

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 236**

51 Int. Cl.:
B01D 53/14 (2006.01)
C10L 3/10 (2006.01)
F23J 15/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09162003 .9**
96 Fecha de presentación: **05.06.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2258460**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.12.2010**

54 Título: **Procedimiento, medio de absorción y dispositivo para la absorción de CO2 a partir de mezclas de gases**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.06.2012

73 Titular/es:
Evonik Degussa GmbH
Rellinghauser Strasse 1-11
45128 Essen, DE

72 Inventor/es:
Seiler, Matthias;
Rolker, Jörn;
Schneider, Rolf;
Kobus, Axel;
Witthaut, Daniel;
Neumann, Manfred;
Keup, Michael;
Dembkowski, Daniel;
Benesch, Wolfgang;
Winkler, Hermann;
Reich, Jens y
Riethmann, Thomas

74 Agente/Representante:
Lehmann Novo, Isabel

ES 2 382 236 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

Procedimiento, medio de absorción y dispositivo para la absorción de CO₂ a partir de mezclas de gases

5 Sector técnico

La invención se refiere a un procedimiento para la absorción de CO₂ a partir de una mezcla de gases, así como a un medio de absorción y a un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento.

10 La absorción de CO₂ a partir de una mezcla de gases es de particular interés para la separación de dióxido de carbono a partir de gases de humo, ante todo para reducir la emisión de dióxido de carbono que es considerada causa principal del denominado efecto invernadero, procedentes de procesos de centrales eléctricas. Asimismo, una absorción de CO₂ es de interés para la separación de CO₂ a partir de gas natural, biogas, gas de síntesis o corrientes de gases con contenido en CO₂ en refinerías. Además, para algunos procesos se requiere dióxido de
15 carbono y con el procedimiento de acuerdo con la invención se puede proporcionar para estos procedimientos CO₂ como precursor.

Estado conocido de la técnica

20 A escala industrial, para la absorción de CO₂ a partir de una mezcla de gases se emplean habitualmente disoluciones acuosas de alcanolaminas como medio de absorción. El medio de absorción cargado es regenerado mediante calentamiento, alivio de la presión a una presión menor o separación por arrastre, siendo desorbido el dióxido de carbono. Después del proceso de regeneración, el medio de absorción puede utilizarse de nuevo. Estos procedimientos se describen, por ejemplo, en Rolker, J.; Artl, W.; "Abtrennung von Kohlendioxid aus Rauchgasen mittels Absorption" en Chemie Ingenieur Technik 2006, 78, páginas 416 a 424.
25

Estos procedimientos tienen el inconveniente de que para la separación de CO₂ mediante absorción y la subsiguiente desorción se requiere relativamente mucha energía y de que en la desorción sólo se desorbe de nuevo una parte del CO₂ absorbido, de modo que en un ciclo a base de absorción y desorción, la proporción de la
30 alcanolamina utilizada para la absorción de CO₂ es pequeña. Además de ello, los medios de absorción utilizados son fuertemente corrosivos.

El uso de líquidos iónicos para la absorción de CO₂ se describe en X. Zhang et al., "Screening of ionic Liquids to Capture CO₂ by COSMO-RS and Experiments", AIChE Journal, Vol. 54, páginas 2171 a 2728.
35

El documento US 2005/129598 describe un procedimiento para la absorción de CO₂ con un medio de absorción que contiene un líquido iónico. El líquido iónico puede contener una sal de N-alkilpiridinio.

El documento US 4.360.363 describe un procedimiento para la absorción de sulfuro de hidrógeno y otros gases ácidos a partir de una mezcla de gases con una disolución acuosa de una alcanolpiridina en comparación con la absorción con una disolución acuosa de sulfolano.
40

Descripción de la invención

45 Se ha encontrado ahora, sorprendentemente, que los inconvenientes de los procedimientos conocidos se pueden evitar mediante el uso de 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina para la absorción de CO₂ a partir de una mezcla de gases.

Por lo tanto, objeto de la invención es un procedimiento para la absorción de CO₂ a partir de una mezcla de gases mediante la puesta en contacto de la mezcla de gases con un medio de absorción que comprende agua y 2,3-
50 dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina.

Objeto de la invención es, además, un medio de absorción que comprende agua, 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina, al menos un disolvente orgánico y CO₂ en fase homogénea.
55

Objeto de la invención es, además de ello, también un dispositivo para la separación de CO₂ a partir de una mezcla de gases, que comprende una unidad de absorción, una unidad de desorción y un medio de absorción conducido en circuito que comprende agua, 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina y al menos un disolvente orgánico en fase homogénea.
60

En el procedimiento de acuerdo con la invención, la absorción de CO₂ tiene lugar mediante puesta en contacto de una mezcla de gases con un medio de absorción que comprende agua y 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina. 2,3-

dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina puede prepararse según los procedimientos descritos en los documentos US 2.516.625 y US 4.701.530 a partir de acetona y amoníaco.

5 Junto a 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina, el medio de absorción puede contener también uno o varios tautómeros de 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina, en particular 2,5-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina, 1,2-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina y 1,2,3,4-tetrahidro-2,2,6-trimetil-4-metilenpiridina.

10 Preferiblemente, el medio de absorción en el procedimiento de acuerdo con la invención comprende, adicionalmente a agua y 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina, además al menos un disolvente orgánico miscible con agua. En el sentido de la invención, la expresión de un disolvente orgánico miscible con agua designa un disolvente que se disuelve en agua en al menos un 10% en peso o que al menos un 10% en peso de agua se disuelve en el disolvente. Particularmente preferidos son disolventes orgánicos miscibles con agua que no presentan vacío de mezcla alguno con agua y que son miscibles con agua en cualquier proporción.

15 En una forma de realización preferida, el medio de absorción, que comprende agua, 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina y al menos un disolvente orgánico miscible con agua, es monofásico. El carácter monofásico del medio de absorción puede alcanzarse mediante una elección adecuada de los disolventes orgánicos miscibles con agua, así como mediante una elección adecuada de las proporciones de agua, 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina y disolventes orgánicos miscibles con agua.

20 Son asimismo preferidas formas de realización con un medio de absorción que comprende agua, 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina y al menos un disolvente orgánico miscible con agua, en las que el medio de absorción se presenta monofásico después de la absorción de CO₂. El carácter monofásico del medio de absorción después de la absorción de CO₂ puede ser influenciado con los mismos factores que el carácter monofásico del medio de absorción antes de la absorción y, adicionalmente, puede ser influenciado, además, mediante la elección de la temperatura y de la presión durante la puesta en contacto de la mezcla de gases con el medio de absorción.

25 En principio, el procedimiento de acuerdo con la invención puede llevarse a cabo con cualquier mezcla de gases que contenga CO₂, en particular con gases de escape de la combustión; gases de escape de procesos biológicos tales como compostajes, fermentaciones o instalaciones de clarificación; gases de escape de procesos de calcinación tales como calcinación de cal y la producción de cemento; gases residuales procedentes de procesos de altos hornos de la producción de hierro; gases residuales procedentes de procedimientos químicos tales como gases de escape de la producción de negro de carbono o de la producción de hidrógeno mediante reforma con vapor; gas natural con contenido en CO₂ y biogas; gas de síntesis; así como corrientes gaseosas con contenido en CO₂ en procesos de refinaria.

30 Preferiblemente, la mezcla de gases es un gas de escape de la combustión, de manera particularmente preferida un gas de escape de la combustión que contiene 1 a 60% en vol. de CO₂, en particular de 2 a 20% en vol. de CO₂. En una forma de realización particularmente preferida, la mezcla de gases es un gas de escape de la combustión procedente de un proceso de centrales eléctricas, en particular un gas de escape de la combustión desulfurado procedente de un proceso de centrales eléctricas. En la forma de realización particularmente preferida con un gas de escape de la combustión desulfurado procedente de un proceso de centrales eléctricas pueden utilizarse todos los procedimientos de desulfuración conocidos para procesos de centrales eléctricas, preferiblemente un lavado de gas con lechada de cal, con amoníaco acuoso según el procedimiento de Walther o según el procedimiento de Wellmann-Lord. Preferiblemente, en el procedimiento de acuerdo con la invención la absorción de CO₂ tiene lugar a partir de una mezcla de gases que contiene menos de 10% en vol. de O₂, de manera particularmente preferida menos de 6% en vol. de O₂.

35 En una forma de realización preferida adicional, la mezcla de gases es un gas natural o un biogas que, junto a CO₂, contiene metano como componente principal, ascendiendo la cantidad total de CO₂ y metano preferiblemente a más de 50% en vol. y, en particular, a más de 80% en vol.

40 Con el fin de poder poner en contacto la mezcla de gases con el medio de absorción, para el procedimiento de acuerdo con la invención pueden utilizarse todos los aparatos adecuados para la puesta en contacto de una fase gaseosa con una fase líquida. Preferiblemente, se utilizan lavadores de gases o columnas de absorción conocidos por el estado de la técnica, por ejemplo contactores de membrana, lavadores de corriente radial, lavadores de chorro, lavadores Venturi, lavadores por rotación-pulverización, columnas de cuerpos de relleno, columnas de empaquetamiento y columnas de platos. De manera particularmente preferida, se utilizan columnas de absorción en funcionamiento en contracorriente.

45 En el procedimiento de acuerdo con la invención, la absorción de CO₂ se lleva a cabo preferiblemente a una temperatura del medio de absorción en el intervalo de 0 a 70°C, de manera particularmente preferida de 20 a 60°C.

En el caso de utilizar una columna de absorción en funcionamiento en contracorriente, la temperatura del medio de absorción asciende de manera particularmente preferida a 30 hasta 60°C en la entrada en la columna y a 35 hasta 70°C en la salida de la columna.

5 La absorción de CO₂ se lleva a cabo preferiblemente a una presión de la mezcla de gases en el intervalo de 0,8 a 50 bar, de manera particularmente preferida de 0,9 a 30 bar. En una forma de realización particularmente preferida, la absorción se lleva a cabo a una presión total de la mezcla de gases en el intervalo de 0,8 a 1,5 bar, en particular de 0,9 a 1,1 bar. Esta forma de realización particularmente preferida posibilita la absorción de CO₂ a partir del gas de escape de la combustión de una central eléctrica sin compresión del gas de escape de la combustión.

10 En una forma de realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención, el CO₂ absorbido en el medio de absorción es desorbido de nuevo mediante el aumento de la temperatura y/o reducción de la presión, y el medio de absorción es utilizado de nuevo para la absorción de CO₂ después de esta desorción de CO₂. Mediante un proceso cíclico de este tipo a base de absorción y desorción, el CO₂ puede ser separado de la mezcla de gases en su totalidad o en parte y puede obtenerse separadamente de otros componentes de la mezcla de gases.

15 De manera alternativa al aumento de la temperatura o a la reducción de la presión, o adicionalmente a un aumento de la temperatura y/o reducción de la presión, puede llevarse a cabo también una desorción mediante separación por arrastre con un gas del medio de absorción cargado con CO₂.

20 Si en la desorción de CO₂ se elimina adicionalmente también agua a partir del medio de absorción, al medio de absorción se le puede añadir eventualmente además agua antes de utilizarlo de nuevo para la absorción.

25 Para la desorción pueden utilizarse todos los aparatos que son conocidos del estado de la técnica para la desorción de un gas a partir de un líquido. Preferiblemente, la desorción se lleva a cabo en una columna de desorción. Alternativamente, la desorción de CO₂ puede llevarse a cabo también en una o varias etapas de evaporación instantánea.

30 En el caso de una desorción, mediante el aumento de la temperatura la desorción de CO₂ se lleva a cabo preferiblemente a una temperatura del medio de absorción en el intervalo de 50 a 200°C, de manera particularmente preferida de 80 a 150°C. En este caso, la temperatura en la desorción se encuentra preferiblemente al menos 20°C, de manera particularmente preferida al menos 50°C por encima de la temperatura en la absorción.

35 En una desorción mediante reducción de la presión, la desorción de CO₂ se lleva a cabo preferiblemente a una presión total en la fase gaseosa en el intervalo de 0,01 a 10 bar, en particular de 0,1 a 5 bar. La presión en la desorción se encuentra en este caso preferiblemente al menos 1,5 bar, de manera particularmente preferida al menos 4 bar por debajo de la presión en la absorción.

40 En una desorción mediante el aumento de la temperatura, la presión en la desorción de CO₂ puede ser también superior que en la absorción de CO₂. En esta forma de realización, la presión en la desorción de CO₂ se encuentra preferiblemente hasta 5 bar, de manera particularmente preferida hasta 3 bar por encima de la presión en la absorción de CO₂. Con esta forma de realización, el CO₂ separado de la mezcla de gases puede comprimirse, sin el empleo de energía mecánica, a una presión mayor que la de la mezcla de gases. Mediante una presión mayor en la desorción puede garantizarse el carácter monofásico del medio de absorción.

45 El medio de absorción de acuerdo con la invención comprende agua, 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina, al menos un disolvente orgánico y CO₂ en fase homogénea. Preferiblemente, se utilizan disolventes orgánicos que presentan un punto de ebullición mayor que 100°C a 1 bar, de manera particularmente preferida mayor que 150°C a 1 bar.

50 El medio de absorción de acuerdo con la invención contiene agua y disolvente orgánico, preferiblemente en una relación en peso en el intervalo de 10:1 a 1:1, de manera particularmente preferida en el intervalo de 5:1 a 2:1. La relación en peso de disolvente orgánico a 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina se encuentra preferiblemente en el intervalo de 3:1 a 1:3, de manera particularmente preferida en el intervalo de 2:1 a 1:2. Son particularmente preferidos medios de absorción que comprenden 10 a 80% en peso de agua, 5 a 50% en peso de 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina y 5 a 50% en peso de disolvente orgánico.

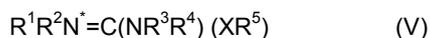
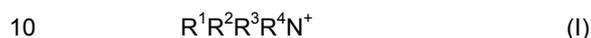
55 En una forma de realización preferida, el medio de absorción de acuerdo con la invención contiene, en calidad de disolvente orgánico, sulfolano, CAS-nº 126-33-0, preferiblemente con una proporción de sulfolano de al menos 5% en peso, de manera particularmente preferida de al menos 10% en peso y, en particular de al menos 25% en peso.

60 En otra forma de realización preferida, el medio de absorción de acuerdo con la invención contiene, como disolvente orgánico, al menos un líquido iónico, preferiblemente con una proporción de líquido iónico de al menos 5% en peso,

de manera particularmente preferida de al menos 10% en peso y, en particular, de al menos 25% en peso.

Un líquido iónico en el sentido de la invención es una sal a base de aniones y cationes o una mezcla de sales de este tipo, en donde la sal o la mezcla de sales presenta un punto de fusión menor que 100°C. Preferiblemente, el líquido iónico se compone de una o varias sales de cationes orgánicos con aniones orgánicos o inorgánicos. Son particularmente preferidas mezclas a base de varias sales con diferentes cationes orgánicos y el mismo anión.

En calidad de cationes orgánicos se adecuan, en particular, cationes de las fórmulas generales (I) a (V):



20 en las que

$R^1, R^2, R^3, R^4, R^5, R^6$ son iguales o diferentes y significan hidrógeno, un radical hidrocarbonado con 1 a 30 átomos de carbono lineal o ramificado, alifático u olefínico, un radical hidrocarbonado con 5 a 40 átomos de carbono cicloalifático o ciclo-olefínico, un radical hidrocarbonado con 6 a 40 átomos de carbono aromático, un radical alquilarilo con 7 a 40 átomos de carbono, un radical hidrocarbonado con 2 a 30 átomos de carbono interrumpido con uno o varios grupos -O-, -NH-, NR', -O-C(O)-, -(O)C-O-, -NH-C(O)-, -(O)C-NH-, -(CH₃)N-C(O)-, -(O)C-N(CH₃)-, -S(O₂)-O-, -O-S(O₂)-, -S(O₂)-NH-, -NH-S(O₂)-, -S(O₂)-N(CH₃)- o -N(CH₃)-S(O₂)-, lineal o ramificado, alifático u olefínico, un radical hidrocarbonado con 1 a 30 átomos de carbono funcionalizado en posición terminal mediante OH, OR', NH₂, N(H)R' o N(R')₂, lineal o ramificado, alifático u olefínico, o un radical poliéter de la fórmula -(R⁷-O)_n-R⁸ a modo de bloques o constituido estadísticamente, en donde para cationes de la fórmula (V), R⁵ no es hidrógeno,

30 R' es un radical hidrocarbonado con 1 a 30 átomos de carbono alifático u olefínico,

R⁷ es un radical alquileo que contiene 2 a 4 átomos de carbono, lineal o ramificado,

35 n es de 1 a 200, preferiblemente 2 a 60,

R⁸ es hidrógeno, un radical hidrocarbonado con 1 a 30 átomos de carbono lineal o ramificado, alifático u olefínico, un radical hidrocarbonado con 5 a 40 átomos de carbono cicloalifático o ciclo-olefínico, un radical hidrocarbonado con 6 a 40 átomos de carbono aromático, un radical alquilarilo con 7 a 40 átomos de carbono o un radical -C(O)-R⁹,

40 R⁹ es un radical hidrocarbonado con 1 a 30 átomos de carbono lineal o ramificado, alifático u olefínico, un radical hidrocarbonado con 5 a 40 átomos de carbono cicloalifático o ciclo-olefínico, un radical hidrocarbonado con 6 a 40 átomos de carbono aromático o un radical alquilarilo con 7 a 40 átomos de carbono,

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

en donde al menos uno y, preferiblemente, cada uno de los radicales R¹, R², R³, R⁴, R⁵ y R⁶ es distinto de hidrógeno.

50 Son asimismo adecuados cationes de las fórmulas (I) a (V), en los que los radicales R¹ y R³ juntos forman un anillo de 4 a 10 miembros, preferiblemente de 5 a 6 miembros.

En los cationes de la fórmula (IV), los radicales R¹ a R⁵ son preferiblemente grupos metilo y el radical R⁶ es un grupo etilo o un grupo n-propilo.

55 En los cationes de la fórmula (V), los radicales R¹ a R⁴ son preferiblemente grupos metilo.

60 Asimismo adecuados son cationes heteroaromáticos con al menos un átomo de nitrógeno cuaternario en el anillo que porta un radical R¹ tal como se ha definido arriba, preferiblemente derivados de pirrol, pirazol, imidazol, oxazol, isoxazol, tiazol, isotiazol, piridina, pirimidina, pirazina, indol, quinolina, isoquinolina, cinolina, quinoxalina o ftalacina sustituidos en el átomo de nitrógeno.

Como aniones inorgánicos se adecuan, en particular, tetrafluoroborato, hexafluorofosfato, nitrato, sulfato, hidrógeno-

sulfato, fosfato, hidrógeno-fosfato, dihidrógeno-fosfato, hidróxido, carbonato, hidrógeno-carbonato y los haluros, preferiblemente cloruro.

5 En calidad de aniones orgánicos se adecuan, en particular, $R^aOSO_3^-$, $R^aSO_3^-$,
 $R^aOPO_3^{2-}$, $(R^aO)_2PO_2^-$, $R^aPO_3^{2-}$, R^aCOO^- , R^aO^- , $(R^aCO)_2N^-$, $(R^aSO)_2N^-$, NCN^- , $R^bPF_3^-$ y
 $R^bBF_3^-$, en donde R^a es un radical hidrocarbonado con 1 a 30 átomos de carbono lineal o ramificado, alifático, un
radical hidrocarbonado con 5 a 40 átomos de carbono cicloalifático, un radical hidrocarbonado con 6 a 40 átomos de
carbono aromático, un radical alquilarilo con 7 a 40 átomos de carbono, o un radical perfluoroalquilo con 1 a 30
10 átomos de carbono lineal o ramificado y R^b es un radical perfluoroalquilo con 1 a 30 átomos de carbono,
preferiblemente 1 a 3 átomos de carbono.

15 En una forma de realización preferida, el líquido iónico comprende una o más sales de 1,3-dialquilimidazolio, en
donde los grupos alquilo se eligen de manera particularmente preferida, independientemente uno de otro, de metilo,
etilo, n-propilo, n-butilo y n-hexilo.

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

25 Procedimientos para la preparación de los líquidos iónicos son conocidos por el experto en la materia a partir del
estado de la técnica.

30 En el procedimiento de acuerdo con la invención se utilizan preferiblemente los medios de absorción de acuerdo con
la invención arriba descritos.

35 En el procedimiento de acuerdo con la invención, el medio de absorción puede contener, adicionalmente a los
componentes ya mencionados, además aditivos, preferiblemente inhibidores de la corrosión y/o aditivos
fomentadores de la humectación.

40 Como inhibidores de la corrosión pueden utilizarse en el procedimiento de acuerdo con la invención todas las
sustancias que son conocidas por el experto en la materia para procedimientos para la absorción de CO_2 utilizando
alcanolaminas en calidad de inhibidores de la corrosión adecuados, en particular los inhibidores de la corrosión
descritos en el documento US 4.714.597.

45 Como aditivo fomentador de la humectación se utilizan preferiblemente uno o varios tensioactivos del grupo de los
tensioactivos no iónicos, tensioactivos de iones híbridos y tensioactivos catiónicos.

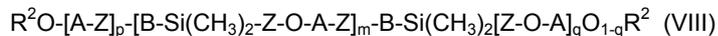
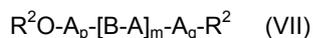
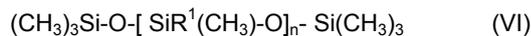
50 Tensioactivos no iónicos adecuados son alcoxilatos de alquilamina, amidoaminas, alcanolamidas, óxidos de
alquilfosfina, alquil-N-glucamidas, alquilglucósidos, ácidos biliares, alcoxilatos de alquilo, ésteres de sorbitán,
ésteres-etoxilatos de sorbitán, alcoholes grasos, etoxilatos de ácidos grasos, etoxilatos de ésteres y
poliétersiloxanos.

55 Tensioactivos de iones híbridos adecuados son betaínas, alquilglicinas, sultainas, anfopropionatos, anfoacetatos,
aminóxidos terciarios y silicobetaínas.

60 Tensioactivos catiónicos adecuados son sales de amonio cuaternario con uno o dos sustituyentes con 8 a 20 átomos
de carbono, en particular las correspondientes sales de tetraalquilamonio, sales de alquilpiridinio, compuestos
cuaternarios de ésteres, compuestos cuaternarios de diamidoamina, compuestos cuaternarios de imidazolinio,
compuestos cuaternarios de alcoxilalquilo, compuestos cuaternarios de bencilo y compuestos cuaternarios de silicio.

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

70 En otra forma de realización preferida, el aditivo fomentador de la humectación comprende un copolímero de
poliéter-polisiloxano que contiene más de 10% en peso de unidades $[Si(CH_3)_2O]$ y más de 10% en peso de unidades
 $[CH_2CHR-O]$, en las que R es hidrógeno o metilo. Particularmente preferidos son copolímeros de poliéter-
polisiloxanos de las fórmulas generales (VI) a (VIII):



en donde

10 A es un radical divalente de la fórmula $-\text{[CH}_2\text{CHR}^3\text{-O]}_r\text{-}$,

B es un radical divalente de la fórmula $-\text{[Si}(\text{CH}_3)_2\text{-O]}_s\text{-}$,

15 Z es un radical alquileo con 2 a 20 átomos de carbono divalente, lineal o ramificado y, preferiblemente, es $-(\text{CH}_2)_3\text{-}$,

n es 1 a 30,

m es 2 a 100,

20 p, q es 0 ó 1,

r es 2 a 100,

s es 2 a 100,

25 de 1 a 5 de los radicales R^1 son radicales de la fórmula general $-\text{Z-O-A-R}^2$, y los restantes radicales R^1 son metilo,

R^2 es hidrógeno o un radical alquilo o un radical acilo con 1 a 20 átomos de carbono alifático u olefínico, y

30 R^3 es hidrógeno o metilo.

Los aditivos fomentadores de la humectación son ya conocidos por el experto en la materia del estado conocido de la técnica como aditivos para disoluciones acuosas y pueden prepararse según procedimientos conocidos por el estado conocido de la técnica.

35 Un dispositivo de acuerdo con la invención para la separación de CO_2 a partir de una mezcla de gases comprende una unidad de absorción, una unidad de desorción y un medio de absorción de acuerdo con la invención conducido en circuito. Como unidad de absorción del dispositivo de acuerdo con la invención se adecuan los aparatos arriba descritos para la absorción en un procedimiento de acuerdo con la invención. Como unidad de desorción del dispositivo de acuerdo con la invención se adecuan los aparatos descritos arriba para la desorción en un procedimiento de acuerdo con la invención. Preferiblemente, el dispositivo de acuerdo con la invención comprende una unidad de absorción y una unidad de desorción tal como son conocidos por el experto en la materia de dispositivos para la separación de CO_2 a partir de una mezcla de gases utilizando una alcanolamina.

45 El procedimiento de acuerdo con la invención y los medios de absorción de acuerdo con la invención posibilitan, mediante el uso de 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina en el medio de absorción con respecto a los procedimientos y medios de absorción conocidos, en particular con respecto a las alcanolaminas técnicamente empleadas la mayoría de las veces, un mayor grado de carga del medio de absorción con CO_2 en la absorción a bajas temperaturas, designando el grado de carga en el sentido de la invención la relación molar de CO_2 a amina en el medio de absorción. Además de ello, el medio de absorción del procedimiento de acuerdo con la invención es menos corrosivo y muestra una mayor velocidad de quimisorción para CO_2 que medios de absorción que contienen alcanolaminas. En la forma de realización de un proceso cíclico a base de absorción y desorción se alcanza además, con respecto a los procedimientos y medios de absorción conocidos, en particular frente a alcanolaminas, una elevación mejorada de dióxido de carbono, en donde la elevación de dióxido de carbono en el sentido de la invención designa la diferencia entre el grado de carga del medio de absorción con CO_2 después de la absorción de CO_2 y el grado de carga del medio de absorción con CO_2 después de la desorción de CO_2 . Estas ventajas posibilitan una absorción más eficaz de CO_2 a partir de mezclas de gases con una presión parcial de CO_2 menor, así como una reducción en tamaño de los aparatos y una disminución del consumo energético con respecto a los procedimientos conocidos por el estado de la técnica. Debido a la menor capacidad de corrosión, en el procedimiento de acuerdo con la invención se requieren, además, menos inhibidores de la corrosión que en los procedimientos conocidos.

60 Con medios de absorción de acuerdo con la invención que, adicionalmente a agua y 2,3-dihidro-2,2,4,6-

tetrametilpiridina, contienen todavía al menos un líquido iónico, la desorción de CO₂ se puede llevar a cabo a temperaturas mayores y/o presiones menores, sin que se produzca en la desorción una pérdida de disolvente o, debido a la evaporación de agua, se produzca una precipitación de sólidos o una separación de fases del agente de absorción.

5

Los siguientes Ejemplos explican la invención, pero sin limitar el objeto de la invención.

Ejemplos

10 Ejemplo 1

En un sistema de aparatos termostatzado y provisto de una regulación de la presión para la medición de equilibrios gas-líquido se dispuso una mezcla a base 15% en peso de 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina, 15% en peso de sulfolano y 70% en peso de agua a temperatura constante y se puso en contacto con dióxido de carbono gaseoso a presión constante, variándose la presión y la temperatura. En cada caso, después de alcanzar el estado de equilibrio, se determinó el contenido en CO₂ absorbido en el medio de absorción cargado y, a partir de ello, se calculó el grado de carga como la relación molar de CO₂ a amina en el medio de absorción cargado. Las temperaturas y presiones investigadas y los grados de carga determinados para ello están recopilados en la Tabla 1. En el caso de las presiones y temperaturas investigadas, el medio de absorción era monofásico y homogéneo antes y después de la absorción de CO₂.

20

Ejemplo 2 (Ejemplo comparativo)

Se repitió el Ejemplo 1 con una mezcla a base de 30% en peso de monoetanolamina (MEA) y 70% en peso de agua.

25

A partir de los grados de carga resultan las elevaciones de dióxido de carbono recogidas en la Tabla 2 para absorción y desorción a 1,5 bar y una desorción mediante el aumento de la temperatura de 40 a 120°C así como las elevaciones de dióxido de carbono recogidas en la Tabla 3 para la absorción y desorción a 120°C y una desorción mediante disminución de la presión de 1,5 a 0,5 bar.

30

Tabla 1

Ejemplo	Presión [bar]	Temperatura [°C]	Grado de carga [mol de CO ₂ / mol de amina]
1	0,5	40	0,62
1	1,5	40	0,81
1	0,5	120	0,07
1	1,5	120	0,21
2*	0,5	40	0,56
2*	1,5	40	0,63
2*	0,5	120	0,33
2*	1,5	120	0,41

* no de acuerdo con la invención

Tabla 2

Ejemplo	Elevación de dióxido de carbono [mol de CO ₂ / mol de amina]
1	0,60
2*	0,22

35

* no de acuerdo con la invención

Tabla 3

Ejemplo	Elevación de dióxido de carbono [mol de CO ₂ / mol de amina]
1	0,14
2*	0,08

* no de acuerdo con la invención

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento para la absorción de CO₂ a partir de una mezcla de gases mediante la puesta en contacto de la mezcla de gases con un medio de absorción, caracterizado porque el medio de absorción comprende agua y 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el medio de absorción comprende al menos un disolvente orgánico miscible con agua.
- 10 3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el medio de absorción es monofásico.
- 4.- Procedimiento según la reivindicación 2 ó 3, caracterizado porque el medio de absorción se presenta monofásico después de la absorción de CO₂.
- 15 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la mezcla de gases es un gas de escape de la combustión, un gas natural o un biogas.
- 6.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el CO₂ en el medio de absorción se desorbe de nuevo mediante el aumento de la temperatura y/o disminución de la presión, y el medio de absorción se utiliza de nuevo para la absorción de CO₂ después de esta desorción de CO₂.
- 20 7.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque la absorción se lleva a cabo a una temperatura en el intervalo de 0 a 70°C, y la desorción se lleva a cabo a una temperatura superior, en el intervalo de 50 a 200°C.
- 25 8.- Procedimiento según la reivindicación 6 ó 7, caracterizado porque la absorción se lleva a cabo a una presión en el intervalo de 0,8 a 50 bar y la desorción se lleva a cabo a una presión menor, en el intervalo de 0,01 a 10 bar.
- 9.- Uso de 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina para la absorción de CO₂ a partir de una mezcla de gases.
- 30 10.- Medio de absorción para la absorción de CO₂ a partir de una mezcla de gases que comprende agua, 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina, al menos un disolvente orgánico y CO₂ en fase homogénea.
- 11.- Medio de absorción según la reivindicación 10, caracterizado porque la relación en peso de agua a disolvente orgánico se encuentra en el intervalo de 10:1 a 1:1.
- 35 12.- Medio de absorción según la reivindicación 10 u 11, caracterizado porque la relación en peso de disolvente orgánico a 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina se encuentra en el intervalo de 3:1 a 1:3.
- 13.- Medio de absorción según una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado porque comprende 10 a 80% en peso de agua, 5 a 50% en peso de 2,3-dihidro-2,2,4,6-tetrametilpiridina y 5 a 50% en peso de disolvente orgánico.
- 40 14.- Medio de absorción según una de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado porque contiene sulfolano en cantidad de disolvente orgánico.
- 45 15.- Medio de absorción según una de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado porque contiene un líquido iónico en cantidad de disolvente orgánico.
- 16.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque se utiliza un medio de absorción conforme a una de las reivindicaciones 10 a 15.
- 50 17.- Dispositivo para la separación de CO₂ a partir de una mezcla de gases, que comprende una unidad de absorción, una unidad de desorción y un medio de absorción conducido en circuito, caracterizado porque comprende un medio de absorción conforme a una de las reivindicaciones 10 a 15.