

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 759**

51 Int. Cl.:

B01D 53/22 (2006.01)

B01D 53/30 (2006.01)

C10L 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.09.2016 PCT/EP2016/071261**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.03.2017 WO17042310**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2016 E 16763791 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 3180104**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para separar una mezcla gaseosa en una unidad de membrana**

30 Prioridad:

10.09.2015 EP 15184639

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

11.10.2018

73 Titular/es:

**AXIOM ANGEWANDTE PROZESSTECHNIK GES.
M.B.H. (100.0%)
Wienerstraße 114
2443 Ebreichsdorf, AT**

72 Inventor/es:

**SZIVACZ, JOHANNES y
WINTERSPERGER, JOHANNES**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 685 759 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

Dispositivo y procedimiento para separar una mezcla gaseosa en una unidad de membrana

La presente invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para separar una mezcla gaseosa en gas de producto y efluente gaseoso por medio de permeación de gas.

5 En unidades de membrana de permeación de gas se efectúa la separación de gas de producto y efluente gaseoso por medio de permeación, en cuyo caso, por ejemplo, pueden obtenerse un gas retenido enriquecido con gas de producto, y un gas permeado enriquecido con efluente gaseoso. La concentración de gas de producto en el retenido y de efluente gaseoso en el permeado dependen, entre otras cosas, de los parámetros de procedimiento aplicados respectivamente; en general, para una calidad elevada de gas de producto siempre se requiere un empleo elevado de energía (debido a la presión más alta, los rendimientos más bajos con respecto al gas de suministro empleado, etc.). Por lo tanto, son deseables procedimientos mejorados para incrementar el rendimiento de gas de producto o para usar de modo más eficiente la energía en el desarrollo de un procedimiento de este tipo. También es deseable mantener, tan bajos como sea posible, los costes de inversión acumulados en la construcción de una planta de permeación de gas.

10 Hasta ahora, los dispositivos para separar una mezcla gaseosa en gas de producto y efluente gaseoso por medio de permeación de gas se desarrollan de tal manera que el gas de suministro presurizado en una unidad de membrana se separa en el gas retenido y el gas permeado, en cuyo caso, por ejemplo, el retenido contiene el producto gaseoso y el permeado contiene el efluente gaseoso. La desventaja de esta solución de una etapa es la baja calidad de gas de producto y el bajo rendimiento de gas de producto, lo cual está asociado con una demanda elevada de energía. Además, este dispositivo puede emplearse económicamente solamente para membranas muy selectivas.

15 Dispositivos mejorados para separar una mezcla gaseosa en gas de producto y efluente gaseoso por medio de permeación de gas se construyen de tal manera que el gas permeado de una primera unidad de membrana se usa presurizado como gas de suministro para una segunda unidad de membrana, en cuyo caso las corrientes de gas retenido de las dos unidades de membrana contiene el gas de producto y la corriente de gas permeado de la segunda unidad de membrana contiene el efluente gaseoso. Opcionalmente, antes de la planta también puede anteponerse un compresor si el gas de suministro se encuentra presente en forma no presurizada. La ventaja de este dispositivo es un rendimiento mejorado de gas de producto. La desventaja de esta solución es, además, la baja calidad del gas de producto y una demanda elevada de energía debido a la compresión requerida del gas para la segunda unidad de membrana. Además, este dispositivo puede emplearse de manera económica solamente para membranas muy selectivas.

20 Además, se conocen dispositivos donde el gas retenido de una primera unidad de membrana se usa como gas de suministro de una segunda unidad de membrana; el gas permeado de la segunda unidad de membrana se mezcla con el gas de suministro presurizado de la primera unidad de membrana; el gas retenido de la segunda unidad de membrana se descarga como gas de producto y el gas permeado de la primera unidad de membrana se descarga como efluente gaseoso. Puesto que aquí el gas permeado de la segunda unidad de membrana es conducido en un ciclo, por así decirlo, la dimensión de la planta y de todas las partes necesarias (compresores, conductos, unidades de membrana, separadores en frío, separadores finos de azufre, etc.) se agrandan de manera correspondiente al caudal del gas permeado conducido en el ciclo de la primera unidad de membrana. En caso de un caudal supuesto de gas de suministro de 100 m³/h e incorporación de 80 m³/h de gas permeado de la segunda unidad de membrana a este gas de suministro, resulta un caudal total, antes del compresor, de 180 m³/h, de acuerdo con el cual ha de dimensionarse la planta. La ventaja de este procedimiento es que puede lograrse un rendimiento más alto de gas de producto; también pueden emplearse menos membranas selectivas debido a la implementación en dos etapas; la desventaja en este caso es el diseño sobredimensionado de la planta en un factor de 1,2 a 2,5 y una demanda elevada de energía debido a la recirculación.

25 La publicación US 4,130,403 A (D1) divulga el retroacoplamiento de la salida de gas retenido de una unidad de membrana al suministro de gas de otra unidad de membrana; a esta solamente se antepone una única unidad de membrana.

30 Agrawal R et al. (Journal of Membran Science, Elsevier Scientific Publ. Company, vol. 112, No. 2) se dirige a disposiciones en forma de cascada con dos compresores. La figura 6 muestra retroacoplamientos con la entrada de gas de la primera unidad de membrana, respectivamente.

La publicación FR 2 917 305 A1 (D3) divulga una disposición de matriz de una gran cantidad de unidades de membrana.

35 Por la publicación WO 2010/141963 A1 se conoce un dispositivo para separar una mezcla gaseosa en gas de producto y efluente gaseoso por medio de una permeación de gas con al menos dos unidades de membrana (1) y (2) y un compresor (3) antepuesto a la primera unidad de membrana (1); dichas unidades de membrana (1) y (2) tienen una entrada de gas (1a, 2a), una salida de retenido (1b, 2b) y una salida de permeado (1c, 2c), en cuyo caso la salida de retenido (1b) de la primera unidad de membrana (1) se conecta con la entrada de gas (2a) de la

segunda unidad de membrana (2); la salida de permeado (2c) de la segunda unidad de membrana (2) se conecta por medio de conductos, por el lado de la succión, con el compresor (3), o bien el suministro de gas que conduce hacia el compresor y el compresor (3) con la entrada de gas (1a) de la primera unidad de membrana (1); el gas de producto se obtiene por la salida de retenido (2b) y el efluente gaseoso se obtiene por la salida del permeado (1c).

- 5 En un dispositivo de este tipo, según la publicación WO 2010/141963 A1, se prevé que la salida de permeado (4c) de una unidad de membrana (4) antepuesta se conecte por medio de conductos con el suministro de gas del compresor (3), en cuyo caso la unidad de membrana (4), además de al menos otra unidad de membrana (5), se antepone mediante conexión por medio de conductos de la salida del gas retenido (5b) de la otra unidad de membrana (5) con la entrada de gas (4a) de la unidad de membrana (4) y se obtiene gas de producto adicional por la salida del gas retenido (4b) y efluente gaseoso adicional por la salida de gas permeado (5c).

Todos estos dispositivos tienen en común que las unidades individuales de membrana siempre son operadas en contra-flujo.

- 15 Por la publicación WO 2010/141963 A1 se conocen unidades de membrana que tienen una entrada de gas, una salida de gas retenido y dos salidas de gas permeado, en cuyo caso los espacios de gas permeado de tales unidades de membrana pueden separarse por una pared respectivamente en la zona entre las dos salidas de gas permeado. Tales unidades de membrana deben hacer posible un rendimiento elevado de gas de producto.

- 20 El objetivo de la presente invención consiste entonces en proporcionar un dispositivo y un procedimiento para la separación de una mezcla gaseosa en gas de producto y efluente gaseoso por medio de permeación de gas, que permita una concentración tan baja como sea posible, ajustable controlando el dispositivo, del gas de producto en el efluente gaseoso, así como un empleo más eficiente de energía.

- La invención se basa en este caso en un dispositivo para separar una mezcla gaseosa en gas de producto y efluente gaseoso por medio de permeación de gas con una unidad de membrana (1) y un compresor (3) antepuesto a la unidad de membrana (1), cuyo número de revoluciones sea preferentemente regulable; dicha unidad de membrana (1) tiene una entrada de gas (1a), una salida de retenido o de gas de producto (1b) y una salida de permeado o efluente gaseoso (1c), en donde la unidad de membrana (1) presenta al menos otra salida de permeado (1c') que se encuentra corriente abajo de la entrada de gas (1a) y la salida de permeado (1c') de la unidad de membrana (1) está conectada mediante conductos, por el lado de succión, con el compresor (3), o bien con el suministro de gas que conduce al compresor. En este caso, según la invención se prevé que a, o después de, la salida de retenido (1b) se proporcione un equipo regulador de presión (2) y se use una mezcla gaseosa que tenga una fracción de más de 50 % en volumen, de preferencia más de 55 % en volumen, 60 % en volumen, 65 % en volumen, 70 % en volumen, 75 % en volumen, 80 % en volumen, 85 % en volumen, de modo principalmente preferido más de 90 % en volumen o 95 % en volumen de CH_4/CO_2 en la mezcla gaseosa y con una concentración de metano no por encima de 30 % en volumen, en cuyo caso la descarga del permeado se controle o se regule por la salida de permeado (1c') dependiendo de la concentración de gas de producto en el efluente gaseoso. Mediante esta combinación de equipo regulador de presión y determinada mezcla gaseosa (donde "principalmente" para el propósito de la presente invención significa una fracción en la mezcla gaseosa de más de 55 % en volumen, 60 % en volumen, 65 % en volumen, 70 % en volumen, 75 % en volumen, 80 % en volumen, 85 % en volumen, de modo principalmente preferido más de 90 % en volumen o 95 % en peso), que por una parte restringe la concentración de metano en el gas de suministro y simultáneamente proporciona una resistencia en el espacio de retenido por medio del equipo regulador de presión para el retenido y, a manera de ejemplo, puede representarse mediante una válvula o una válvula de control, el lado de succión de un compresor, cuyo número de revoluciones es preferentemente regulable, o de un compresor (cuyo número de revoluciones sea asimismo de preferencia regulable) o un conducto a una etapa de un compresor de varias etapas, cuyo número de revoluciones sea preferentemente regulable, es posible cerrar más o menos el equipo de regulación de presión de manera correspondiente a las reglas u ofrecer una resistencia por el número de revoluciones del compresor o ajustar el número de revoluciones del compresor mediante regulación o control. Un cierre de la válvula reguladora (2) en este caso no está asociado necesariamente a un incremento de presión en el espacio del retenido, de modo que, por ejemplo, junto con el cierre de la válvula reguladora (2) puede presentarse una disminución del número de revoluciones en el compresor (3), por lo cual la presión en el espacio de retenido definitivamente permanece igual y no se incrementa. Solamente es importante que en la unidad de membrana según la invención se proporcione una resistencia por el lado del retenido para la mezcla gaseosa allí presente. De este modo, la unidad de membrana en la zona de la segunda salida de permeado (1c'), situada corriente abajo de la entrada de gas, puede operarse de manera al menos parcialmente controlada en flujo paralelo, mientras que la unidad de membrana en la zona de la primera salida de permeado, como es habitual, es operada principalmente en contraflujo. "Al menos parcialmente" o "principalmente" no significan aquí que en ambas salidas de permeado rijan simultáneamente el flujo paralelo y el contraflujo (lo cual técnicamente es imposible), sino que el permeado que sale a la salida respectiva del permeado proviene de una zona de la membrana que dependiendo de las condiciones elegidas ha sido operada justamente por el lado de permeado ya sea en flujo paralelo o en contraflujo a la dirección de corriente del lado de retenido. De aquí resultan mejoras esenciales sorprendentes durante la operación del dispositivo según la invención, principalmente con respecto a una reducción de la concentración de gas de producto en el efluente gaseoso, pero también con respecto a un incremento de la cantidad de gas de producto. De esta manera, de acuerdo con la invención, al separar una mezcla gaseosa que se compone principalmente de CH_4/CO_2 , por ejemplo, gas magro, gas de mina o biogás, en CH_4 como gas de producto

y principalmente CO₂ como efluente gaseoso por medio del dispositivo según la invención se logra una recuperación sorprendentemente alta de CH₄ en el gas de producto de más de 98 %, de preferencia hasta 99,8 %, si la concentración de metano en el gas de suministro no se encuentra por encima de 30 % en volumen, tal como se prevé de acuerdo con la invención. Al proporcionar sensores en sitios adecuados en el dispositivo según la invención, por ejemplo, obviamente el equipo regulador de presión también puede operarse automáticamente abriendo o cerrando el equipo regulador de presión por medio de un equipo de control para observar un valor límite medido, predefinido en uno o varios sitios, dentro o fuera del dispositivo según la invención. El valor límite puede ser, por ejemplo, la concentración de metano en el efluente gaseoso, en donde el sensor puede ser un sensor de gas provisto a la salida del permeado (1c) o cerca de la misma. Para la liberación de metano (gas de producto o retenido en la separación de biogás por medio de permeación de gas), en Alemania, por ejemplo, la cantidad de metano máxima que puede emitirse en gas residual se limita a 0,2 % en volumen de la masa de metano producida en el procedimiento de biogás, en cuyo caso el cumplimiento de este valor límite, por ejemplo, mediante el dispositivo según la invención al proveer un equipo de control también puede proporcionarse de manera automatizada. Conectando por medio de conductos la salida de permeado (1c') de la unidad de membrana (1), por el lado de succión, con el compresor (3) o con el suministro de gas que conduce al compresor, se prevé que el permeado pueda suministrarse al gas de suministro antes o durante su presurización. Si el suministro requiere un alto nivel de presión, este puede realizarse mediante compresor o compresores (a los cuales en lo sucesivo no se hace referencia expresamente) dispuestos opcionalmente de manera adicional. De manera ideal, un efluente gaseoso (CO₂) que abandona el dispositivo según la invención por la salida de permeado (1c) sin más purificación con respecto al metano contenido puede emitirse directamente o seguir usándose.

Según una forma preferida de realización de la presente invención se prevé que a la primera salida de permeado (1c), o después de esta, se proporciona(n) un compresor (4), cuyo número de revoluciones es preferentemente regulable, y/o un equipo regulador de presión (5). Proporcionando un equipo regulador de presión, por ejemplo, una válvula o una válvula de control, al reducir la circulación por la válvula en el espacio de permeado del dispositivo según la invención puede generarse un atasco, por lo cual se agranda el área operada en flujo paralelo de la membrana de separación. Si, por otra parte, a la primera salida de permeado (1c), o después de esta, se opera un compresor cuyo número de revoluciones es preferentemente regulable, se eleva la descarga de efluente gaseoso de la primera salida de permeado (1c) y se reduce el área, operada en flujo paralelo, de la membrana de separación. Al proporcionar tanto un equipo regulador de presión, como también un compresor cuyo número de revoluciones es preferentemente regulable, el dispositivo según la invención puede controlarse, por lo tanto, en cada dirección.

También es favorable si en el conducto desde la salida de permeado (1c') de la unidad de membrana (1), por el lado de succión, hacia el compresor (3) o el suministro de gas que conduce al compresor, se proporciona un equipo regulador de presión (6). De manera similar a la forma preferida de realización antes descrita, proporcionando un equipo regulador de presión en el conducto desde la salida de permeado (1c') de la unidad de membrana (1), por el lado de succión, hacia el compresor (3) o el suministro de gas que conduce al compresor, puede agrandarse el atasco en el espacio de permeado del dispositivo según la invención (si el equipo regulador de presión, por ejemplo, una válvula o una válvula de control, reduce la circulación de gas), por lo cual se reduce el área, operada en flujo paralelo, de la membrana de separación. Si, por otra parte, el equipo regulador de presión se abre, a partir de la potencia de succión del compresor (3) en el espacio de permeado, al menos en la zona de la salida del permeado (1c'), resulta una pérdida de presión, por lo cual se agranda el área operada en flujo paralelo de la membrana de separación. En la zona de protección de la presente invención también entra en cualquier caso una forma de realización en la cual el conducto de la salida de permeado (1c') de la unidad de membrana (1) conduce por el lado succión a un compresor o al suministro de gas que conduce al compresor de una unidad de membrana paralela. En tal caso, en el conducto, asimismo se proporciona preferentemente el equipo regulador de presión (6) que se controla o se regula dependiendo de la concentración de gas de producto en el efluente gaseoso.

De acuerdo con la invención también se prevé que el compresor (3), cuyo número de revoluciones puede ser regulable, y el equipo regulador de presión (2) se conectan con un equipo de control (7). Al proporcionar, por ejemplo, un sensor de gas en la zona de la salida de permeado (1c), el cual puede medir directa o indirectamente, por ejemplo, la concentración de gas de producto en el efluente gaseoso, es posible, como ya se había mencionado antes, operar el dispositivo según la invención de manera que no se exceda de una fracción predeterminada del gas de producto en el efluente gaseoso.

Otra forma preferida de la presente invención se caracteriza porque el compresor (4), cuyo número de revoluciones es preferentemente regulable, y/o el equipo regulador de presión (5) se conectan con un, o con el equipo de control (7). Al proporcionar, por ejemplo, un sensor de gas, en la zona de la salida de permeado (1c), el cual puede medir, por ejemplo, directa o indirectamente la concentración de gas de producto en el efluente gaseoso, es posible, como ya se ha mencionado antes, operar el dispositivo según la invención de manera que no se exceda de una fracción predeterminada de gas de producto en el efluente gaseoso.

En este caso es asimismo ventajoso si el equipo regulador de presión (6) está conectado con uno o con el equipo de control (7). Al proporcionar, por ejemplo, un sensor de gas en la zona de la salida de permeado (1c), el cual puede medir directa o indirectamente, por ejemplo, la concentración de gas de producto en el efluente de gas, es posible, como ya se había mencionado antes, operar el dispositivo según la invención de manera que no se exceda de una fracción predeterminada de gas de producto en el efluente gaseoso.

Según otro aspecto de la presente invención, el mencionado dispositivo se emplea para la separación de una mezcla gaseosa con una fracción en la mezcla gaseosa de más de 50 % en volumen, de preferencia más de 55 % en volumen, 60 % en volumen, 65 % en volumen, 70 % en volumen, 75 % en volumen, 80 % en volumen, 85 % en volumen, de modo principalmente preferido más de 90 % en volumen o 95 % en volumen de CH₄/CO₂ en la mezcla gaseosa con una concentración de metano no superior a 30 % en volumen en CH₄ como gas de producto y principalmente CO₂ como efluente gaseoso. Ejemplos de mezclas gaseosas de este tipo son gas magro, gas de mina, biogás, etcétera.

Otro aspecto más de la presente invención se refiere a un procedimiento para separar una mezcla gaseosa con una fracción en la mezcla gaseosa de más de 50 % en volumen, de preferencia más de 55 % en volumen, 60 % en volumen, 65 % en volumen, 70 % en volumen, 75 % en volumen, 80 % en volumen, 85 % en volumen, de modo principalmente preferido más de 90 % en volumen o 95 % en volumen de CH₄/CO₂ y con una concentración de metano no superior a 30 % en volumen en el gas de producto y efluente gaseoso por medio de permeación de gas, **caracterizado porque** el permeado de una unidad de membrana (1) se obtiene parcialmente en flujo paralelo y parcialmente a contraflujo, en cuyo caso el permeado obtenido en flujo paralelo es presurizado y se reintroduce a la unidad de membrana (1) en forma de gas de suministro; se descarga el permeado obtenido en contra-flujo como efluente gaseoso y, además, el retenido de la unidad de membrana (1) por la salida de retenido (1b) de la unidad de membrana (1) y por un equipo regulador de presión (2) provisto allí se descarga en forma de gas de producto, en cuyo caso la descarga del permeado obtenido en contraflujo es controlada o regulada dependiendo de la concentración del gas de producto en el efluente gaseoso. La descarga del permeado obtenido en flujo paralelo se efectúa en este caso mediante la mencionada presurización, por lo cual el permeado se reintroduce como gas de suministro a la unidad de membrana.

De preferencia en este caso se prevé que se eleve la presión del retenido en la unidad de membrana (1). Como ya se ha expuesto, por ejemplo, proporcionando una resistencia como se ha divulgado antes con respecto a la resistencia (2), la presión del retenido se incrementa en la unidad de membrana, lo cual conduce posteriormente a un incremento del permeado obtenido en flujo paralelo.

La presente invención se explica más detalladamente ahora con referencia a las figuras adjuntas.

La Fig. 1 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo según la invención con una unidad de membrana (1), un equipo regulador de presión (2) y un compresor (3) antepuesto a la unidad de membrana;

La Fig. 2 muestra un diagrama de bloques del dispositivo de la Fig. 1 adicionalmente con un segundo equipo regulador de presión (5), así como un segundo compresor (4);

La Fig. 3 muestra un diagrama de bloques del dispositivo de la Fig. 2 adicionalmente con un tercer equipo regulador de presión (6), y

La Fig. 4 muestra un diagrama de bloques del dispositivo de la Fig. 3 adicionalmente con un equipo de control (7);

La Fig. 5 muestra una comparación entre los valores logrados al operar la misma unidad de membrana en contraflujo, en flujo paralelo, así como de acuerdo con la presente invención (con operación parcial en flujo paralelo);

La Fig. 6 muestra los resultados logrados con respecto a la recuperación al cambiar sin etapas la fracción en áreas de membrana operadas en flujo paralelo, en cuyo caso fue usada la misma unidad de membrana que para los resultados de la figura 5, y

Las Figs. 7a y 7b muestran una ilustración de los términos usados según la invención flujo paralelo y contraflujo y "al menos parcialmente" y "principalmente".

La unidad de membrana según la Fig. 1 presenta una entrada de gas (1a), una salida de retenido (1b) y una salida adicional de permeado (1c'). En la unidad de membrana (1) se extrae efluente gaseoso producido en la zona de contraflujo por la salida de permeado (1c), en la zona de flujo paralelo por la salida de permeado (1c') y por medio del compresor (3) el permeado succionado se reintroduce en forma de gas de suministro por medio del compresor (3) a la unidad de membrana (1). De esta manera, a través del compresor (3), la entrada de gas (1a) y la salida de permeado (1c') en la unidad de membrana (1), el efluente gaseoso separado es conducido en circuito en la zona de flujo paralelo. El gas de producto se extrae por la salida de retenido (1b), en cuyo caso el equipo regulador de presión (2) allí provisto sirve para incrementar la presión en el espacio de retenido de la unidad de membrana (1), por lo cual la operación según la invención de la membrana separadora se vuelve controlable en flujo paralelo parcial. Con respecto a la Fig. 1, independientemente de donde están ubicadas exactamente, una con respecto a otra, las salidas del permeado (aparte de que la salida de permeado 1c' tiene que estar obligatoriamente corriente abajo de la entrada de gas 1a) se aplica lo siguiente:

con respecto a la salida de permeado 1c, en flujo paralelo se obtiene un permeado que proviene de la zona izquierda (visto desde la salida 1c) del espacio de permeado, ya que la dirección de flujo del retenido de la entrada de gas 1a a la salida de retenido 1b es igual con la dirección de flujo desde la zona izquierda del espacio de permeado a la salida de permeado 1c. Por otra parte, en contraflujo se obtiene un permeado proveniente desde la

zona derecha (visto de la salida 1 c) del espacio de permeado, ya que la dirección de flujo del retenido de la entrada de gas 1a a la salida de retenido 1b es opuesta a la dirección de flujo de la zona derecha del espacio de permeado hacia la salida de permeado 1c.

5 Algo similar se aplica con respecto a la salida de permeado 1c'; allí se obtiene, igualmente en flujo paralelo, un permeado que proviene de la zona izquierda (vista desde la salida 1c') del espacio de permeado, ya que la dirección de flujo del retenido de la entrada de gas 1a a la salida de retenido 1b es igual con la dirección de flujo de la zona izquierda del espacio de permeado hacia la salida de permeado 1c'. Por otra parte, se obtiene en contraflujo un permeado que proviene de la zona derecha (vista desde la salida 1c'), ya que la dirección de flujo del retenido de la entrada de gas 1a hacia la salida de retenido 1b es opuesta a la dirección de flujo de la zona derecha del espacio de permeado hacia la salida de permeado 1c'. Se entiende por sí mismo que en ninguna salida de permeado puede estar presente un permeado que provenga de zonas de la membrana que hayan sido operadas exclusivamente en flujo paralelo o exclusivamente en contraflujo.

15 En la Fig. 2 se muestra la forma de realización de la Fig. 1, en la cual en el conducto que va a continuación de la salida de permeado (1c) se provee un segundo equipo regulador de presión (5) y un segundo compresor (4), cuyo número de revoluciones es preferentemente regulable. Al cerrar el equipo regulador de presión (5) se atasca el efluente gaseoso en el espacio del retenido de la unidad de membrana (1), por lo cual obligatoriamente tiene que salir más retenido a la salida del retenido (1c'), por lo cual se agranda el área, operada en flujo paralelo, de la membrana separadora. Si, por otra parte, el equipo regulador de presión (5) se abre completamente y se inicia el compresor (4), cuyo número de revoluciones es preferentemente regulable, obligatoriamente tiene que salir más retenido a la salida del retenido (1c), por lo cual se eleva la descarga de efluente gaseoso de la primera salida de permeado (1c) y se reduce el área operada en flujo paralelo de la membrana separadora.

20 En la Fig. 3 se muestra la forma de realización de la Fig. 2, en la cual en el conducto entre la salida de permeado (1c') y el compresor (3) o el conducto de acceso al compresor (3) se provee otro equipo regulador de presión (6). Por medio de este equipo regulador de presión (6) puede disminuirse la salida de permeado del espacio de permeado de la unidad de membrana (1) a través de la salida de permeado (1c') independientemente de la potencia el compresor (3), por lo cual las proporciones de presión en el espacio de permeado cambian cerca de la salida de permeado (1c'). En el atasco generado, el retenido se abre paso de manera intensa hacia la salida del retenido (1c), por lo cual también se reduce el área operada en flujo paralelo de la membrana de separación.

25 En la figura 4 se muestra la forma de realización de la Fig. 3, en la cual los equipos reguladores de presión (2, 5, 6) y el compresor (3, 4) se conectan con un equipo de control (7). A este respecto puede decirse expresamente que según la invención también se provee una conexión de solamente algunos de los equipos individuales (2, 3, 4, 5, 6) con el equipo de control. Sensores necesarios eventualmente para la operación del equipo de control, por ejemplo, sensores de gas, sensores de presión y/o sensores de circulación, no se muestran en las figuras 1 a 4. El equipo de control (7) se dispone de manera tal que la apertura y el cierre de los equipos reguladores de presión (2, 5, 6) pueda proveer independientemente entre sí una regulación asimismo independiente del número de revoluciones del compresor (3, 4).

30 De la figura 5 puede verse que los valores para la operación de la unidad de membrana en contra-flujo o en flujo paralelo se distinguen entre sí sólo un poco; solamente al operar parcialmente el área de membrana en contraflujo y al operar parcialmente en flujo paralelo puede detectarse un incremento ostensible de la recuperación. Esto es favorable si al usar la unidad de membrana según la invención o al operar la unidad de membrana de acuerdo con la presente invención a una concentración de metano en el gas de suministro inferior al 30 % en volumen, la fracción de metano en el efluente gaseoso puede reducirse a niveles hasta ahora no alcanzados, lo cual trae ventajas esenciales principalmente con respecto a la eficiencia de la separación de metano del gas de suministro usado. Se entiende que el dispositivo según la invención puede usarse no solamente para la separación de metano de un gas de suministro que contiene metano, sino que, al usar membranas de permeación adecuadas para la mezcla gaseosa respectiva, puede incrementarse esencialmente la recuperación de gas producto para cualquier mezcla gaseosa.

De la figura 7a, de conformidad con la figura 1, puede verse fácilmente que en el caso de un permeado que sale o se extrae en 1c' en su mayoría (es decir más de la mitad) proviene de las membranas que han sido operadas en flujo paralelo.

50 Si ahora, a partir de la situación representada en la figura 7a, se reduce el número de revoluciones del compresor (3), también cambia la composición del permeado que sale o se descarga en 1c', entonces el permeado provendrá menos de zonas de las membranas que hayan sido operadas en flujo paralelo (véase la figura 7 b).

55 Tal como ya se ha expuesto, el equipo regulador de presión sirve en este caso para proporcionar una resistencia por el lado del retenido en la unidad de membrana; sin el equipo regulador de presión (2), en el espacio del retenido no se presentaría una contrapresión y no sería posible una separación. En el espacio del retenido se proporcionan incrementos de presión la mayoría de las veces mediante incrementos del número de revoluciones del compresor (3), por lo cual también cambia la cantidad de gas introducida a la unidad de membrana.

Además, para el experto en la materia también es claro que sobre una membrana de separación usada según la invención siempre hay gradientes de concentración con respecto al metano que pasa por la membrana; en la parte derecha de la membrana (cerca de la salida del retenido 1b) el permeado en el espacio del permeado es en todo caso más rico en metano que en la parte izquierda de la membrana (cerca de la entrada del gas de suministro 1a).

- 5 Sin la unidad de membrana según la invención por el lado del retenido se genera una resistencia (por ejemplo, cerrando aún más la válvula reguladora (2), por lo cual se acumula presión en el espacio del retenido) y la salida del permeado (1c') de la unidad de membrana (1) se conecta mediante conductos por el lado de succión con el compresor (3) o con el suministro de gas que conduce al compresor; el permeado se extrae por la salida del permeado (1c') y vuelve a agregarse al gas de suministro. La composición del permeado que se descarga por la salida del permeado (1c') puede influenciarse en este caso por el número de revoluciones seleccionado del compresor (3). Incrementando el número de revoluciones se aumenta la cantidad de permeado que proviene de áreas de la membrana que se operan en flujo paralelo (figura 7a); al reducir el número de revoluciones, se reduce de manera correspondiente la cantidad de permeado que proviene de zonas de la membrana que se operan en flujo paralelo (figura 7b).
- 10
- 15 Puesto que la cantidad total de permeado que pasa por la membrana puede mantenerse prácticamente constante (un incremento de presión en el espacio del retenido, causado por el incremento del número de revoluciones del compresor (3) y una capacidad de separación modificada de la membrana, asociada con el primero, puede compensarse abriendo de manera correspondiente el equipo regulador de presión (2) y, por tanto, reduciendo la resistencia), la composición del efluente gaseoso puede controlarse con respecto a su contenido de metano según la invención mediante el número de revoluciones del compresor (3).
- 20

Sin embargo, la actuación del efecto inventivo se limita a concentraciones de metano en el gas de suministro de no más de 30 % en volumen, es decir que no se logra sólo por el equipo regulador de presión (2), ya que este sirve solamente para proporcionar una resistencia en el espacio del retenido de la unidad de membrana según la invención. El efecto deseado se logra mediante el número de revoluciones del compresor (3), opcionalmente en combinación con el equipo regulador de presión (2).

25

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para separar una mezcla de gas en un gases de producto y un efluente gaseoso por medio de permeación de gas con una unidad de membrana (1) y un compresor (3) que está antepuesto a la unidad de membrana (1) y cuyo número de revoluciones es preferentemente regulable; presentando dicha unidad de membrana (1) una entrada de gas (1a), una salida de gas retenido o de producto (1b) y una salida de gas permeado o de escape (1c), donde la unidad de membrana (1) presenta al menos otra salida de permeado (1c'), que se encuentra corriente abajo de la entrada de gas (1a), y la salida del permeado (1c') de la unidad de membrana (1) está conectada por medio de tubos, por el lado de succión, al compresor (3) o al suministro de gas conductor hacia el compresor **caracterizado porque** a, o después de, la salida del gas retenido (1b) hay previsto un equipo regulador de presión (2) y se usa una mezcla gaseosa con una fracción de más del 50 % en volumen, de preferencia más del 55 % en volumen, 60 % en volumen, 65 % en volumen, 70 % en volumen, 75 % en volumen, 80 % en volumen, 85 % en volumen, de modo principalmente preferido más del 90 % en volumen o del 95 % en volumen de CH₄/CO₂ en la mezcla gaseosa y una concentración de metano que no está por encima del 30 % en volumen, en cuyo caso la descarga del gas permeado se controla o se regula por medio de la salida de permeado (1c') dependiendo de la concentración del gas producto en el efluente gaseoso.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la primera salida de gas permeado (1c) o después de la misma hay previsto o previstos un compresor (4), cuyo número de revoluciones es preferentemente regulable, y/o un equipo regulador de presión (5).
3. Dispositivo según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** en el conducto de la salida de gas permeado (1c') de la unidad de membrana (1) hay previsto un equipo regulador de presión (6) por el lado de succión al compresor (3) o en el suministro que conduce hacia el compresor.
4. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el compresor (3), cuyo número de revoluciones es regulable, y el equipo regulador de presión (2) están conectados a un equipo de control (7).
5. Dispositivo según las reivindicaciones 2 o 4, **caracterizado porque** el compresor (4), cuyo número de revoluciones es preferentemente regulable, y/o el equipo regulador de presión (5) están conectados a uno o al equipo de control (7).
6. Dispositivo según las reivindicaciones 3 o 5, **caracterizado porque** el equipo regulador de presión (6) está conectado a uno o al equipo de control (7).
7. Uso de un dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 6 para la separación de una mezcla gaseosa con una fracción en la mezcla gaseosa de más del 50 % en volumen, de preferencia más del 55 % en volumen, 60 % en volumen, 65 % en volumen, 70 % en volumen, 75 % en volumen, 80 % en volumen, 85 % en volumen, de modo principalmente preferido más de 90 % en volumen o del 95 % en volumen de CH₄/CO₂ y una concentración de metano que no está por encima del 30 % en volumen en CH₄ como gas de producto y CO₂ como efluente gaseoso.
8. Procedimiento para separar por medio de permeación de gas una mezcla gaseosa con una fracción en la mezcla gaseosa de más del 50 % en volumen, de preferencia más del 55 % en volumen, 60 % en volumen, 65 % en volumen, 70 % en volumen, 75 % en volumen, 80 % en volumen, 85 % en volumen, de modo principalmente preferido más del 90 % en volumen o del 95 % en volumen de CH₄/CO₂ y una concentración de metano que no está por encima del 30 % en volumen en el gas de producto y en el efluente gaseoso, **caracterizado porque** el permeado de una unidad de membrana (1) se recupera parcialmente en flujo paralelo y parcialmente a contraflujo, siendo presurizado el gas permeado obtenido en flujo paralelo e introduciéndose en la unidad de membrana (1) como gas de suministro, el gas permeado obtenido en contraflujo se descarga como efluente gaseoso y, además, el gas retenido de la unidad de membrana (1) se descarga como gas de producto a través de la salida del gas retenido (1b) de la unidad de membrana (1) y de un equipo regulador de presión (2) proporcionado allí, controlándose o regulándose la descarga del gas permeado obtenido en flujo paralelo dependiendo de la concentración del gas producto en el efluente gaseoso.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** se incrementa la presión del gas retenido en la unidad de membrana (1).

Fig. 1

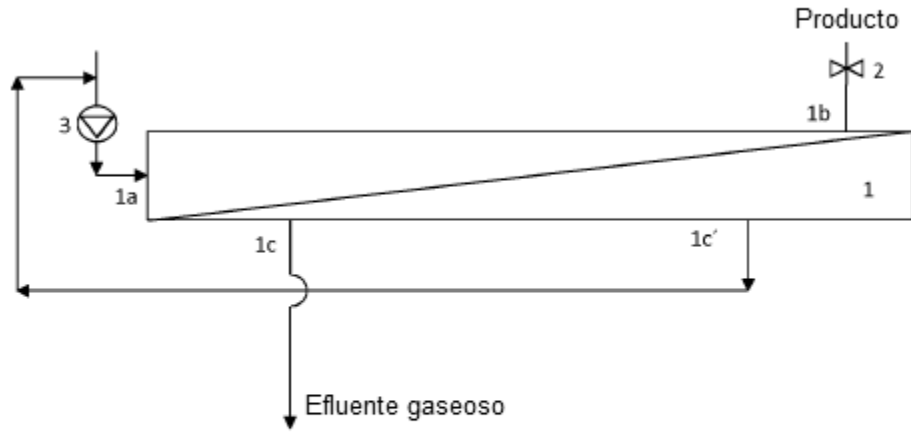


Fig. 2

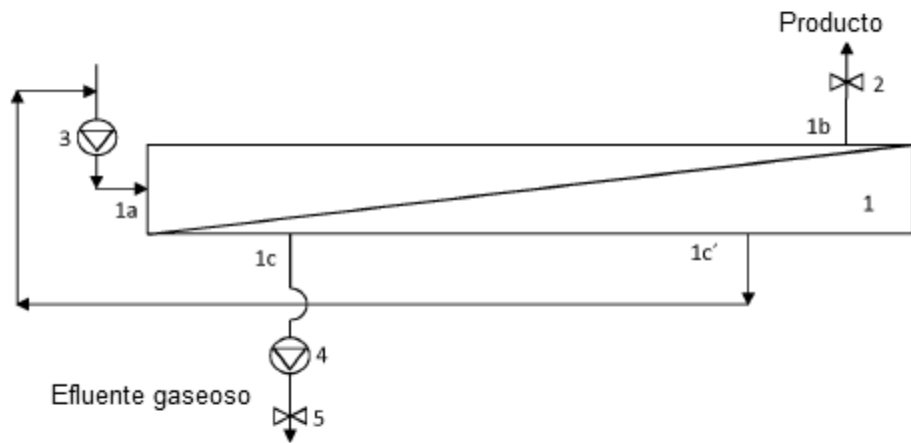


Fig. 3

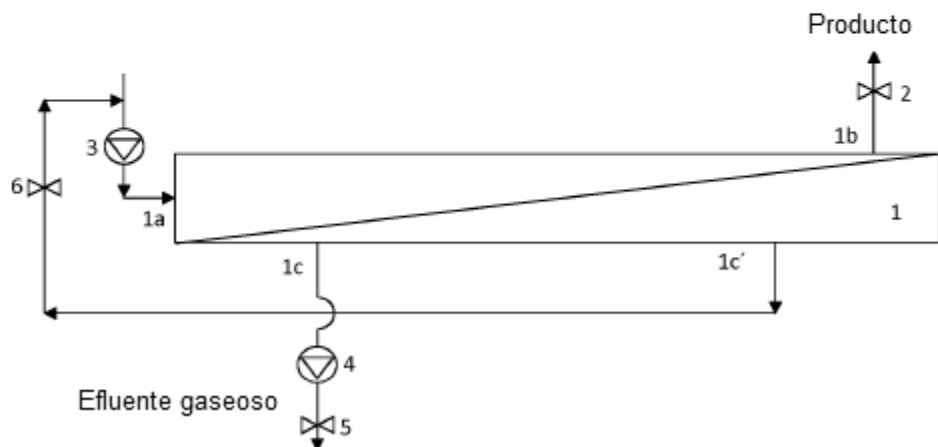


Fig. 4

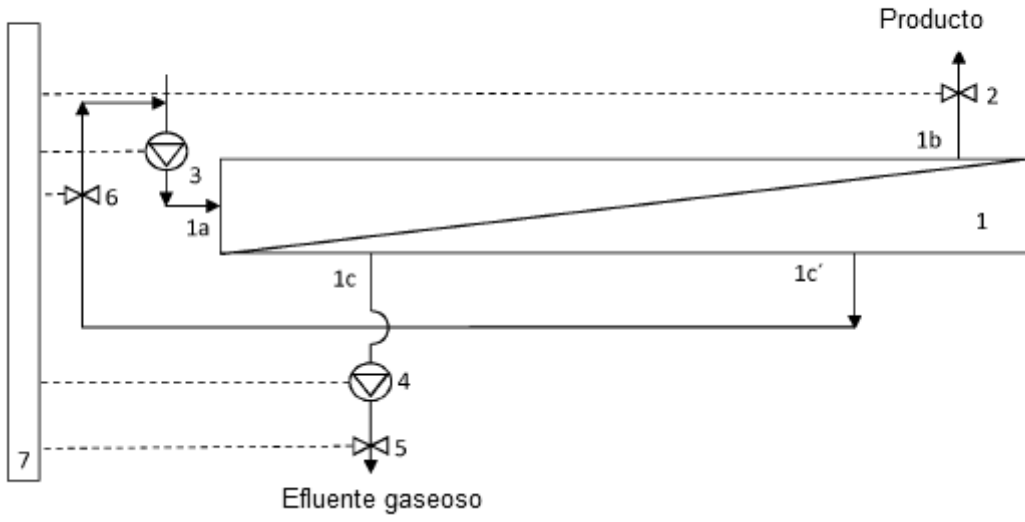


Fig. 5

Operación de la unidad de membrana en contraflujo									
Suministro		Efluente gaseoso				Producto			Selectividad
%	Nm ³ /h	%	Nm ³ /h	%	Nm ³ /h	KWh/Nm ³ RG	% de recuperación	KWh/Nm ³ RG	CO ₂ /CH ₄
16,00	0,4960	1,19	0,0274	59,21	0,4689				
84,00	2,6040	98,81	2,2806	40,79	0,3231	0,4335	94,48		55,00
	3,1000		2,3080		0,7920				
Total									

Operación de la unidad de membrana en flujo paralelo									
Suministro		Efluente gaseoso				Producto			Selectividad
%	Nm ³ /h	%	Nm ³ /h	%	Nm ³ /h	KWh/Nm ³ RG	% de recuperación	KWh/Nm ³ RG	CO ₂ /CH ₄
16,00	0,4960	1,19	0,0273	58,52	0,4682				
84,00	2,6040	98,81	2,2727	41,48	0,3318	0,4287	94,44		55,00
	3,1000		2,3000		0,8000				
Total									

Operación de la unidad de membrana según la presente invención (50% del área en contraflujo - 50% del área en flujo paralelo)									
Suministro		Efluente gaseoso				Producto			Selectividad
%	Nm ³ /h	%	Nm ³ /h	%	Nm ³ /h	KWh/Nm ³ RG	% de recuperación	KWh/Nm ³ RG	CO ₂ /CH ₄
16,00	0,4960	0,39	0,0061	31,92	0,4900				
84,00	2,6040	99,61	1,5589	68,08	1,0450	0,3205	98,78		55,00
	3,1000		1,5650		1,5350				
Total									

Operación contraflujo/flujo paralelo		Operación
kwh/Nm ³ RG	Área de membrana en flujo paralelo	sin etapas es posible
0,1107	0	94,48
0,1155	0,1	95,68
0,123	0,2	96,74
0,1333	0,3	97,61
0,1454	0,4	98,28
0,1586	0,5	98,78

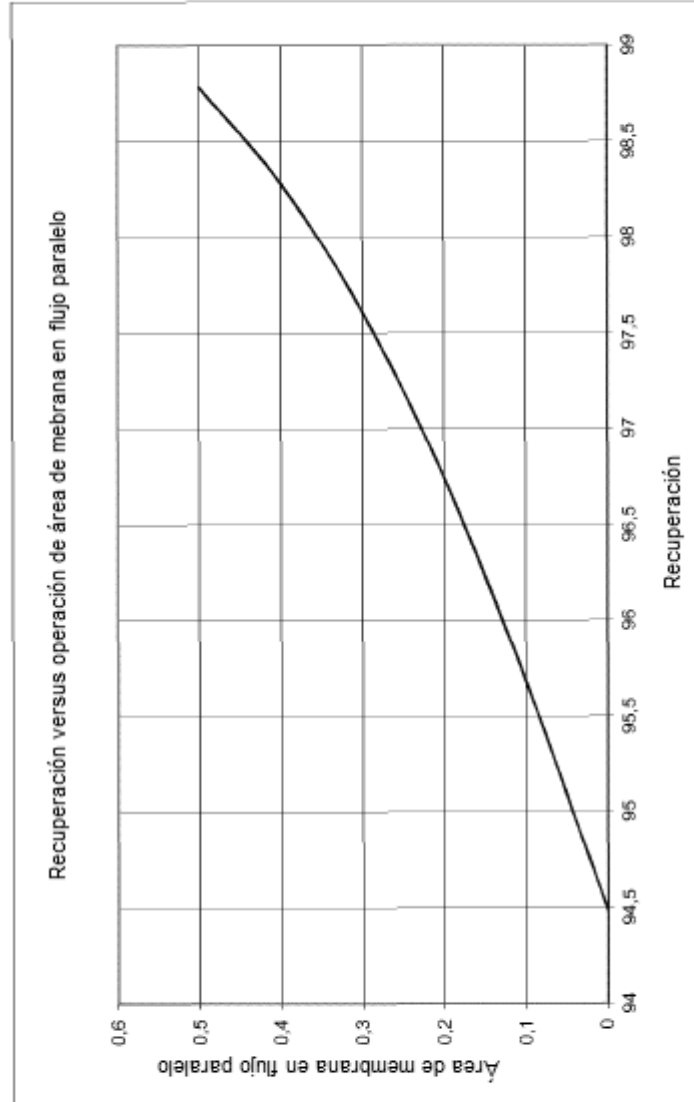


Fig. 6

Fig. 7a

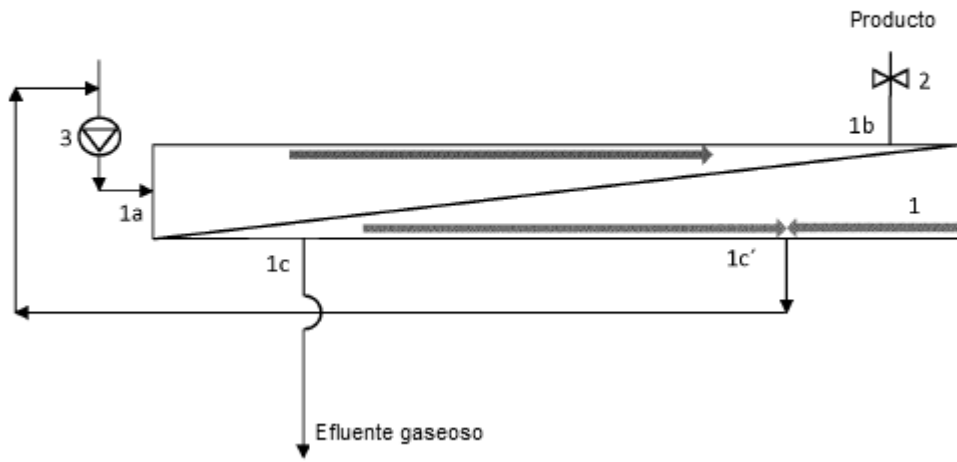


Fig. 7b

