

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 169**

51 Int. Cl.:

**C07C 7/13**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2014 E 14168593 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 2803656**

54 Título: **Método y dispositivo para separar una mezcla de gas que comprende dióxido de carbono y metano**

30 Prioridad:

**16.05.2013 NL 2010816**

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

**29.07.2019**

73 Titular/es:

**GREEN VISION HOLDING B.V. (100.0%)  
Westervoortsedijk 73  
6827 AV Arnhem, NL**

72 Inventor/es:

**WESTENDORP, GERARD;  
OUDENHOVEN, TOM MARTIN JACOB;  
WANG, HUGUI;  
DER KINDEREN, JOANNES MARIA y  
REP, MARCO**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 721 169 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

Método y dispositivo para separar una mezcla de gas que comprende dióxido de carbono y metano

5 La invención se refiere a un método para la separación de una primera mezcla de gas que comprende dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>) en una segunda mezcla de gas con un contenido relativamente alto de metano y una  
 10 tercera mezcla de gas con un contenido relativamente alto dióxido de carbono, comprendiendo las etapas de (i) proporcionar la primera mezcla de gas, (ii) admitir la primera mezcla de gas en al menos un recipiente en el que se recibe una masa de adsorción para la adsorción de dióxido de carbono, (iii) descargar la segunda mezcla de gas separada del recipiente, y (iv) descargar la tercera mezcla de gas del recipiente.

15 Un ejemplo de una mezcla de gas que comprende dióxido de carbono y metano es el biogás. El biogás es visto como una importante fuente de energía renovable potencial. El biogás se libera, por ejemplo, en los vertederos. Este gas puede ser extraído del vertedero y puede procesarse después en un portador de energía útil.

20 Esta producción de biogás a partir de residuos (biológicos) puede acelerarse mediante la utilización de una instalación de fermentación. Los residuos biológicos tales como estiércol de granja y material orgánico se fermentan en esta instalación de fermentación en una mezcla de biogás que comprende CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> y el digestato restante. El digestato puede utilizarse como fertilizante en la agricultura. La mezcla de biogás se puede convertir en calor y electricidad por medio de un motor de combustión. Otra opción es aumentar el contenido de energía de esta mezcla de gas mediante el aumento del contenido de CH<sub>4</sub> en esta mezcla CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> mediante la separación de CO<sub>2</sub> de la misma.

25 Se sabe del lavado de CO<sub>2</sub> fuera de la mezcla de biogás por medio de agua. Aquí la mezcla de biogás se pone en contracorriente con respecto a un flujo de agua. Ambos flujos tienen una alta presión (por ejemplo 10 bares (a)), y las moléculas de CO<sub>2</sub> de la mezcla de gas se disuelven en el líquido como resultado de esta alta presión. Con el fin de maximizar la superficie de contacto entre el líquido y las fases de gas se hace uso de una columna de apilado (torre), donde el agua fluye hacia abajo desde la parte superior y la mezcla de gas hacia arriba desde la parte inferior. La presión del agua saturada con CO<sub>2</sub> se reduce en una segunda etapa, con lo que en las moléculas de CO<sub>2</sub> disuelto se liberan una vez más en la fase de gas. Después de la compresión, esta agua se puede utilizar una vez más en la fase de adsorción. Se describe que una pureza del 97 % se puede conseguir con un rendimiento del 97 % y superior.

35 El lavado de CO<sub>2</sub> con un líquido tiene el inconveniente de que requiere una etapa de compresión, en la que tanto el biogás como el líquido de lavado se llevan a una presión determinada, o una etapa de regeneración térmica en la que el líquido de lavado saturado con CO<sub>2</sub> se regenera. Tanto una etapa de compresión como una etapa de regeneración térmica utilizan una cantidad relativamente grande de energía, y son, por tanto, relativamente costosas.

40 El documento EP 0 314 040 A1 divulga un método y un dispositivo para la separación de dióxido de carbono y metano en una producción de gas urbano, comprendiendo el método las etapas de adsorber el gas de dióxido de carbono y la humedad del gas reformado producida, despresurización y represurización. El adsorbente utilizado es un tamiz molecular de carbono. La presión de la mezcla de gas de entrada es de 9 bares, mientras que el gas de escape se elimina a presiones sub-atmosféricas tan bajas como 0,07 bares.

45 Se conoce a partir del documento CN 102391898 A un método para la separación y purificación de dióxido de carbono en gas de los pantanos aplicando un proceso de *adsorción por oscilación de presión* (PSA). De acuerdo con este método, las moléculas de dióxido de carbono del gas de los pantanos se adsorben a alta presión en un absorbente, que libera después los módulos de dióxido de carbono a una presión baja. Este método tiene también el inconveniente de que el gas de los pantanos tiene que ser llevado a la presión, haciendo que el método sea relativamente costoso.

50 Un objetivo de la invención es proporcionar un método de acuerdo con el que es posible de manera sencilla y con ahorro de costes separar gas metano y gas de dióxido de carbono del biogás.

55 Un objetivo adicional es proporcionar el metano separado a una pureza del 91 % al 99,9 %, medida en concentraciones volumétricas (% en volumen). A estas concentraciones, el metano separado se reforma en biometano con un poder calorífico que cumple con los estándares de calidad establecidos para el biometano en la mayoría de los países industrializados.

60 Este objetivo se consigue, y otras ventajas se alcanzan, con un método de acuerdo con el preámbulo que se realiza de acuerdo con la invención en consonancia con un *proceso de adsorción por oscilación de vacío* (*proceso VSA*), en el que la admisión de la primera mezcla de gases durante la etapa (ii) tiene lugar bajo una presión absoluta de un máximo de 1,5 bares y la descarga de la tercera mezcla de gas durante la etapa (iv) tiene lugar bajo una presión absoluta de un máximo de 0,5 bares, y en el que la masa de adsorción comprende un material de *tamiz molecular de carbono* (CMS).

Un método para separar dióxido de carbono y metano de acuerdo con la invención ofrece la ventaja de que, debido a la ausencia de etapas que comprenden la compresión o regeneración térmica, se requiere relativamente poca energía. Además, se ha encontrado que, con una masa de adsorción con material de CMS, se consiguen rendimientos excepcionalmente altos de metano (por ejemplo, 90-99 %) con una pureza de al menos el 97 % en volumen de metano.

En una realización de un método de acuerdo con la invención, la admisión de la primera mezcla de gas de acuerdo con la etapa (ii) se realiza utilizando un ventilador o soplador.

En otra realización la descarga de la segunda mezcla de gas de acuerdo con la etapa (iii) se realiza utilizando un ventilador o soplador.

Un rendimiento excepcionalmente alto de metano se consigue cuando la tercera mezcla de gas que se descarga de acuerdo con la etapa (iv) se añade a una primera mezcla de gas para su admisión de acuerdo con la etapa (ii).

En otra realización, el tiempo de residencia de la primera mezcla de gas admitida en el recipiente de acuerdo con la etapa (ii), que se define como el cociente del volumen vacío del recipiente y el caudal de la primera mezcla de gas admitida de acuerdo con la etapa (ii), tiene un valor en el intervalo entre 6 s y 36 s.

Se ha encontrado que el rendimiento y la pureza del metano que se va a separar de la primera mezcla de gas son óptimas durante tal tiempo de residencia.

En una realización ventajosa, el material de *tamiz molecular de carbono* (CMS) comprende poros con un diámetro en el intervalo entre 0,2 nm y 0,4 nm.

La invención se refiere también a un dispositivo para la separación de una primera mezcla de gas que comprende dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>) en una segunda mezcla de gas con un contenido relativamente alto de metano y una tercera mezcla de gas con un contenido relativamente alto de dióxido de carbono, que comprende un número de recipientes, en el que cada recipiente tiene al menos una entrada y una salida, y una masa de adsorción que comprende material de *tamiz molecular de carbono* (CMS) para la absorción del dióxido de carbono que se proporciona en cada uno de estos recipientes, en el que la entrada de cada uno de estos recipientes se conecta a un conducto de entrada en el que se proporciona un soplador o ventilador y en el que la salida de cada uno de estos recipientes se conecta a un conducto de salida en el que se proporciona un soplador o ventilador.

En una realización la entrada de cada uno de estos recipientes se conecta a un conducto de salida para la tercera mezcla de gas en la que se proporciona un soplador o ventilador.

La invención se aclarará a continuación basándose en una realización a modo de ejemplo, con referencia al dibujo.

En el dibujo

la Figura 1 muestra una vista esquemática de un dispositivo de acuerdo con la invención para la separación de una primera mezcla de gas, por ejemplo, biogás, que comprende dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>), y la Figura 2 muestra un gráfico de la presión como una función del tiempo en un recipiente de adsorción del dispositivo mostrado en la Figura 1.

La Figura 1 muestra un dispositivo de VSA 10 que comprende cuatro recipientes 1, 2, 3, 4 con sensores de presión 19, teniendo cada uno un lecho de adsorción, por ejemplo, una masa de adsorción 5 con material de CMS, y una entrada 6 y una salida 7. Los recipientes 1, 2, 3, 4 se conectan a cuatro conductos paralelos, es decir, un conducto de distribución 8 con el soplador 20 para separar la mezcla de gas (biogás), un colector 9 para el gas producto separado (metano) con el sensor de presión 19, una válvula 18 y un soplador 21, un colector 11 para el gas de escape separado (dióxido de carbono) con una válvula anti-retorno 25, un sensor de presión 19 y una bomba de vacío 22, y un conducto de distribución 12 para la igualación y limpieza de gas. Presente en cada uno de los conductos 8, 9, 11, 12 para cada uno de los recipientes respectivos 1, 2, 3, 4 hay una válvula de alimentación 13, una válvula de producto 14, una válvula de gas de escape 15 y una válvula de igualación y limpieza 16. Un recipiente de producto 17 con una válvula anti-retorno 18 y un sensor de presión 19 también se muestran. El dióxido de carbono descargado con el colector 11 puede descargarse a través de una salida 23 al entorno exterior o se puede alimentar de nuevo al conducto de distribución 8 a través de un conducto de circulación 24 con válvula de retención 25 y un soplador 26.

### Ejemplo

La presión de biogás con una presión de 1 bar (a), que se suministra a través del conducto de distribución 8, se aumenta a, por ejemplo, 1,1 bares (a) utilizando el soplador 20 y se guía, por ejemplo, en el primer recipiente durante un período de tiempo determinado, el tiempo de adsorción. A la presión de 1,1 bares (a) el dióxido de carbono es adsorbido en el material de CMS. El tiempo de adsorción se determina por la concentración final

requerida de metano en el gas producto. A un tiempo de residencia, definido como la relación del volumen de lecho (vacío) ( $m^3$ ) y el caudal de gas normalizado ( $m^3/s$  a 1,013 mbar y 0 °C), de 27 s, se ha encontrado que el tiempo de adsorción óptima es de 4 minutos. Después de este proceso de adsorción, la presión del lecho de adsorción en el recipiente 1 se reduce por medio de una primera etapa de igualación de presión con el lecho de adsorción en el  
5 recipiente 2. Después de esta etapa, hay una segunda etapa de igualación de presión con el lecho de adsorción en el tercer recipiente 3. Dependiendo del número de lechos disponibles, esta etapa de igualación se puede repetir un número de veces. Después de las etapas de igualación, el lecho se puede enjuagar limpiándose con una mezcla de gases que no comprende nada de dióxido de carbono (gas de purga). En este ejemplo, el gas producto limpio se utiliza para este propósito. La dirección del flujo de este gas de purga en relación con el gas de  
10 alimentación puede ser tanto una dirección de flujo conjunto como una a contracorriente. El gas de purga que se descarga del recipiente puede descargarse o mezclarse con la mezcla de biogás entrante (flujo de recirculación). En lugar de utilizar gas producto limpio como gas de purga, se puede también hacer uso de nitrógeno o aire. Después de enjuagar el lecho, la presión se reduce aún más a 100 mbar (a) y se reduce el uso de la bomba de vacío. Cada lecho sucesivo sufre el mismo proceso que se describe para el primer lecho.

15 Se ha encontrado que, cuando el tiempo de residencia es de 27 s a una presión del biogás suministrados de 1,1 bares (a), se consigue una pureza del 99,1 % en volumen con un rendimiento del 98,6 % de metano.

20 La Figura 2 muestra la presión en un recipiente, en este caso el primer recipiente 1 del dispositivo VSA 10, como porcentaje de la presión máxima, como una función del tiempo, como porcentaje del tiempo de un ciclo de operación completo, para las etapas sucesivas de

25 (I) admitir gas producto separado (metano) del segundo recipiente 2 a través de la salida 7 del segundo recipiente 2 y la salida 7 del primer recipiente 1 hasta que la presión en el primer recipiente 1 haya alcanzado un valor predeterminado,

(II) admitir gas producto separado del tercer recipiente 3 a través de la salida 7 del tercer recipiente 3 y la salida 7 del primer recipiente 1 hasta que la presión en el primer recipiente 1 haya alcanzado un valor predeterminado,

30 (III) admitir gas producto separado del cuarto recipiente 4 a través de la salida 7 del cuarto recipiente 4 y la salida 7 del primer recipiente 1 hasta que la presión en el primer recipiente haya alcanzado un valor predeterminado,

(IV) admitir biogás en el primer recipiente 1 a través de la entrada 6 durante un periodo de tiempo predeterminado y, simultáneamente, descargar el gas producto separado a través de la salida 7 del primer recipiente 1 al recipiente de gas producto 17,

35 (V) descargar gas de producto separado del primer recipiente 1 en el tercer recipiente 3 a través de las salidas 7 de estos recipientes 1, 3,

(VI) descargar gas de producto separado del primer recipiente 1 en el cuarto recipiente 4 a través de las salidas 7 de estos recipientes 1, 4,

(VII) admitir gas de purga, y

40 (VIII) descargar gas rico en dióxido de carbono.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la separación de una primera mezcla de gas que comprende dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>) en una segunda mezcla de gas con un contenido relativamente alto de metano y una tercera mezcla de gas con un contenido relativamente alto de dióxido de carbono, que comprende las etapas de
- 10 (i) proporcionar la primera mezcla de gas,  
(ii) admitir la primera mezcla de gas en al menos un recipiente (1, 2, 3, 4) en el que se recibe una masa de adsorción (5) para la adsorción de dióxido de carbono,  
(iii) descargar la segunda mezcla de gas separada del recipiente (1, 2, 3, 4), y  
(iv) descargar la tercera mezcla de gas del recipiente (1, 2, 3, 4), **caracterizado por que**
- 15 el método se realiza de acuerdo con un proceso de adsorción por oscilación de vacío (proceso VSA), en el que la admisión de la primera mezcla de gas durante la etapa (ii) tiene lugar bajo una presión absoluta de un máximo de 1,5 bares, y la descarga de la tercera mezcla de gas durante la etapa (iv) tiene lugar bajo una presión absoluta de un máximo de 0,5 bares, y en donde la masa de adsorción (5) comprende material de tamiz molecular de carbono (CMS).
- 20 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la admisión de la primera mezcla de gas de acuerdo con la etapa (ii) se realiza utilizando un ventilador o un soplador (20).
- 25 3. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que la descarga de la segunda mezcla de gas de acuerdo con la etapa (iii) se realiza utilizando un ventilador o un soplador (21).
- 30 4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que la tercera mezcla de gas descargada de acuerdo con la etapa (iv) se añade a una primera mezcla de gas que se va a admitir de acuerdo con la etapa (ii).
- 35 5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el cociente del volumen vacío del recipiente (1, 2, 3, 4) y el caudal de la primera mezcla de gas admitida de acuerdo con la etapa (ii) tiene un valor en el intervalo entre 6 s y 36 s.
6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que el material tamiz molecular de carbono (CMS) comprende poros con un diámetro en el intervalo entre 0,2 nm y 0,4 nm.
7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la primera mezcla de gas se admite de acuerdo con la etapa (ii) durante un período de 2 a 8 minutos.
- 40 8. Dispositivo (10) para la separación de una primera mezcla de gas que comprende dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>) en una segunda mezcla de gas con un contenido relativamente alto de metano y una tercera mezcla de gas con un contenido relativamente alto de dióxido de carbono, que comprende varios recipientes (1, 2, 3, 4), en donde cada recipiente (1, 2, 3, 4) tiene al menos una entrada (6) y una salida (7), y una masa de adsorción (5) que comprende material de tamiz molecular de carbono (CMS) para la absorción de dióxido de carbono en cada uno de estos recipientes (1, 2, 3, 4), **caracterizado por que** la entrada (6) de cada uno de estos recipientes (1, 2, 3, 4) está conectada a un conducto de entrada (8) en el que se proporciona un soplador o un ventilador (20), y la salida (7) de cada uno de estos recipientes (1, 2, 3, 4) está conectada a un conducto de salida (9) en el que se proporciona un soplador o un ventilador (21).
- 45 9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** la entrada (6) de cada uno de estos recipientes (1, 2, 3, 4) está conectada a un conducto de salida (11) para la tercera mezcla de gases en el que se proporciona una bomba de vacío (22).
- 50 10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** la entrada (6) de cada uno de estos recipientes (1, 2, 3, 4) está conectada a un conducto de salida (11) para la tercera mezcla de gas en el que se proporcionan un ventilador o un soplador.
- 55



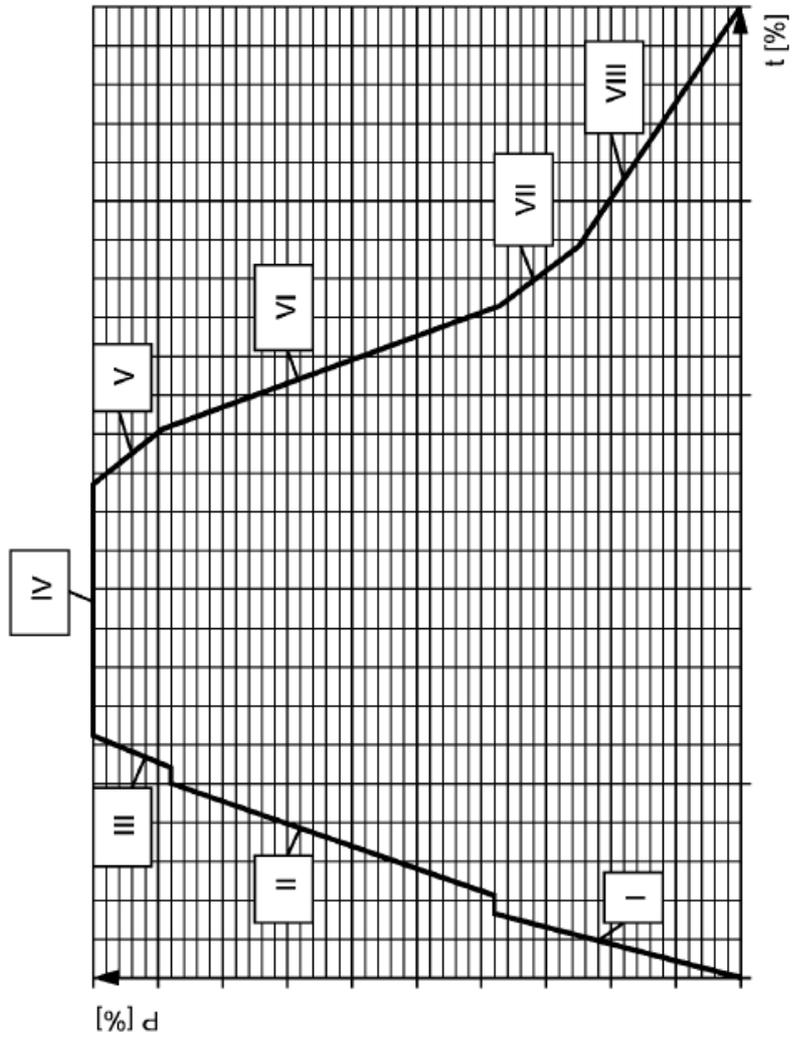


Fig. 2