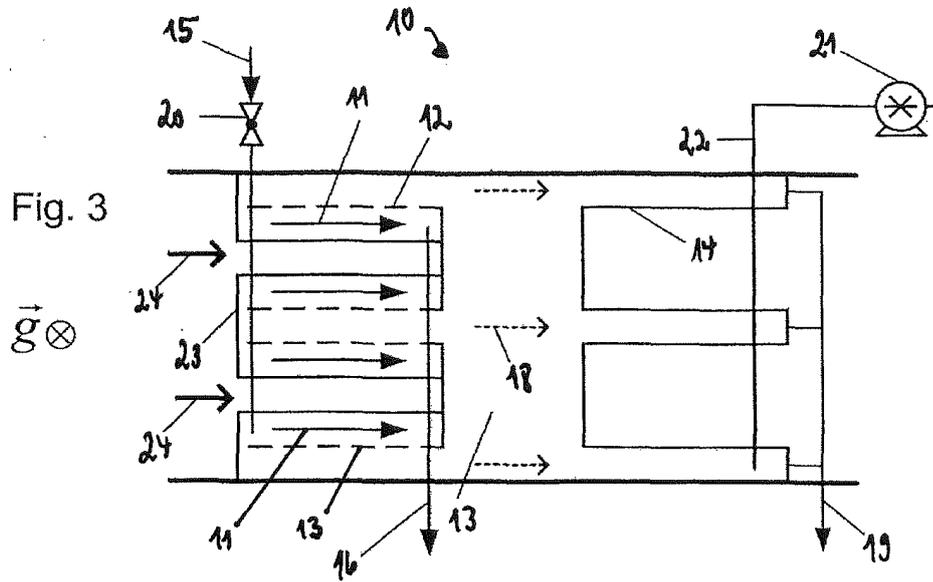
10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, en el que durante la regeneración sucesiva de las paredes de la membrana (12) de las fase de evaporación y de condensación (27-29) se alimenta energía térmica al menos a un canal de circulación (11) de la primera fase de evaporación y de condensación (27).

5

11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la pared de la membrana (12) se deja en el dispositivo de destilación (10) durante la retirada del líquido que la humedece.

10





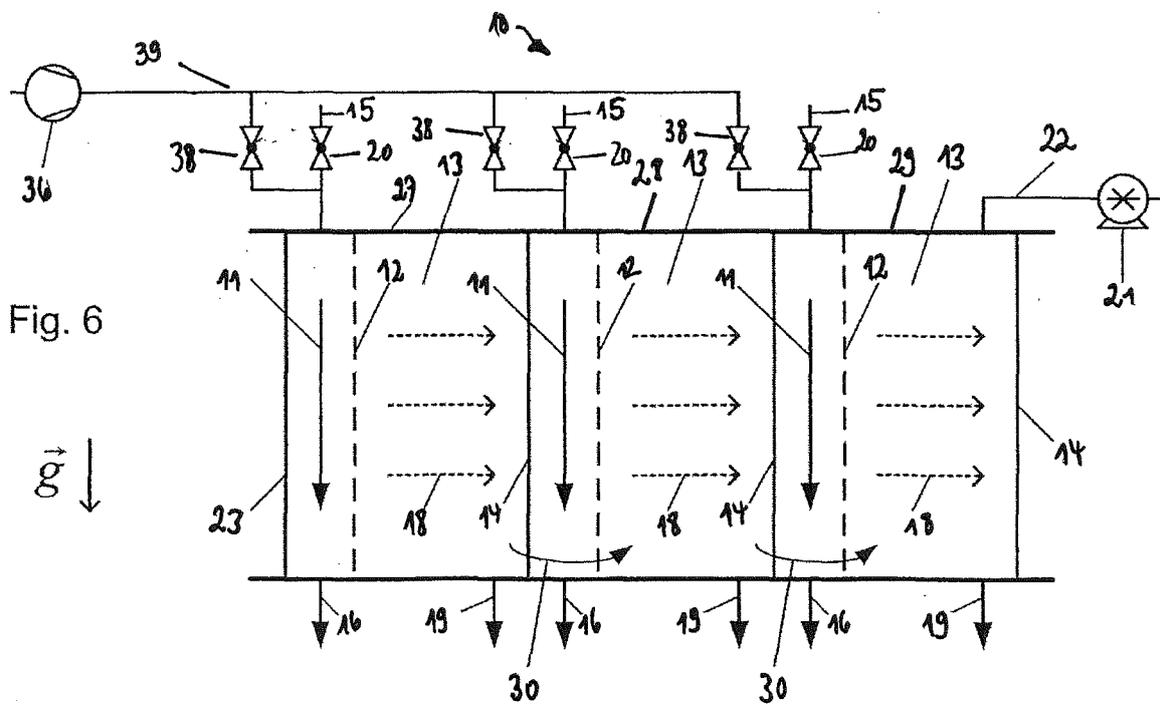
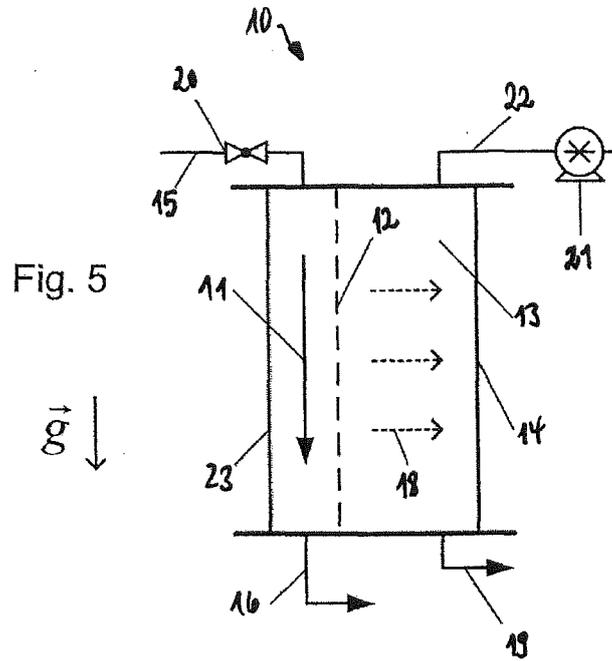


Fig. 7

↓
↑

