

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 512 465**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/14** (2006.01)

**B01D 53/62** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2010** **E 12160549 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.07.2014** **EP 2468386**

54 Título: **Absorción de CO<sub>2</sub> a partir de unas mezclas gaseosas con una solución acuosa a base de derivados de 4-amino-2,2,6,6-tetrametil-piperidina**

30 Prioridad:

**02.02.2009 DE 102009000543**

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

**24.10.2014**

73 Titular/es:

**EVONIK DEGUSSA GMBH (100.0%)  
Rellinghauser Strasse 1-11  
45128 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**SEILER, MATTHIAS;  
BRÜGGEMANN, HELMUT;  
ROLKER, JÖRN;  
SCHNEIDER, ROLF;  
GLÖCKLER, BERND;  
KOBUS, AXEL;  
BENESCH, WOLFGANG;  
RIETHMANN, THOMAS;  
WINKLER, HERMANN y  
REICH, JENS**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 512 465 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

Absorción de CO<sub>2</sub> a partir de unas mezclas gaseosas con una solución acuosa a base de derivados de 4-amino-2,2,6,6-tetrametil-piperidina

## 5 Campo técnico

El invento se refiere a un procedimiento para la absorción de CO<sub>2</sub> a partir de una mezcla gaseosa, así como a un medio de absorción y a un dispositivo para la realización del procedimiento.

10 La absorción de CO<sub>2</sub> a partir de una mezcla gaseosa tiene un interés especial para la eliminación de dióxido de carbono a partir de gases de humos, sobre todo para conseguir una disminución de la emisión de dióxido de carbono, que se considera como una causa principal del denominado efecto de invernadero, a partir de procesos realizados en centrales energéticas. Además de ello, para algunos procesos se necesita dióxido de carbono y con el procedimiento conforme al invento se puede poner a disposición CO<sub>2</sub> como educto (producto de partida) para estos procedimientos.

## Estado de la técnica

15 A la escala industrial, para la absorción de CO<sub>2</sub> a partir de una mezcla gaseosa se emplean usualmente como un medio de absorción unas soluciones acuosas de alcanolaminas. El medio de absorción cargado es regenerado por calentamiento, descompresión hasta una presión más baja o separación por arrastre, siendo desorbido el dióxido de carbono. Después de realizarse el proceso de regeneración, el medio de absorción puede ser utilizado de nuevo. Estos procedimientos se describen por ejemplo en la referencia de Rolker, J.; Art, W.; "Abtrennung von Kohlendioxid aus Rauchgasen mittels Absorption" [Separación de dióxido de carbono a partir de gases de humos mediante una absorción] en Chemie Ingenieur Technik 2006, 78, páginas 416 hasta 424.

20 Estos procedimientos tienen la desventaja de que para la separación de CO<sub>2</sub> por medio de una absorción y una subsiguiente desorción se necesita relativamente mucha energía, y de que al realizar la desorción solamente se desorbe de nuevo una parte del CO<sub>2</sub> absorbido, de manera tal que en un ciclo que se compone de una absorción y una desorción es pequeña la proporción de la alcanolamina que se usa para la absorción de CO<sub>2</sub>. Además de ello, los medios de absorción utilizados son fuertemente corrosivos y están sujetos a una perturbadora degradación por oxidación al realizar la absorción de CO<sub>2</sub> a partir de unas mezclas gaseosas que contienen oxígeno.

25 El documento de patente de los EE.UU. US 7.419.646 describe un procedimiento para la desacidificación de gases de escape, en el que se utiliza un medio de absorción, que al realizar la absorción del gas de carácter ácido forma dos fases que son separables una de otra. Como un compuesto reactivo para la absorción de un gas de carácter ácido, en la columna 6 se menciona, entre otros compuestos, la 4-amino-2,2,6,6-tetrametil-piperidina. Para la absorción de CO<sub>2</sub> el documento US 7.419.646 divulga en la columna 3, líneas 22 hasta 32 la utilización de N,N,N',N',N''-pentametildietilentriamina, N,N,N',N',N''-pentametildipropilpentriamina, N,N-bis(2,2-dietoxi-etil)metilamina y N,N-dimetildipropilpentriamina como un compuesto reactivo para la absorción. El procedimiento de ese documento US 7.419.646 tiene la desventaja de que se necesitan unos aparatos adicionales para la separación de las dos fases que resultan al realizar la absorción.

40 El documento de solicitud de patente francesa FR 2 898 284 A1 describe un procedimiento para la desacidificación de un gas con un medio de absorción, que contiene una amina en una fase acuosa y en cuyo caso la absorción del gas de carácter ácido forma dos fases que son separables una de otra. Como una amina apropiada, se menciona, entre otros compuestos, la 4-amino-2,2,6,6-tetrametil-piperidina.

45 El documento FR 2 900 841 A1 describe un procedimiento para la desacidificación de un gas con un medio de absorción, que contiene una amina en una fase acuosa, siendo extraída entre la absorción y la desorción la amina que no ha reaccionado con el gas de carácter ácido desde el medio de absorción con un disolvente orgánico. Como una amina apropiada se menciona, entre otros compuestos, la 4-amino-2,2,6,6-tetrametil-piperidina.

50 El documento de patente de la República Democrática Alemana DD 266 799 describe un procedimiento para la purificación de 4-amino-2,2,6,6-tetrametil-piperidina, en cuyo caso se introduce CO<sub>2</sub> en una solución de 4-amino-2,2,6,6-tetrametil-piperidina en agua y acetona y la sal precipitada se descompone nuevamente por medio de un calentamiento a 90 hasta 200°C, para formar CO<sub>2</sub> y 4-amino-2,2,6,6-tetrametil-piperidina

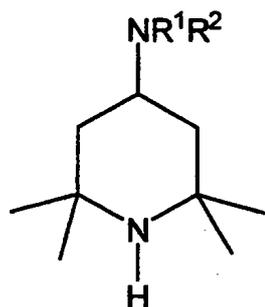
La utilización de unos líquidos iónicos para la absorción de CO<sub>2</sub> ha sido descrita en la referencia de X. Zhang y colaboradores, "Screening of ionic Liquids to Capture CO<sub>2</sub> by COSMO-RS and Experiments" [Tamizado de líquidos

iónicos para capturar CO<sub>2</sub> mediante COSMO-RS y experimentos], AIChE Journal, volumen 54, páginas 2171 hasta 2728.

Descripción del invento

5 Se encontró por fin de una manera sorprendente que las desventajas de los procedimientos conocidos se pueden evitar mediante la utilización para la absorción de CO<sub>2</sub> de unas 4-amino-2,2,6,6-tetrametil-piperidinas, en las que la 4-amino-2,2,6,6-tetrametil-piperidina está sustituida con uno o dos radicales alquilo junto al grupo 4-amino.

Es objeto del invento por lo tanto un procedimiento para la absorción de CO<sub>2</sub> a partir de una mezcla gaseosa mediante una puesta en contacto de la mezcla gaseosa con un medio de absorción, que comprende agua y por lo menos una amina de la fórmula (I)

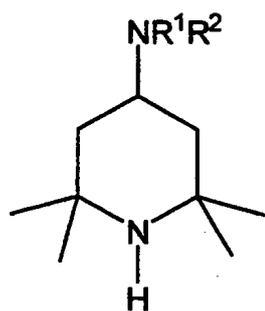


en la que R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup>, independientemente uno de otro, son hidrógeno o un radical alquilo, y en la fórmula (I) R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> no son al mismo tiempo hidrógeno.

Es objeto del invento además de ello un medio de absorción que comprende una amina de la fórmula (I), agua y un líquido iónico.

15 Es objeto del invento además de ello también un dispositivo para la separación de CO<sub>2</sub> a partir de una mezcla gaseosa, el cual comprende una unidad de absorción, una unidad de desorción y un medio de absorción conducido en circuito, que comprende agua y una amina de la fórmula (I).

En el caso del procedimiento conforme al invento la absorción de CO<sub>2</sub> se efectúa mediante una puesta en contacto de una mezcla gaseosa con un medio de absorción, que comprende agua y por lo menos una amina de la fórmula (I)



en la que R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup>, independientemente uno de otro, son hidrógeno o un radical alquilo, son al mismo tiempo hidrógeno.

25 El procedimiento conforme al invento se puede llevar a cabo en principio con cualquier mezcla gaseosa, que contenga CO<sub>2</sub>, en particular con gases de escape de combustión; gases de escape procedentes de procesos biológicos tales como compostajes, fermentaciones o instalaciones de depuración de aguas residuales; gases de escape procedentes de procesos de calcinación tales como una calcinación de cal y la producción de cemento; gases residuales procedentes de procesos de alto horno para la producción de hierro; así como gases residuales procedentes de procedimientos químicos, tales como gases de escape o salida de la producción de negro de carbono o de la producción de hidrógeno mediante una reformación con vapor. De manera preferida, la mezcla gaseosa es un gas de escape de combustión, de manera especialmente preferida un gas de escape de combustión, que contiene de 1 a 60% en volumen de CO<sub>2</sub>, en particular de 2 a 20% en volumen de CO<sub>2</sub>.

30

En una forma de realización especialmente preferida, la mezcla gaseosa es un gas de escape de combustión procedente de un proceso realizado en una central energética, en particular un gas de escape de combustión desulfurado procedente de un proceso realizado en una central energética. En la forma de realización especialmente preferida con un gas de escape de combustión desulfurado procedente de un proceso realizado en una central energética, se pueden utilizar todos los procedimientos de desulfuración que son conocidos para procesos realizados en una central energética, de manera preferida un lavado de un gas con una lechada de cal, o de acuerdo con el procedimiento de Wellmann-Lord.

En el procedimiento conforme al invento, el medio de absorción comprende por lo menos una amina de la fórmula (I), en la que  $R^1$  y  $R^2$  son, independientemente uno de otro, hidrógeno o un radical alquilo. Los radicales alquilo preferidos son unos radicales alquilo que tienen de uno a tres átomos de carbono, en particular unos radicales metilo.  $R^1$  y  $R^2$  no son al mismo tiempo hidrógeno.

Las aminas de la fórmula (I) se pueden preparar a partir de una triacetonaamina usual en el comercio mediante una aminación en condiciones reductoras, es decir por medio de una reacción de triacetonaamina con una amina de la fórmula  $R^1R^2NH$  y con hidrógeno en presencia de un catalizador de hidrogenación. Unos procedimientos para la aminación en condiciones reductoras de triacetonaamina son conocidos por un experto en la especialidad a partir del estado de la técnica, por ejemplo para la preparación de la amina de la fórmula (I) con  $R^1, R^2 = H$ , procedente del documento de patente europea EP 0 033 529.

En el procedimiento conforme al invento, el medio de absorción, de modo adicional a la por lo menos una amina de la fórmula (I), comprende también agua. De manera preferida, en el medio de absorción la relación ponderal del agua a las aminas de la fórmula (I) está situada en el intervalo de 10:1 a 1:10, de manera especialmente preferida en el intervalo de 5:1 a 1:1 y en particular en el intervalo de 4:1 a 2:1. El medio de absorción comprende de manera preferida por lo menos 5 % en peso de unas aminas de la fórmula (I), de manera especialmente preferida por lo menos 10 % en peso y en particular por lo menos 25 % en peso.

Para el procedimiento conforme al invento se pueden utilizar todos los aparatos que sean apropiados para la puesta en contacto de una fase gaseosa con una fase líquida, con el fin de poner en contacto a la mezcla gaseosa con el medio de absorción. De manera preferida, se utilizan unos aparatos lavadores de gases o unas columnas de absorción que se conocen a partir del estado de la técnica, por ejemplo unos aparatos contactadores de membranas, unos aparatos lavadores de corriente radial, unos aparatos lavadores por chorros, unos aparatos lavadores de Venturi, unos aparatos lavadores por atomización y rotación, unas columnas de cuerpos de relleno, unas columnas con empaquetaduras y unas columnas de platos. De manera especialmente preferida, se utilizan unas columnas de absorción en un funcionamiento en contracorriente.

En el procedimiento conforme al invento la absorción de  $CO_2$  se lleva a cabo de manera preferida a una temperatura del medio de absorción que está situada en el intervalo de 0 a 70°C, de manera especialmente preferida en el de 20 a 50°C. En el caso de la utilización de una columna de absorción en un funcionamiento en contracorriente, la temperatura del medio de absorción es de manera especialmente preferida de 30 a 60°C a la entrada en la columna y de 35 a 70°C a la salida de la columna.

La absorción de  $CO_2$  se lleva a cabo de manera preferida a una presión de la mezcla gaseosa que está situada en el intervalo de 0,8 a 50 bares, de manera especialmente preferida en el de 0,9 a 30 bares. En una forma de realización especialmente preferida, la absorción se lleva a cabo a una presión total de la mezcla gaseosa que está situada en el intervalo de 0,8 a 1,5 bares, en particular en el de 0,9 a 1,1 bares. Esta forma de realización especialmente preferida hace posible la absorción de  $CO_2$  a partir del gas de escape de combustión de una central energética que trabaja sin compresión del gas de escape de combustión.

En el procedimiento conforme al invento el medio de absorción puede contener, de modo adicional al agua y a la por lo menos una amina de la fórmula (I), todavía uno o varios disolventes.

De manera preferida, el medio de absorción conforme al invento comprende, de modo adicional al agua y a la por lo menos una amina de la fórmula (I), todavía el sulfolano, con el n° de CAS 126-33-0, de manera preferida con una proporción del sulfolano de por lo menos 5 % en peso, de manera especialmente preferida de por lo menos 10 % en peso y en particular de por lo menos 25 % en peso. La relación ponderal del agua al sulfolano está situada en el caso de un tal medio de absorción de manera preferida en el intervalo de 10:1 a 1:1, de manera especialmente preferida en el intervalo de 5:1 a 2:1. La relación ponderal del sulfolano a las aminas de la fórmula (I) está situada de manera preferida en el intervalo de 3:1 a 1:3, de manera especialmente preferida de 2:1 a 1:2.

En otra forma de realización, un medio de absorción conforme al invento comprende, de modo adicional al agua y a la por lo menos una amina de la fórmula (I), todavía por lo menos un líquido iónico, preferiblemente con una proporción del líquido iónico de por lo menos 5 % en peso, de manera especialmente preferida de por lo menos 10 % en peso y en particular de 25 % en peso. La relación ponderal del agua al líquido iónico está situada en el caso

de un tal medio de absorción de manera preferida en el intervalo de 10:1 a 1:1, de manera especialmente preferida en el intervalo de 5:1 a 2:1. La relación ponderal del líquido iónico a las aminas de la fórmula (I) está situada de manera preferida en el intervalo de 3:1 a 1:10, de manera especialmente preferida de 2:1 a 1:5.

- 5 Un líquido iónico en el sentido del invento es una sal que está constituida a base de aniones y cationes o de una mezcla de sales de este tipo, teniendo la sal o respectivamente la mezcla de sales un punto de fusión de menos que 100°C. De manera preferida, el líquido iónico se compone de una o varias sales de unos cationes orgánicos con unos aniones orgánicos o inorgánicos. Unas mezclas de varias sales con diferentes cationes orgánicos y con el mismo anión son especialmente preferidas.

Como cationes orgánicos son apropiados en particular unos cationes de las fórmulas generales (II) hasta (VI):

- 10  $R^1R^2R^3R^4N^+$  (II)  
 $R^1R^2R^3R^4P^+$  (III)  
 $R^1R^2R^3S^+$  (IV)  
 $R^1R^2N^+=C(NR^3R^4)(NR^5R^6)$  (V)  
 $R^1R^2N^+=C(NR^3R^4)(XR^5)$  (VI)

- 15 en las que

$R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$  y  $R^6$  son iguales o diferentes y significan hidrógeno, un radical hidrocarbilo alifático u olefínico, lineal o ramificado, que tiene de 1 hasta 30 átomos de carbono, un radical hidrocarbilo cicloalifático o cicloolefínico que tiene de 5 hasta 40 átomos de carbono, un radical hidrocarbilo aromático que tiene de 6 hasta 40 átomos de carbono, un radical alquilarilo que tiene de 7 hasta 40 átomos de carbono, un radical hidrocarbilo alifático u olefínico, lineal o ramificado, que tiene de 2 hasta 30 átomos de carbono, que está interrumpido por uno o varios grupos -O-, -NH-, -NR<sup>1</sup>-, -O-C(O)-, -(O)C-O-, -NH-C(O)-, -(O)C-NH-, -(CH<sub>3</sub>)N-C(O)-, -(O)C-N(CH<sub>3</sub>)-, -S(O<sub>2</sub>)-O-, -O-S(O<sub>2</sub>)-, -S(O<sub>2</sub>)-NH-, -NH-S(O<sub>2</sub>)-, -S(O<sub>2</sub>)-N(CH<sub>3</sub>)- o -N(CH<sub>3</sub>)-S(O<sub>2</sub>)-, un radical hidrocarbilo alifático u olefínico, lineal o ramificado, que tiene de 1 hasta 30 átomos de carbono, que está funcionalizado en posiciones extremas con OH, OR', NH<sub>2</sub>, N(H)R' o N(R')<sub>2</sub> o un radical de poliéter que está constituido por bloques o estadísticamente y que tiene la fórmula -(R<sup>7</sup>-O)<sub>n</sub>-R<sup>8</sup>, no siendo R<sup>5</sup> hidrógeno para unos cationes de la fórmula (VI),

25

R' es un radical hidrocarbilo alifático u olefínico que tiene de 1 hasta 30 átomos de carbono,

R<sup>7</sup> es un radical alquilenos lineal o ramificado que contiene de 2 hasta 4 átomos de carbono,

n es de 1 a 200, de manera preferida de 2 a 60,

- 30 R<sup>8</sup> es hidrógeno, un radical hidrocarbilo alifático u olefínico, lineal o ramificado, que tiene de 1 hasta 30 átomos de carbono, un radical hidrocarbilo cicloalifático o cicloolefínico que tiene de 5 hasta 40 átomos de carbono, un radical hidrocarbilo aromático que tiene de 6 hasta 40 átomos de carbono, un radical alquilarilo que tiene de 7 hasta 40 átomos de carbono o un radical -C(O)-R<sup>9</sup>,

- 35 R<sup>9</sup> es un radical hidrocarbilo alifático u olefínico, lineal o ramificado, que tiene de 1 hasta 30 átomos de carbono, un radical hidrocarbilo cicloalifático o cicloolefínico que tiene de 5 hasta 40 átomos de carbono, un radical hidrocarbilo aromático que tiene de 6 hasta 40 átomos de carbono o un radical alquilarilo que tiene de 7 hasta 40 átomos de carbono,

X es un átomo de oxígeno o un átomo de azufre, y

- 40 siendo diferentes de hidrógeno por lo menos uno y de manera preferida cada uno de los radicales R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup> y R<sup>6</sup>.

Son asimismo apropiados unos cationes de las fórmulas (II) hasta (VI), en las que los radicales R<sup>1</sup> y R<sup>3</sup> forman en común un anillo de 4 a 10 miembros, de manera preferida de 5 a 6 miembros.

En los cationes de la fórmula (V), de manera preferida los radicales R<sup>1</sup> hasta R<sup>5</sup> son grupos metilo y el radical R<sup>6</sup> es un grupo etilo o un grupo n-propilo.

- 45 En los cationes de la fórmula (VI) de manera preferida los radicales R<sup>1</sup> hasta R<sup>4</sup> son grupos metilo.

Son asimismo apropiados unos cationes heteroaromáticos con por lo menos un átomo de nitrógeno cuaternario en el anillo, que lleva un radical R<sup>1</sup> como se ha definido más arriba, preferiblemente unos derivados sustituidos en el

átomo de nitrógeno de pirrol, pirazol, imidazol, oxazol, isoxazol, tiazol, isotiazol, piridina, pirimidina, pirazina, indol, quinolina, isoquinolina, cinolina, quinoxalina o ftalazina.

5 Como aniones inorgánicos son apropiados en particular los de tetrafluoroborato, hexafluorofosfato, nitrato, sulfato, hidrógenosulfato, fosfato, hidrógenofosfato, dihidrógenofosfato, hidróxido, carbonato, hidrógenocarbonato y los halogenuros, de manera preferida el de cloruro.

10 Como aniones orgánicos son apropiados en particular  $R^aOSO_3^-$ ,  $R^aSO_3^-$ ,  $R^aOPO_3^{2-}$ ,  $(R^aO)_2PO_2^-$ ,  $R^aPO_3^{2-}$ ,  $R^aCOO^-$ ,  $R^aO^-$ ,  $(R^aCO)_2N^-$ ,  $(R^aSO_2)_2N^-$ ,  $NCN^-$ ,  $R^b_3PF_3^-$  y  $R^bBF_3^-$ , siendo  $R^a$  un radical hidrocarbilo alifático, lineal o ramificado, que tiene de 1 hasta 30 átomos de carbono, un radical hidrocarbilo cicloalifático que tiene de 5 hasta 40 átomos de carbono, un radical hidrocarbilo aromático que tiene de 6 hasta 40 átomos de carbono, un radical alquilarilo que tiene de 7 hasta 40 átomos de carbono o un radical perfluoroalquilo lineal o ramificado que tiene de 1 hasta 30 átomos de carbono, y siendo  $R^b$  un radical perfluoroalquilo que tiene de 1 hasta 30 átomos de carbono, de manera preferida de 1 hasta 3 átomos de carbono.

15 En una forma de realización preferida, el líquido iónico comprende una o varias sales de 1,3-dialquil-imidazolio, siendo escogidos los grupos alquilo, de manera especialmente preferida independientemente unos de otros, entre metilo, etilo, n-propilo, n-butilo y n-hexilo.

20 En otra forma de realización preferida, el líquido iónico comprende una o varias sales cuaternarias de amonio con un anión monovalente y unos cationes de la fórmula general (II) en la que  $R^1$  es un radical alquilo que tiene de 1 hasta 20 átomos de carbono,  $R^2$  es un radical alquilo que tiene de 1 hasta 4 átomos de carbono,  $R^3$  es un radical  $(CH_2CHRO)_n-H$  con n de 1 a 200 y  $R = H$  o  $CH_3$  y  $R^4$  es un radical alquilo que tiene de 1 hasta 4 átomos de carbono o un radical  $(CH_2CHRO)_n-H$  con n de 1 a 200 y  $R = H$  o  $CH_3$ .

Unos procedimientos para la preparación de los líquidos iónicos son conocidos por un experto en la especialidad a partir del estado de la técnica.

25 El medio de absorción conforme al invento puede comprender, de modo adicional al agua y a la por lo menos una amina de la fórmula (I), tanto un líquido iónico como también el sulfolano.

En el procedimiento conforme al invento se utilizan de manera preferida los medios de absorción conformes al invento que más arriba se han descrito.

30 En el procedimiento conforme al invento, el medio de absorción, de modo adicional a los componentes ya mencionados, puede contener todavía unos aditivos, de manera preferida unos agentes inhibidores de la corrosión y/o unos aditivos que favorecen la mojadura.

35 Como agentes inhibidores de la corrosión se pueden utilizar en el procedimiento conforme al invento todas las sustancias que son conocidas por un experto en la especialidad para unos procedimientos destinados a la absorción de  $CO_2$  mediante utilización de unas alcanolaminas como apropiados agentes inhibidores de la corrosión, en particular los agentes inhibidores de la corrosión que se describen en el documento US 4.714.597.

Como un aditivo que favorece la mojadura se utilizan de manera preferida uno o varios agentes tensioactivos tomados del conjunto formado por los agentes tensioactivos no iónicos, los agentes tensioactivos iónicos híbridos y los agentes tensioactivos catiónicos.

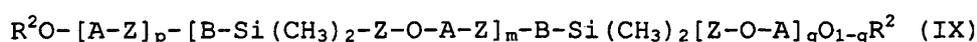
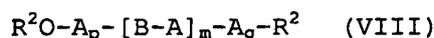
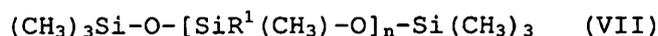
40 Unos apropiados agentes tensioactivos no iónicos son compuestos alcoxilados de alquilaminas, amidoaminas, alcanolamidas, alquil-óxidos de fosfina, alquil-N-glucamidas, alquil-glucósidos, ácidos biliares, compuestos alcoxilados de alquilo, ésteres de sorbitán, compuestos etoxilados de ésteres de sorbitán, alcoholes grasos, compuestos etoxilados de ácidos grasos, compuestos etoxilados de ésteres y unos poliéter-siloxanos.

Unos apropiados aditivos iónicos híbridos son betaínas, alquil-glicinas, sultáinas, anfopropionatos, anfoacetatos, óxidos de aminas terciarias y silicobetaínas.

45 Unos apropiados agentes tensioactivos catiónicos son unas sales cuaternarias de amonio con uno o dos sustituyentes que tienen de 8 hasta 20 átomos de carbono, en particular unas/os correspondientes sales de tetraalquil-amonio, sales de alquil-piridinio, éster-quates, diamidoamina-quates, imidazolio-quates, alcoxialquil-quates, bencil-quates y silicona-quates.

En una forma preferida de realización, el aditivo que favorece la mojadura comprende uno o varios agentes tensioactivos no iónicos de la fórmula general  $R(OCH_2CHR')_mOH$  con m de 4 a 40, en la que R es un radical alquilo que tiene de 8 hasta 20 átomos de carbono, un radical alquilarilo que tiene de 8 hasta 20 átomos de carbono o un radical de poli(óxido de propileno) con 3 hasta 40 unidades de óxido de propileno y R' es metilo o preferiblemente hidrógeno.

En otra forma de preferida de realización, el aditivo que favorece la mojadura comprende un copolímero de un poliéter y un polisiloxano que contiene más que 10 % en peso de unidades de  $[Si(CH_3)_2O]$  y más que 10 % en peso de unidades de  $[CH_2CHR-O]$ , en las que R es hidrógeno o metilo. Son especialmente preferidos unos copolímeros de poliéter y polisiloxano de las fórmulas generales (VII) hasta (IX):



en las que

A es un radical divalente de la fórmula  $-[CH_2CHR^3-O]_r-$

B es un radical divalente de la fórmula  $-[Si(CH_3)_2-O]_s-$

Z es un radical alquileo divalente lineal o ramificado que tiene de 2 hasta 20 átomos de carbono y es preferiblemente  $-(CH_2)_3-$

n = es de 1 a 30

m = es de 2 a 100

p, q = son 0 ó 1

r = es de 2 a 100

s = es de 2 a 100,

desde 1 hasta 5 de los radicales  $R^1$  son unos radicales de la fórmula general  $-Z-O-A-R^2$  y los restantes radicales  $R^1$  son metilo,

$R^2$  es hidrógeno o un radical alquilo o acilo alifático u olefínico que tiene de 1 hasta 20 átomos de carbono, y

$R^3$  es hidrógeno o metilo.

Los aditivos que favorecen la mojadura son ya conocidos por un experto en la especialidad a partir del estado de la técnica como aditivos para soluciones acuosas y se pueden preparar de acuerdo con unos procedimientos conocidos a partir del estado de la técnica.

En el procedimiento conforme al invento, la temperatura y la presión en la absorción así como la composición del medio de absorción se escogen de manera preferida de tal manera que el medio de absorción, después de la absorción de  $CO_2$ , se presente en una sola fase, es decir que la absorción de  $CO_2$  en el medio de absorción no conduce a la precipitación de un material sólido ni a la deposición de una segunda fase líquida. Esta forma de realización preferida del procedimiento conforme al invento no necesita aparatos adicionales de ningún tipo para realizar una separación de fases y se puede llevar a cabo en los dispositivos que son conocidos a partir del estado de la técnica para la absorción de  $CO_2$  con alcanolaminas.

En una forma preferida de realización del procedimiento conforme al invento, el  $CO_2$  absorbido en el medio de absorción es desorbido de nuevo mediante una elevación de la temperatura y/o una disminución de la presión y el medio de absorción, después de esta desorción de  $CO_2$ , es utilizado de nuevo para la absorción de  $CO_2$ . Mediante un proceso cíclico de este tipo, que está constituido a base de una absorción y una desorción, el  $CO_2$  puede ser separado total o parcialmente a partir de la mezcla gaseosa y se puede obtener por separado de otros componentes de la mezcla gaseosa.

De un modo alternativo a la elevación de la temperatura o a la disminución de la presión o de un modo adicional a una elevación de la temperatura y/o a una disminución de la presión, se puede llevar a cabo también una desorción mediante una separación por arrastre con un gas del medio de absorción que está cargado con CO<sub>2</sub>.

5 Cuando, al realizar la desorción de CO<sub>2</sub>, se elimina de modo adicional también agua a partir del medio de absorción, al medio de absorción, antes de la utilización renovada para la absorción, se le puede añadir eventualmente todavía agua.

10 Para la desorción se pueden utilizar todos los aparatos que son conocidos a partir del estado de la técnica para la desorción de un gas a partir de un líquido. De manera preferida, la desorción se lleva a cabo en una columna de desorción. Alternativamente, la desorción de CO<sub>2</sub> se puede llevar a cabo también en una o varias etapas de evaporación súbita.

15 En el caso de una desorción por elevación de la temperatura, la desorción de CO<sub>2</sub> se lleva a cabo de manera preferida a una temperatura del medio de desorción que está situada en el intervalo de 50 a 200°C, de manera especialmente preferida de 80 a 150°C. La temperatura al realizar la desorción está situada en tal caso de manera preferida por lo menos en 20°C, de manera especialmente preferida por lo menos en 50°C, por encima de la temperatura al realizar la absorción.

En el caso de una desorción por disminución de la presión, la desorción de CO<sub>2</sub> se lleva a cabo de manera preferida a una presión total en la fase gaseosa que está situada en el intervalo de 0,01 a 10 bares, en particular de 0,1 a 5 bares. La presión al realizar la desorción está situada en tal caso de manera preferida por lo menos en 1,5 bares, de manera especialmente preferida por lo menos en 4 bares, por debajo de la temperatura al realizar la absorción.

20 En el caso de una desorción por elevación de la temperatura, la presión al realizar la desorción de CO<sub>2</sub> puede ser también más alta que al realizar la absorción de CO<sub>2</sub>. En el caso de esta forma de realización, la presión al realizar la desorción de CO<sub>2</sub> está situada de manera preferida hasta en 5 bares, de manera especialmente preferida hasta en 3 bares por encima de la presión al realizar la absorción de CO<sub>2</sub>. Con esta forma de realización, el CO<sub>2</sub> separado a partir de la mezcla gaseosa puede ser comprimido, sin el empleo de energía mecánica, a una presión más alta que la de la mezcla gaseosa.

30 Un dispositivo conforme al invento destinado a la separación de CO<sub>2</sub> a partir de una mezcla gaseosa, comprende una unidad de absorción, una unidad de desorción y un medio de absorción conforme al invento conducido en circuito. Como unidad de absorción del dispositivo conforme al invento son apropiados los aparatos que se han descrito más arriba para la absorción en un procedimiento conforme al invento. Como unidad de desorción del dispositivo conforme al invento son apropiados los aparatos que se han descrito más arriba para la desorción en un procedimiento conforme al invento. De manera preferida, el dispositivo conforme al invento comprende una unidad de absorción y una unidad de desorción, como las que son conocidas por un experto en la especialidad de dispositivos destinados a la separación de CO<sub>2</sub> a partir de una mezcla gaseosa mediando utilización de una alcanolamina.

35 El procedimiento conforme al invento y los medios de absorción conformes al invento hacen posible, mediante la utilización de por lo menos una amina de la fórmula (I) en el medio de absorción, un grado de carga con CO<sub>2</sub> del medio de absorción en la absorción, que es más alto en comparación con el de los procedimientos y de los medios de absorción que son conocidos, en particular en comparación con las alcanolaminas que se emplean en la mayor parte de los casos a escala técnica, designando el grado de carga, en el sentido del invento, la relación molar de CO<sub>2</sub> a la amina en el medio de absorción. Además de ello, el medio de absorción del procedimiento conforme al invento es menos corrosivo, menos tóxico y muestra una más alta velocidad de quimisorción para CO<sub>2</sub> y una más pequeña degradación por oxidación con el oxígeno que los medios de absorción que contienen alcanolaminas. En la forma de realización de un proceso cíclico constituido por una absorción y una desorción, se consigue además de ello, en comparación con los procedimientos y los medios de absorción conocidos, en particular en comparación con las alcanolaminas, una mejorada carrera de dióxido de carbono, designando el concepto de "carrera de dióxido de carbono" en el sentido del invento a la diferencia entre el grado de carga con CO<sub>2</sub> del medio de absorción después de la absorción de CO<sub>2</sub> y el grado de carga con CO<sub>2</sub> del medio de absorción después de la desorción de CO<sub>2</sub>. Estas ventajas hacen posible una absorción más eficaz de CO<sub>2</sub> a partir de unas mezclas gaseosas que tienen una pequeña presión parcial de CO<sub>2</sub>, así como un empujamiento del tamaño de los aparatos y una disminución del consumo de energía en comparación con el o la de los procedimientos que son conocidos a partir del estado de la técnica. A causa de la más pequeña corrosividad, en el procedimiento conforme al invento se necesitan, además de ello, menos cantidades de agentes inhibidores de la corrosión que en los procedimientos conocidos.

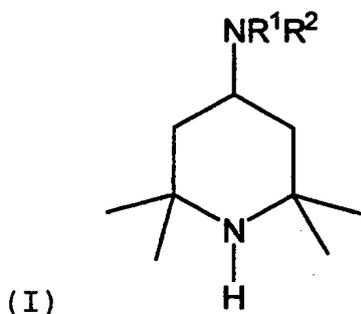
55 Los medios de absorción conformes al invento que, de modo adicional al agua y a la una amina del fórmula (I), contienen todavía el sulfolano, muestran una carrera de dióxido de carbono más aun mejorada, en particular en el caso de un procedimiento con desorción del CO<sub>2</sub> mediante una elevación de la temperatura.

Con unos medios de absorción conformes al invento que, de modo adicional al agua y a la una amina de la fórmula (I), contienen todavía por lo menos un líquido iónico, la desorción de CO<sub>2</sub> se puede llevar a cabo a unas temperaturas más altas y/o a unas presiones más bajas, sin que en la desorción se llegue a una pérdida de disolventes o mediante la evaporación de agua se llegue a una precipitación de un material sólido o a una separación en fases del medio de absorción.

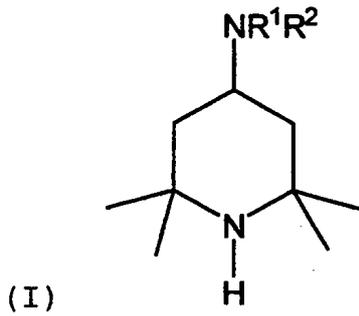
5

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la absorción de CO<sub>2</sub> a partir de una mezcla gaseosa mediante una puesta en contacto de la mezcla gaseosa con un medio de absorción, caracterizado por que el medio de absorción comprende agua y por lo menos una amina de la fórmula (I)



- en la que R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup>, independientemente uno de otro, son hidrógeno o un radical alquilo, y en la fórmula (I) R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> no son al mismo tiempo hidrógeno.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la mezcla gaseosa es un gas de escape de combustión.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que el medio de absorción se presenta en una sola fase después de la absorción de CO<sub>2</sub>.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, caracterizado por que en el medio de absorción la relación ponderal del agua a las aminas de la fórmula (I) está situada en el intervalo de 10:1 a 1:10.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, caracterizado por que el medio de absorción comprende por lo menos 5 % en peso de unas aminas de la fórmula (I).
6. Procedimiento de acuerdo con una de las precedentes reivindicaciones, caracterizado por que el CO<sub>2</sub> absorbido en el medio de absorción es desorbido de nuevo mediante una elevación de la temperatura y/o una disminución de la presión y el medio de absorción, después de esta desorción de CO<sub>2</sub>, es utilizado de nuevo para la absorción de CO<sub>2</sub>.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque la absorción se lleva a cabo a una temperatura que está situada en el intervalo de 0 a 70°C y la desorción se lleva a cabo a una temperatura más alta, que está situada en el intervalo de 50 a 200°C.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, caracterizado por que la absorción se lleva a cabo a una presión que está situada en el intervalo de 0,8 a 50 bares y la desorción se lleva a cabo a una presión más baja que está situada en el intervalo de 0,01 a 10 bares.
9. Medio de absorción para la absorción de CO<sub>2</sub> a partir de una mezcla gaseosa, que comprende agua, por lo menos un líquido iónico y por lo menos una amina de la fórmula (I)



en la que R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup>, independientemente uno de otro, son hidrógeno o un radical alquilo, y en la fórmula (I) R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> no son al mismo tiempo hidrógeno.

- 5 10. Medio de absorción de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que la relación ponderal del agua al líquido iónico está situada en el intervalo de 10:1 a 1:1.
- 10 11. Medio de absorción de acuerdo con la reivindicación 9 ó 10, caracterizado por que la relación ponderal del líquido iónico a las aminas de la fórmula (I) está situada en el intervalo de 3:1 a 1:10.
12. Medio de absorción de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 hasta 11, caracterizado por que la relación ponderal del agua a las aminas de la fórmula (I) está situada en el intervalo de 10:1 a 1:10.
- 15 13. Medio de absorción de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 hasta 12, caracterizado por que él comprende por lo menos 5 % en peso de unas aminas de la fórmula (I).
- 20 14. Procedimiento de de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 8, caracterizado por que el medio de absorción es un medio de absorción de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 hasta 13.
- 25 15. Dispositivo para la separación de CO<sub>2</sub> a partir de una mezcla gaseosa, que comprende una unidad de absorción, una unidad de desorción y un medio de absorción conducido en circuito, caracterizado por que él comprende un medio de absorción de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 hasta 13.