

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 376**

51 Int. Cl.:

B01D 53/22	(2006.01)
B01D 53/26	(2006.01)
B01D 53/62	(2006.01)
B01D 67/00	(2006.01)
B01D 71/02	(2006.01)
C01B 3/50	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.05.2012 PCT/JP2012/061874**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.11.2012 WO12153763**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2012 E 12781627 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019 EP 2716347**

54 Título: **Sistema de separación/recuperación de CO₂ mediante membrana de zeolita**

30 Prioridad:

09.05.2011 JP 2011104382

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

05.12.2019

73 Titular/es:

**HITACHI Zosen CORPORATION (50.0%)
7-89, Nanko-kita 1-chome Suminoe-ku
Osaka-shi, Osaka 559-8559, JP y
JX NIPPON OIL & ENERGY CORPORATION
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**SAWAMURA, KEN-ICHI;
AIZAWA, MASANOBU y
SHIMIZU, TAKEHIRO**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 734 376 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

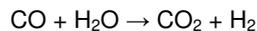
Sistema de separación/recuperación de CO₂ mediante membrana de zeolita

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un sistema de separación mediante membrana que recupera CO₂ con alta eficacia en la separación y recuperación del CO₂ en un proceso de producción e hidrógeno y similares.

Antecedentes

10 En un proceso de producción de hidrógeno que se emplea actualmente industrialmente se reforma un hidrocarburo o similar mediante reformado con vapor u oxidación parcial en un gas que contiene hidrógeno y monóxido de carbono como componentes principales y, a continuación, el monóxido de carbono se hace reaccionar con vapor según la siguiente fórmula química produciendo, de este modo, hidrógeno.



El gas producido de este modo, contiene una gran cantidad de CO₂ junto con hidrógeno y el CO₂ se elimina y recupera necesariamente para la utilización industrial de hidrógeno.

15 Como técnica de eliminación y recuperación de CO₂, actualmente se emplea un método de absorción química, tal como un método de absorción de aminas, un método de adsorción física, tal como PSA (adsorción por oscilación de presión) y similares. Sin embargo, estas técnicas de eliminación y recuperación de CO₂ consumen una gran cantidad de energía para un proceso de regeneración del absorbente o adsorbente y el coste de las mismas representa la mitad o más de los costes de separación de CO₂.

20 Al contrario, la separación mediante membrana puede hacerse funcionar continuamente y no requiere un proceso de regeneración del absorbente o adsorbente y, por lo tanto, la separación mediante membrana se espera que sea un proceso de ahorro energético.

Las bibliografías de patente 1 y 2 describen el uso de una membrana polimérica orgánica que funciona en condiciones en húmedo como una membrana de transporte facilitada de CO₂.

25 La Fig. 5 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de producción de hidrógeno mediante la separación y recuperación de CO₂ utilizando separación mediante membrana con la membrana polimérica orgánica descrita en las bibliografías de patente 1 y 2.

30 Se reforma un hidrocarburo o un alcohol como materia prima en un reformador (10) por vapor para formar H₂, CO₂, CO, CH₄ (pequeña cantidad) y H₂O, que se introducen, a continuación, en un reactor (11) de conversión de gas de agua, en el cual el CO en el gas se convierte a CO₂ disminuyendo, de este modo, la cantidad de CO en el gas. El gas formado de este modo se suministra a un módulo (12) de separación en el cual se separa y recupera CO₂ con una membrana (13) polimérica orgánica dando como resultado, de este modo, un gas concentrado de H₂.

Tal como se ha descrito anteriormente, se puede recuperar CO₂ de forma altamente selectiva usando una membrana polimérica orgánica como membrana de separación con una selectividad de separación de CO₂/H₂ de 10 o más.

35 Por otro lado, la membrana de separación tiene una permeabilidad de CO₂ pequeña de aproximadamente 2×10^{-7} (mol/(m²·s·Pa)) como máximo, pero teniendo en cuenta su aplicación a una planta de producción de hidrógeno a gran escala, la permeabilidad de CO₂ es deseablemente de 5×10^{-7} (mol/(m²·s·Pa)) o más y la selectividad de separación de CO₂/H₂ es deseablemente de 10 o más.

40 La bibliografía no de patente 1 da a conocer los resultados de la separación de CO₂/H₂ usando una membrana de zeolita hidrófoba, en la que el hidrógeno que tiene un tamaño molecular pequeño permea preferentemente en una condición en seco y en una condición en húmedo, CO₂ permea con ligera prioridad, pero la selectividad de separación de CO₂/H₂ es tan pequeña como desde 2,9 a 6,2.

Bibliografía de patente 1: JP-A-2008-36463

Bibliografía de patente 2: Patente japonesa n.º 4.264.194

Bibliografía no de patente 1: Journal of Membrane Science (2010), vol. 360, págs. 284-291

5 El documento US 2004/0099138 A1 describe un proceso de separación mediante membrana para refinar gas natural, más específicamente, un proceso que implica el tratamiento de gas crudo alimentado mediante absorción para retirar contaminantes de hidrocarburos pesados antes de usar unidades de operación de separación mediante membrana para separar metano de dióxido de carbono.

Descripción de invención

Problema técnico

10 La presente invención se ha realizado en vista de las circunstancias descritas anteriormente y un objeto de la misma es proporcionar un sistema de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana que sea excelente en permeabilidad de CO₂ y selectividad de separación de CO₂ en la recuperación de CO₂ en un proceso de producción de hidrógeno y similares.

Solución al problema

15 Para resolver el problema descrito anteriormente, el sistema de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana de la presente invención comprende un medio de deshidratación previo a un medio de separación de CO₂ mediante membrana, el medio de separación de CO₂ mediante membrana comprende una membrana de zeolita hidrófila que muestra permeabilidad selectiva de CO₂ y se forma sobre un sustrato poroso, y habiéndose sometido la membrana de zeolita hidrófila un tratamiento de deshidratación mediante un tratamiento térmico a desde 100 a 800 °C y, preferentemente desde 150 a 400 °C.

20 Incluso en el caso en el que el tamaño de la molécula es inferior al diámetro de poro de la zeolita, el CO₂ puede separarse selectivamente mediante permeación controlando la afinidad entre la zeolita y la molécula. El CO₂ tiene una mayor polaridad en comparación con tales tipos de gas como el hidrógeno y el metano (CH₄) y, por lo tanto, tiene una gran afinidad basada en la interacción electrostática con el catión en la zeolita.

25 Por consiguiente, la membrana de zeolita hidrófila no está particularmente limitada siempre y cuando contenga una gran cantidad de sitios de catión que funcionen como sitios de adsorción selectiva por CO₂, tales como Li⁺, Na⁺, K⁺, Ag⁺, H⁺, NH₄⁺, Ca²⁺, Sr²⁺, Ba²⁺, Cu²⁺ y Zn²⁺ y, ejemplos preferentes de la zeolita hidrófila incluyen, un tipo FAU y un tipo CHA desde el punto de vista de la permeabilidad y selectividad de separación de CO₂ y la durabilidad de la membrana.

30 Es preferente que una membrana de metal noble o una membrana de tamiz molecular poroso constituida por sílice o zeolita que tiene un diámetro de poro efectivo de desde 0,28 a 0,33 nm que permite que el hidrógeno permee selectivamente se proporciona posteriormente al medio de deshidratación.

35 El "diámetro de poro efectivo" de la membrana de tamiz molecular poroso se evalúa, en general, mediante un ensayo de permeación de membrana de componente único con hidrógeno (de 0,28 a 0,29 nm), agua (0,30 nm), CO₂ (0,33 nm), metano (0,38 nm) y similares. Por ejemplo, se evalúa una membrana que permite permear hidrógeno y agua pero que no permite permear CO₂ y metano para que tenga un diámetro de poro efectivo que sea superior al hidrógeno, es decir, 0,28 nm o más y sea inferior al CO₂, es decir, inferior a 0,33 nm.

Ejemplos de la membrana de metal que permite permear hidrógeno selectivamente incluyen una membrana de Pd.

40 La presente invención también se refiere a un método de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana mediante el uso del sistema de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana descrito anteriormente, que comprende una etapa de deshidratación previa a la etapa de separación de CO₂ mediante membrana, manteniéndose la etapa de separación de CO₂ mediante membrana en una condición en seco que tiene un punto de condensación de un gas de alimentación de desde -80 a 0 °C.

Según el método de la presente invención, es preferente que el CO₂ se separe y recupere en un proceso de producción de hidrógeno a partir de un hidrocarburo o un alcohol.

45 El método comprende, preferentemente, posteriormente a la etapa de deshidratación, una etapa de llevar a cabo purificación de hidrógeno con una membrana de metal noble o una membrana de tamiz molecular poroso constituida

por sílice o zeolita que tiene un diámetro de poro efectivo de desde 0,28 a 0,33 nm que permite que el hidrógeno permee selectivamente.

Según el método de la presente invención, se puede separar y recuperar CO₂ a partir de un gas mezclado que contiene CO₂.

- 5 Es preferente que el gas mezclado sea un gas natural o un biogás que contiene gas metano como componente principal y vapor.

Efectos ventajosos de la invención

- 10 La presente invención comprende un medio de deshidratación previo a un medio de separación de CO₂ mediante membrana, el medio de separación de CO₂ mediante membrana comprende una membrana de zeolita hidrófila que muestra permeabilidad selectiva de CO₂ y se forma sobre un sustrato poroso y habiéndose sometido a tratamiento de deshidratación la membrana de zeolita hidrófila mediante un tratamiento térmico a desde 100 a 800 °C y, preferentemente, desde 150 a 400 °C. Por consiguiente, puede proporcionarse tal sistema de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana que es excelente en permeabilidad de CO₂ y selectividad de separación de CO₂ en la recuperación de CO₂ en un proceso de producción de hidrógeno o similares.

- 15 Breve descripción de los dibujos

[Fig. 1]

La figura es un diagrama de flujo que muestra un sistema de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana según la presente invención.

[Fig. 2]

- 20 La figura es un gráfico que muestra los resultados obtenidos en la separación y recuperación de CO₂ e hidrógeno, el cual muestra las permeabilidades de CO₂ y H₂ con respecto a la temperatura.

[Fig. 3]

La figura es un gráfico que muestra los resultados obtenidos en la separación y recuperación de CO₂ e hidrógeno, el cual muestra la relación de la permeabilidad de CO₂ y la permeabilidad de H₂ con respecto a la temperatura.

- 25 [Fig. 4]

La figura es un gráfico que muestra los resultados obtenidos en la separación y recuperación de CO₂ e hidrógeno, el cual muestra la concentración de CO₂ en el gas permeado con respecto a la temperatura.

[Fig. 5]

- 30 La figura es un diagrama de flujo que muestra un sistema de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana normal.

Descripción de las realizaciones

A continuación, se describirá en detalle el sistema de separación y recuperación de CO₂ según la presente invención.

- 35 La Fig. 1 es un diagrama de flujo que muestra un sistema de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana según la presente invención.

El sistema de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana de la presente invención comprende un módulo de tratamiento de deshidratación (2) previo a un módulo de separación de CO₂ mediante membrana (1).

- 40 El módulo de membrana de CO₂ (1) tiene una membrana de zeolita hidrófila (3) que muestra permeabilidad selectiva de CO₂ y se forma sobre un sustrato poroso. Ejemplos del sustrato poroso incluyen materiales porosos de alúmina, sílice, cordierita, circonia, titanía, vidrio vycor y un metal sinterizado, aunque el sustrato no está limitado a estos, y se pueden usar diversos materiales porosos.

La etapa de separación de CO₂ mediante membrana en el módulo de membrana de CO₂ (1) se realiza en la condición en la que el punto de condensación es de -80 a 0 °C y, preferentemente, se mantiene a -20 °C o menos.

5 Tal como se ha descrito anteriormente, la membrana de zeolita hidrófila (3) formada sobre el sustrato poroso se usa como la membrana de separación por permeación de CO₂ en lugar de un material polimérico orgánico. La membrana de zeolita hidrófila se mantiene necesariamente en tales condiciones de modo que se elimina el agua adsorbida dentro de los poros de la zeolita, por ejemplo, mediante calentamiento de 100 a 800 °C y, preferentemente, de 150 ° a 400 °C. Ejemplos preferentes de la especie de zeolita que constituye la membrana de zeolita hidrófila incluye zeolita tipo FAU y zeolita tipo CHA, que muestran adsorbabilidad selectiva de CO₂ en un sistema de gas mezclado de CO₂-H₂.

10 El módulo de tratamiento de deshidratación (2) puede ser uno cualquiera que elimine agua para proporcionar el punto de condensación en el gas de alimentación de desde -80 a 0 °C y, preferentemente, -20 °C o inferior, mediante cualquier método y, por ejemplo, la deshidratación puede realizarse con un secador de aire de membrana que usa una membrana de fibras poliméricas huecas o una membrana de zeolita tipo LTA disponible en el mercado (membrana de zeolita tipo NaA, producida por Hitachi Zosen Corporation). La membrana elimina agua mediante permeación selectiva realizando, de este modo, la etapa de separación de CO₂ mediante membrana como la etapa posterior en una condición en seco. En el lado de permeación de la membrana de deshidratación se puede eliminar agua continuamente barriéndola con el gas en seco en la etapa posterior que se usa parcialmente mediante circulación o mediante aspiración.

20 En el caso en el que se va a producir necesariamente hidrógeno de alta pureza, se puede proporcionar una membrana de metal noble o una membrana de tamiz molecular poroso constituida por sílice o zeolita que tiene un diámetro de poro efectivo de desde 0,28 a 0,33 nm que permite que el hidrógeno permee selectivamente (que no se muestra en la figura) posteriormente al medio de deshidratación. Según la constitución, se puede purificar hidrógeno sin influir en el deterioro de la membrana debido al vapor o similares.

25 Con respecto a si la purificación de hidrógeno se realiza de forma previa o posterior a la separación de CO₂ mediante membrana, se puede determinar dependiendo de las concentraciones exigidas de hidrógeno y CO₂ a recuperar. Por ejemplo, en el caso en el que se debe dar prioridad al enriquecimiento de la concentración de CO₂ permeado que se ha recuperado en la etapa de separación de CO₂ mediante membrana, la etapa de purificación de hidrógeno se realiza ventajosamente de forma previa a la etapa de separación de CO₂ mediante membrana aumentando, de este modo, la concentración de CO₂ del gas alimentado a la etapa de separación de CO₂ mediante membrana. En cambio, en el caso en el que se debe dar prioridad al enriquecimiento de la concentración de hidrógeno permeado que se ha recuperado, la etapa de purificación de hidrógeno se lleva a cabo ventajosamente posterior a la etapa de separación de CO₂ mediante membrana.

35 El proceso de separación y recuperación de CO₂ mediante el uso de una membrana de zeolita de la presente invención puede aplicarse a la separación y recuperación de CO₂ que procede de un gas natural o un biogás que contiene metano como componente principal.

El efecto ventajoso proporcionado mediante la presente invención se describirá haciendo referencia a los ejemplos a continuación.

Ejemplo

Separación de CO₂/Hidrógeno

40 Se separó y recuperó CO₂ que procedía de hidrógeno usando el sistema según la presente invención.

45 Como Ejemplo 1, en el que se usó una membrana de zeolita hidrófila para la separación y recuperación de CO₂ según la presente invención, se usó una membrana de zeolita de tipo FAU tubular disponible en el mercado (membrana de zeolita tipo NaY, producida por Hitachi Zosen Corporation). La capacidad de separación por permeación de la membrana se midió de modo que el elemento de membrana tubular se cortó en 3 cm y se montó sobre un módulo de membrana de acero inoxidable, que se secó, a continuación, calentándola a una temperatura 300 °C como tratamiento de deshidratación de la membrana.

50 Se alimentó gas mezclado de CO₂-hidrógeno al exterior de la membrana de zeolita tubular y el gas permeado a través de la membrana se midió para su caudal y la composición, a partir de lo cual se calcularon las permeabilidades de CO₂ e hidrógeno. Las condiciones detalladas de la separación de CO₂/hidrógeno se muestran a continuación.

Composición de gas de alimentación: CO₂ (50 %) / hidrógeno (50 %)

Presión total de gas de alimentación (presión absoluta): 4 atm

Punto de condensación de gas de alimentación: -20 °C o menos

Caudal de gas de alimentación: 600 ml (TPE)/min

Presión total lateral permeada: presión atmosférica

5 Área de membrana efectiva: 10 cm²

(TPE: temperatura y presión estándar)

En este ejemplo, se usó un gas simulado como un gas después de la etapa de deshidratación.

En el ejemplo comparativo 1, se separó y recuperó CO₂ mediante el uso de una membrana polimérica orgánica normal como una membrana para la separación y recuperación de CO₂.

10 En el ejemplo comparativo 2, se separó y recuperó CO₂ en una atmósfera de funcionamiento en húmedo usando la misma membrana de zeolita de tipo FAU que en el Ejemplo 1 como una membrana para la separación y recuperación de CO₂, excepto en que la membrana no se secó mediante calentamiento.

15 En el ejemplo comparativo 3, se separó y recuperó CO₂ en una atmósfera de funcionamiento en seco usando la misma membrana de zeolita de tipo FAU que en el Ejemplo 1 como una membrana para la separación y recuperación de CO₂, excepto en que la membrana no se secó mediante calentamiento.

Los resultados obtenidos de la separación y recuperación de CO₂ e hidrógeno se muestran en los gráficos de las Fig. 2 a 4.

Como se muestra en la Fig. 2, la permeabilidad de CO₂ se convierte en su máximo aproximadamente a los 60 °C y se demostró una permeabilidad considerablemente grande de 10⁻⁶ (mol/(m²·s·Pa)) o más.

20 Por otro lado, la permeabilidad de hidrógeno se redujo en una condición de temperatura inferior y la relación de permeabilidad de CO₂ e hidrógeno aumentó a una temperatura inferior como se muestra en la Fig. 3. La selectividad de separación de CO₂ superó 10 en una condición de funcionamiento de 60 °C y se separó y recuperó CO₂ con una concentración del 90 % o más tal como se muestra en la Fig. 4.

25 Se muestra la comparación en capacidad entre el sistema de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana de la presente invención y el sistema de separación mediante membrana normal en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1

	Permeabilidad de gas (10 ⁻⁸ (mol/(m ² ·s·Pa)))		Selectividad de separación CO ₂ /H ₂
	CO ₂	H ₂	
Ejemplo 1	101	5	> 10
Ejemplo comparativo 1	0,2 - 20	< 1	> 10
Ejemplo comparativo 2	< 0,1	< 0,1	-
Ejemplo comparativo 3	< 1	< 1	-

30 En el ejemplo comparativo 1 que usa la membrana polimérica orgánica normal, la permeabilidad de CO₂ fue tan pequeña como del orden de 10⁻⁹ (mol/(m²·s·Pa)) a 2 × 10⁻⁷ (mol/(m²·s·Pa)) como máximo en la condición en la que la selectividad de separación de CO₂/H₂ superaba 10, mientras que el uso del sistema de separación con membrana de la presente invención proporcionó una permeabilidad de CO₂ considerablemente grande de 10⁻⁶ (mol/(m²·s·Pa)) o más incluso en la condición en la que se mantuvo la selectividad de separación de CO₂/H₂ de 10 o más.

35 Se esperó a partir de los resultados en los ejemplos comparativos 2 y 3 que las características de la presente invención, es decir, el uso de una membrana de zeolita hidrófila que se había deshidratado a una membrana de separación de CO₂ y la etapa de separación de CO₂ mediante membrana mantenida en una condición en seco contribuyeron a la alta permeabilidad de CO₂ y la alta selectividad de separación de CO₂.

Separación de CO₂/CH₄

La separación y recuperación de CO₂ se llevó a cabo del mismo modo que anteriormente donde la presión total de gas de alimentación era de 0,4 MPa (presión absoluta) y el caudal total de gas de alimentación era de 600 ml (TPE)/min.

Separación de CO₂, H₂, CH₄ y CO

- 5 La separación y recuperación de CO₂ se llevó a cabo del mismo modo que anteriormente donde la presión total de gas de alimentación era de 0,4 MPa (presión absoluta) y el caudal total de gas de alimentación era de 300 ml (TPE)/min.

La composición de gas de alimentación era de 1/1 con respecto a CO₂ respectivamente y la presión en el lado de permeado era de presión atmosférica (presión absoluta: 0,1 MPa).

- 10 Como resultado de los experimentos anteriormente mencionados, al igual que en el caso de la separación de CO₂/hidrógeno, en la condición de funcionamiento de 60 °C o menos, la permeabilidad de CO₂ fue tan considerablemente pequeña como menos de 10⁻⁸ (mol/(m²·s·Pa)), y no se mostró sustancialmente selectividad, en el caso en la condición en húmedo y en el caso de usar la membrana de zeolita de tipo FAU no secada.

- 15 Al contrario, haciendo que el punto de condensación de gas de alimentación sea de -20 °C o menos en la presión atmosférica y sometiendo la membrana a tratamiento térmico de 150 °C o más para mantener la condición deshidratada, se potenció la permeabilidad de CO₂ a 2 × 10⁻⁷ (mol/(m²·s·Pa)) o más, y se mostraron altas selectividades de desde 10 a 100 veces en términos de relación de permeabilidad para los respectivos tipos de gas incluidos CH₄ y CO.

Descripción de los símbolos

- 20
1. Módulo de separación de CO₂ mediante membrana
 2. Módulo de tratamiento de deshidratación

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana para una separación y recuperación de CO₂ mediante membrana a partir de una mezcla de gas que contiene al menos vapor y CO₂, siendo la mezcla de gas un gas natural o un biogás que contiene gas de metano como componente principal y vapor, en donde el sistema comprende un medio de deshidratación (2) previo a un medio de separación de CO₂ mediante membrana (1), comprendiendo el medio de separación de CO₂ mediante membrana una membrana de zeolita hidrófila (3) que muestra permeabilidad selectiva de CO₂ y se forma sobre un sustrato poroso, habiéndose sometido la membrana de zeolita hidrófila (3) a un tratamiento de deshidratación mediante un tratamiento térmico a desde 100 a 800 °C.
- 10 2. El sistema de separación y recuperación de CO₂ mediante membrana según la reivindicación 1, en donde la zeolita hidrófila es un tipo de FAU o un tipo de CHA.
- 15 3. El sistema de separación y recuperación CO₂ mediante membrana según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente, posterior al medio de deshidratación, una membrana de metal noble o una membrana de tamiz molecular poroso constituida por sílice o zeolita que tiene un diámetro de poro efectivo de desde 0,28 a 0,33 nm que permite que el hidrógeno permee selectivamente.
- 20 4. Un método para una separación y recuperación de CO₂ mediante membrana a partir de una mezcla de gas que contiene al menos vapor y CO₂, siendo la mezcla de gas un gas natural o un biogás que contiene gas de metano como componente principal y vapor, en donde el método comprende una etapa de deshidratación para deshidratar un gas de alimentación de modo que se mantiene un punto de condensación del gas de alimentación en una condición en seco que tiene el punto de condensación de desde -80 a 0 °C y una etapa de separación de CO₂ mediante membrana para el gas alimentado deshidratado mediante el uso de una membrana de zeolita hidrófila (3) que muestra permeabilidad selectiva de CO₂ y se forma sobre un sustrato poroso, en donde la membrana de zeolita hidrófila (3) se ha sometido a un tratamiento de deshidratación mediante un tratamiento térmico a desde 100 a 800 °C.
- 25 5. El método según la reivindicación 4, en donde se separa y recupera CO₂ en un proceso de producción de hidrógeno a partir de un hidrocarburo o un alcohol.
- 30 6. El método según la reivindicación 5, en donde el método comprende adicionalmente una etapa de purificación de hidrógeno mediante el uso de una membrana de metal noble o una membrana de tamiz molecular poroso constituida por sílice o zeolita que tiene un diámetro de poro efectivo de desde 0,28 a 0,33 nm que permite que el hidrógeno permee selectivamente de forma previa o posterior a la separación de CO₂ mediante membrana.
- 35 7. El método según la reivindicación 4 en donde el CO₂ se separa y recupera a partir de un gas mezclado que contiene CO₂.
8. El método según la reivindicación 7, en donde el gas mezclado sea un gas natural o un biogás que contiene gas metano como componente principal y vapor.

Fig. 1

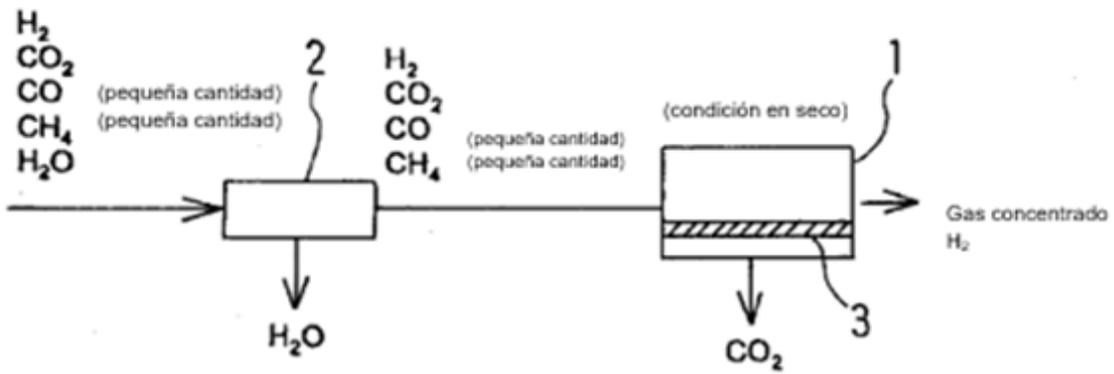


Fig. 2

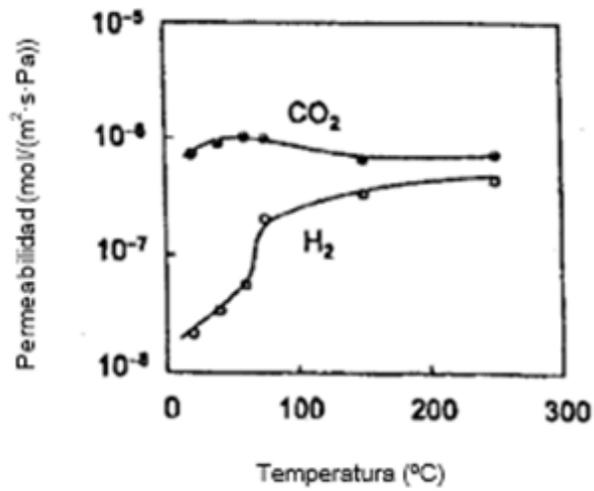


Fig. 3

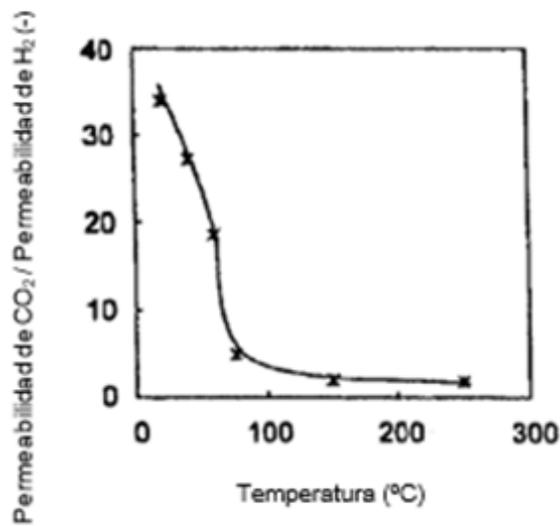


Fig. 4

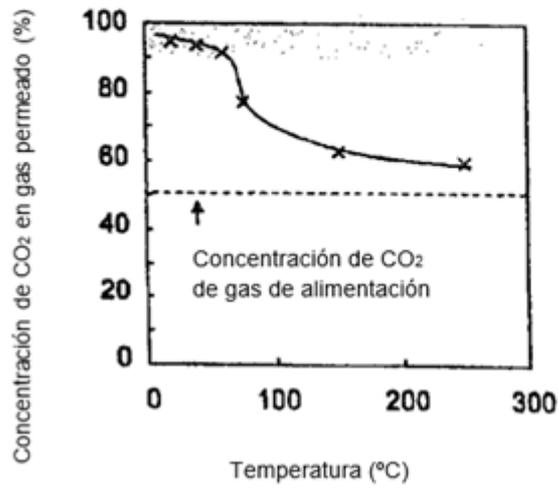


Fig. 5

