(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 741 928**

(51) Int. CI.:

B01J 20/22 (2006.01)
B01D 53/14 (2006.01)
B01D 53/62 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.12.2009 PCT/KR2009/007893**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **07.07.2011 WO11081228**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2009 E 09852830 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 2520363**

(54) Título: **Método para eliminar dióxido de carbono de un gas usando un absorbente basado en carbonato de alquilo que contiene aminas cíclicas con impedimento estérico**

(30) Prioridad:

28.12.2009 KR 20090131571

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.02.2020

(73) Titular/es:

KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH (100.0%)
71-2, Jang-dong, Yuseong-gu
Daejon 302-804 , KR

(72) Inventor/es:

YOON, YEO-IL;
NAM, SUNG-CHAN;
KIM, YOUNG-EUN;
BAEK, IL-HYUN y
PARK, SANG-DO

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

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).

DESCRIPCION

Método para eliminar dióxido de carbono de un gas usando un absorbente basado en carbonato de alquilo que contiene aminas cíclicas con impedimento estérico

[Campo técnico]
La presente invención se refiere a un absorbente de dióxido de carbono y, más concretamente, a un absorbente de dióxido de carbono basado en un carbonato alcalino, que contiene una amina cíclica con impedimento estérico añadida que puede mejorar la velocidad de absorción de dióxido de carbono, reducir la cantidad de energía renovable usada y prevenir la producción de sal y la separación de fases, y a un método para eliminar el dióxido de carbono usando dicho absorbente.

[Antecedentes de la técnica]
El dióxido de carbono, uno de los seis gases con efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global de la atmósfera, es emitido en grandes cantidades por un gran número de fuentes estacionarias. Para separar y eliminar las emisiones de dióxido de carbono que pueden ser atribuidas a las industrias energéticas, se han realizado muchos estudios en procesos económicamente eficientes para absorber dióxido de carbono mediante el uso de un absorbente acuoso.

El proceso de absorción más utilizado incluye usar un proceso con alcanolamina absorbente acuosa (por ejemplo monoetanolamina, dietanolamina, trietanolamina, y similares), y cabe mencionar el proceso Benfield que utiliza carbonato potásico.

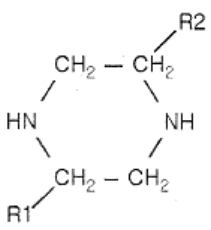
El proceso de alcanolamina usa de 20 a 30% en peso de una solución que comprende agua y varias alcanolaminas empleadas para absorber el dióxido de carbono y, gracias a la rapidez de su absorción del dióxido de carbono, ha estado en uso comercial desde los años 70.

Sin embargo, este proceso tiene problemas al usar una cantidad de energía excesivamente elevada, en el intervalo de 4,0 a 4,2 GJ/ton de CO_2 (en el caso, por ejemplo, de la monoetanolamina (MEA)) durante la regeneración, y la corrosión de componentes construidos en acero al carbono, por reacciones de oxidación de contaminantes presentes en el escape de la combustión tal como, por ejemplo, O_2, SO_2 y NO_x, y similares.

El problema más apremiante de todos es el máximo calor renovable. Para resolver este problema, se han desarrollado absorbentes que tienen impedimento estérico, en los que el impedimento estérico se produce uniendo un grupo metilo o etilo a un átomo de nitrógeno en una alcanolamina usada para eliminar el dióxido de carbono a través de enlaces carbamato con el fin de reducir la resistencia de unión. Un ejemplo representativo es 2-amino-2-metil-1-propanol (AMP).

Este absorbente absorbe dióxido de carbono con menor rapidez que la MEA, pero tiene la ventaja de usar una cantidad considerablemente baja de energía renovable. Del mismo modo, un absorbente KS-1™ de Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. conocido por usar una amina con impedimento estérico como uno de los principales constituyentes, muestra el uso de una muy baja cantidad de energía renovable en un intervalo de 2,8 a 3,2 GJ/ton de CO_2. Sin embargo, la amina con impedimento estérico usada es en su mayor parte alcanolaminas, en particular aminas primarias con grupos con impedimento estérico.

Se han sugerido tecnologías avanzadas de captura de carbono usando aminas con impedimento estérico. Por ejemplo, la solicitud de patente japonesa No. 1994-242915 (registrada como patente japonesa nº 3197173, 8 de junio de 2001) de Kansai Electric Power Co., Inc., describe un método para eliminar dióxido de carbono de los gases de escape de combustión. Esta técnica enseña un compuesto representado por la fórmula química que sigue como constituyente principal del absorbente para mejorar la capacidad de absorción de CO_2 por unidad en moles y por unidad de volumen de absorbente, aumenta la velocidad de absorción y reduce la cantidad de energía renovable utilizada. En la fórmula química que sigue, R1 es un grupo alquilo inferior y R2 es hidrógeno o un grupo alquilo inferior. También, esta técnica reivindica un sistema que contiene un derivado de piperazina resistente estéricamente en solución acuosa en donde la concentración del derivado de piperazina en la solución acuosa es de 15 a 65% en peso.



Sin embargo, cuando la concentración es 20% en peso, o más, se requiere un material adicional tal como, por ejemplo, un alcohol, para solubilizar el derivado de piperazina. También, este sistema es meramente un sistema binario en el que dos constituyentes, agua y derivado de piperazina, simplemente se mezclan. Debido a la ausencia de carbonato alcalino que tiende a promover la formación de bicarbonato, esta técnica es desfavorable por cuanto una reacción de formación de bicarbonato no es dominante sobre una reacción de formación de carbamato durante la reacción de absorción de dióxido de carbono.

Para capturar el dióxido de carbono, que es un gas ácido, existen procedimientos que usan álcalis de tipo líquido, tales como, por ejemplo, NaOH, Na_2CO_3, K_2CO_3, KOH, y similares. En este caso, cabe mencionar el proceso de Benfield y el proceso Catacarb como ejemplos representativos. El proceso de Benfield ayuda a las alcanolaminas tales como, p. ej., principalmente dietanolamina (DEA) a mejorar la velocidad de reacción. El proceso Catacarb utiliza carbonato potásico como principal constituyente y sustancias orgánicas o inorgánicas desconocidas como promotor para mejorar la velocidad de reacción.

Sin embargo, dado que estos procesos han de hacer funcionar un aparato de absorción y un separador o *stripper* a 120° C, o más, bajo la presión del gas de entrada de 10 atmósferas (atm), o más, para prevenir la producción de una sal de bicarbonato potásico, dichos procesos tienen el inconveniente de usar una gran cantidad de energía.

Recientemente se ha publicado un procedimiento mejorado que emplea carbonato potásico, en el documento WO 2004/089512 A1, del Dr. Rochelle et al., de la Universidad de Texas.

De acuerdo con esta técnica, un absorbente contiene carbonato potásico y piperazina o un derivado de piperazina. Aquí, la piperazina o el derivado de piperazina sirven para mejorar la velocidad de absorción. Como la piperazina es una alquilamina con una estructura de diamina cíclica y tiene dos grupos amino, el absorbente que contiene carbonato potásico y piperazina puede absorber eficazmente el dióxido de carbono y reducir la cantidad de energía renovable empleada.

Sin embargo, se prevé que este absorbente tendrá un problema de solubilidad. Después, la solicitud de patente coreana nº 2005-7018813 describe el uso de piperazina para prevenir la producción de sal y mejorar la velocidad de absorción, aun cuando la piperazina no presenta impedimento estérico.

Como se describe en lo precedente, las técnicas convencionales que usan carbonato potásico como ventaja del carbonato potásico, usan eficazmente una baja cantidad de energía renovable y para soslayar los inconvenientes de la baja velocidad de absorción y de producción de sal que se causa por el uso del carbonato potásico, usan un derivado de piperazina sin impedimento estérico como aditivo. Sin embargo, un experimento de verificación realizado usando las correspondientes condiciones revela que se produce una sal y que la separación química de fases ocurre frecuentemente bajo ciertas condiciones.

El documento US 4.217.238 afronta al problema de la separación de fases añadiendo un aminoácido al absorbente.

[Exposición]

[Problema técnico]
Un aspecto de la presente invención proporciona un absorbente de dióxido de carbono basado en carbonato alcalino que contiene una amina cíclica con impedimento estérico para mejorar la velocidad de absorción de dióxido de carbono, reducir la cantidad de energía renovable utilizada, y prevenir la producción de sal y la separación de fases.

La invención proporciona un método para eliminar el dióxido de carbono, que incluye poner en contacto el gas que contiene dióxido de carbono con un absorbente de dióxido de carbono basado en carbonato alcalino, que contiene una amina cíclica con impedimento estérico añadida, para absorber el dióxido de carbono y regenerar el absorbente de dióxido de carbono, eliminando eficazmente de esta forma el dióxido de carbono del gas que contiene dióxido de carbono.

[Solución técnica]
De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un absorbente de dióxido de carbono basado en carbonato alcalino que contiene una amina cíclica con impedimento estérico, que incluye el 16% en peso, o menos, de un carbonato alcalino y el 10% en peso, o menos, de una amina cíclica con impedimento estérico.

De acuerdo con el presente invento, se proporciona un método para eliminar dióxido de carbono tal como se define en las reivindicacieons.

[Efectos ventajosos]
De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona el absorbente de dióxido de carbono basado en carbonato alcalino, que contiene una amina cíclica con impedimento estérico añadida, que es al menos una seleccionada entre el grupo consistente en 2-metil piperazina y homopiperazina, puede reducir el coste implicado en

la captura de dióxido de carbono debido al uso de una baja cantidad de energía renovable y una alta velocidad de absorción y debido a que no tiene lugar la producción de sal ni la separación de fases, puede eliminar la necesidad de reponer el suministro de absorbente y mantener un nivel normal de eficacia del procedimiento.

En consecuencia, cuando la presente invención se aplica a un proceso que usa un nuevo absorbente para separar dióxido de carbono del gas de escape de la combustión a un bajo coste, puede contribuir en gran medida a tecnologías para reducir los gases de invernadero para enfrentarse al calentamiento global.

[Descripción de los dibujos]
Estas y otras características, aspectos y ventajas de las realizaciones preferidas de la presente invención se describirán con más detalle en la descripción minuciosa que sigue, tomando los dibujos anexos. En los dibujos:

La FIGURA 1 es un diagrama de flujo que ilustra un método para eliminar el dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención.
La FIGURA 2 es un diagrama de equilibrio vapor/líquido de un absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención.
La FIGURA 3 es una gráfica que ilustra una curva de avance experimental de un absorbente de dióxido de carbono (15% en peso de carbonato potásico/10% en peso de un aditivo) a temperaturas de acuerdo con la presente invención.
La FIGURA 4 es una gráfica que ilustra la velocidad de absorción de un absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención.
La FIGURA 5 es una gráfica que ilustra la presión de vapor de un absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención.

[Modo mejor]
A continuación, la presente invención se describe con más detalle con referencia a los dibujos que acompañan.

La presente invención proporciona un absorbente de dióxido de carbono basado en carbonato alcalino, que contiene una amina cíclica con impedimento estérico añadida, para mejorar la velocidad de absorción de dióxido de carbono, reducir la cantidad de energía renovable usada, y prevenir la producción de sal y la separación química de fases.

El absorbente de dióxido de carbono basado en carbonato alcalino que contiene una amina cíclica con impedimento estérico añadida de acuerdo con la presente invención incluye el 16% en peso, o menos, de un carbonato alcalino y el 10% en peso, o menos, de una amina cíclica con impedimento estérico.

En el 16% en peso, o menos, del carbonato alcalino usado como constituyente principal del absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención, el álcali está limitado al potasio que es un elemento metálico del Grupo 11, y el carbonato es una mezcla de bicarbonato y carbonato.

El carbonato alcalino usado en el absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención es al menos uno seleccionado entre carbonato potásico (K_2CO_3), hidróxido potásico (KOH), o bicarbonato potásico ($KHCO_3$).

Generalmente, cuando un átomo de nitrógeno de una amina reacciona con dióxido de carbono, el dióxido de carbono se absorbe en forma de carbamato. Sin embargo, de acuerdo con la presente invención, dado que el aditivo de amina cíclica con impedimento estérico incorporado a la solución acuosa de carbonato potásico es una amina secundaria con impedimento estérico, el dióxido de carbono se absorbe principalmente en forma de carbonato y no en forma de carbamato.

En particular, cuando una mezcla del carbonato alcalino y el aditivo reacciona con el dióxido de carbono, una porción del aditivo absorbe el dióxido de carbono en forma de carbamato como se muestra en la Fórmula (1) más abajo.

Posteriormente, moléculas del aditivo usado en la absorción de dióxido de carbono en forma de bicarbonato por la fuerza culómbica en presencia de cationes alcalinos del carbonato alcalino como se muestra en la Figura (2), más abajo. En consecuencia, la presente invención puede reducir en gran medida la cantidad de energía renovable usada, a diferencia de las técnicas convencionales.

Cuando está presente la amina cíclica con impedimento estérico sola, la Fórmula (2) no procede y así la cantidad de energía renovable usada se reduce en un pequeño margen. Sin embargo, cuando la amina cíclica con impedimento estérico está presente junto con el carbonato alcalino, la Fórmula (2) sí que procede y así la cantidad de energía renovable usada se reduce en gran medida.

$$2R\text{-}NH_2\ (amina) + CO_2 \Leftrightarrow [R\text{-}NH\text{-}CO_2^-][R\text{-}NH_3^+] \text{ ----} \qquad \text{Fórmula (1)}$$

$$[R\text{-}NH\text{-}CO_2^-][R\text{-}NH_3^+] + H_2O + M^+ \Leftrightarrow [R\text{-}NH_3^+][HCO_3^-] + R\text{-}NH_2 + M^+ \text{ ---} \qquad \text{Fórmula (2)}$$

Como se describe en lo precedente, la amina con impedimento estérico usada en el absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención es una amina secundaria que tiene dos carbonos unidos a un átomo de nitrógeno. Generalmente, las aminas superiores tienen un menor número de átomos de hidrógeno unidos a un átomo de nitrógeno para necesitar la formación de bicarbonato. En la reacción de absorción de dióxido de carbono tiende a formarse carbamato en vez de bicarbonato, lo que reduce el consumo de energía renovable pero hace que descienda la velocidad de absorción de dióxido de carbono.

Comparando con piperazina en el absorbente sugerido por el Dr. Rochelle et al., la amina cíclica con impedimento estérico forma una mayor cantidad de bicarbonato debido a la presencia de un grupo con impedimento estérico adyacente a un átomo de nitrógeno. Incluso aunque se forme carbamato, el carbamato se convierte en bicarbonato en presencia de cationes alcalinos del carbonato alcalino. También se emite una pequeña cantidad de calor de la reacción de absorción. Aquí, una pequeña cantidad de calor de la reacción de absorción significa que se está usando una baja cantidad de energía en la subsiguiente reacción de regeneración.

La amina cíclica con impedimento estérico usada en la presente invención tiene un punto de ebullición por encima de una temperatura de 110° C a 120° C, en la que el carbamato o el carbonato es separado y regenerado a la presión de 1 atmósfera, para reducir la pérdida por evaporación que tiene lugar en los absorbentes de amina. También, la amina cíclica con impedimento estérico usada en la presente invención tiene una solubilidad de 500 gramos (g), o más, por litro (L) de agua, a 25° C.

La amina cíclica impedida estéricamente usada como aditivo del absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención es al menos una seleccionada entre 2-metil piperazina y homopiperazina.

Entre los anteriores ejemplos de carbonatos alcalinos, el carbonato potásico tiene una solubilidad limitada. Cuando solamente se usa carbonato potásico, precipita bicarbonato potásico, lo que tiene como resultado una muy baja velocidad de eliminación de dióxido de carbono. En consecuencia, cuando se usa carbonato potásico como carbonato alcalino con la solución acuosa de amina cíclica con impedimento estérico a 80° C, o menos, la concentración de carbonato potásico se limita a 16% en peso, o menos. Cuando la concentración excede el 16% en peso, puede producirse una sal.

La amina cíclica con impedimento estérico usada como aditivo en la presente invención absorbe dióxido de carbono en forma mixta de carbamato y bicarbonato. En consecuencia, la concentración de la amina cíclica con impedimento estérico está limitada al 10% en peso, o menos. Al igual que el carbonato potásico, cuando la concentración excede el 10% en peso, puede producirse una sal.

La FIGURA 1 es un diagrama de flujo que ilustra un método para eliminar dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención.

Como se muestra en la FIGURA 1, el método para eliminar dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención incluye una etapa de contacto con el gas (operación S110), una etapa de absorción de dióxido de carbono (operación S120) y una etapa de regeneración del absorbente (operación S130).

En la etapa de contacto con el gas (operación S110) el absorbente de dióxido de carbono basado en bicarbonato alcalino que contiene una amina cíclica con impedimento estérico añadida se pone en contacto con el gas que contiene dióxido de carbono. En este caso, como se describe en lo que antecede, el absorbente de dióxido de carbono incluye 16% en peso o menos de un carbonato alcalino y 10% en peso o menos de una amina cíclica con impedimento estérico. El absorbente de dióxido de carbono puede incluir además un inhibidor de corrosión, un coadyuvante de floculación, un antioxidante, un agente antiespumante, o mezclas de los mismos.

En la etapa de absorción de dióxido de carbono (operación S120) el dióxido de carbono es absorbido del gas que contiene dióxido de carbono. En este caso, la etapa de absorción de dióxido de carbono (operación S120) se realiza preferiblemente en el intervalo de temperatura entre 20 y 90° C a una presión entre 1 y 30 atm.

En la etapa de regeneración del absorbente (operación S130), se genera el absorbente usado en la absorción del dióxido de carbono del gas que contiene dióxido de carbono. En este caso, la etapa de regeneración del absorbente (operación S130) se realiza preferiblemente en el intervalo de temperatura entre 105° C y 120° C, a una presión entre 1 y 10 atm.

La FIGURA 2 es un diagrama de equilibrio vapor/líquido del dióxido de carbono/absorbente medido usando un reactor de carcasa.

Con referencia a la FIGURA 2, se observa que el absorbente de dióxido de carbono basado en carbonato alcalino que contiene una amina cíclica con impedimento estérico añadida de acuerdo con la presente invención está situado bajo un absorbente comercial, 30% de MEA en peso. Esto indica que el absorbente de dióxido de carbono de la presente invención absorbe una mayor cantidad de dióxido de carbono.

La FIGURA 3 es un diagrama que ilustra la capacidad de absorción del absorbente de dióxido de carbono medida en un reactor continuo agitado (CSTR) a la temperatura estándar de los gases de escape de 40° C a 60° C.

La concentración de gas liberado, no absorbido, en el gas inyectado (30% de CO_2 + 70% de N_2) se mide usando cromatografía de gases (GC). Cuando está saturada, la concentración se define como aquella con la que la diferencia de concentración media es 0,01% durante 10 minutos. Los resultados específicos se muestran en la Tabla 1 a continuación. Con referencia a la Tabla 1, se encuentra que el adsorbente de dióxido de carbono que contiene una amina cíclica con impedimento estérico de acuerdo con la presente invención tiene una capacidad generalmente elevada (mol CO_2 / mol absorbente).

Tabla 1

Concentración (% en peso)	Temperatura (°C)	t_B (min)	t_E (min)	Capacidad (mol CO_2 /mol absorbente)
K_2CO_3 15 / PZ 10	40	100	180	0,828
	60	88	160	0,742
	80	72	149	0,641
K_2CO_3 15 / 2-metilPZ 10	40	82	185	0,864
	60	74	171	0,761
	80	58	157	0,627
K_2CO_3 15 / homoPZ 10	40	81	192	0,786
	60	84	156	0,738
	80	75	139	0,662
MEA 30	60	153	230	0,537
DEA 30	60	54	182	0,478
TEA 30	60	2	75	0,144
AMP 30	60	64	266	0,601

La FIGURA 4 es un diagrama que ilustra la velocidad de absorción del absorbente de dióxido de carbono medido usando una columna de pared húmeda a una temperatura entre 40° C y 60° C.

Como se muestra en la FIGURA 4, el absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención tiene una velocidad de absorción a 60° C casi similar a la de un absorbente comercial, MEA al 30% en peso. Específicamente una constante de velocidad de MEA 30% en peso es 2,92 x 10^{-6} kmol/m^2-sPa-s.

La FIGURA 5 es un diagrama que ilustra la presión de vapor del absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención.

Se encuentra que el absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención muestra una presión de vapor más baja que el agua en el margen de temperaturas de absorción entre 40 y 80° C, y tiene así una baja pérdida por evaporación del absorbente similar a la de un proceso que usa amoníaco. También, si se compara con el absorbente que usa piperazina (K_2CO_3 + PZ) sugerido por el Dr. Rochelle et al., de la Universidad de Texas, el absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención muestra una pérdida por evaporación más baja, y por tanto tiene una pérdida por evaporación más baja cuando se aplica a un proceso.

La Tabla 2 muestra el calor liberado de la reacción de absorción medido usando un calorímetro de reacción Mettler Toledo para la misma cantidad de absorbentes de dióxido de carbono.

Tabla 2

Absorbente	ΔH (GJ/ton CO_2)
K_2CO_3 15 / PZ 10	1,45
K_2CO_3 15 / 2-metilPZ 10	1,36
K_2CO_3 15 / homoPZ 10	1,42
MEA 30	1,93
KS 1	1,55

El calor renovable es la suma del calor de reacción de absorción, el calor latente de un disolvente y el calor sensible. En el caso de un absorbente químico, el calor de reacción de absorción es al menos el 50% de la energía renovable total. Cuando el calor de la reacción de absorción es aproximadamente el doble del calor latente del agua como disolvente, el calor renovable consiste en el 50% del calor de reacción de absorción, el 35% del calor latente, y el 15% del calor sensible. En consecuencia, se encuentra que el calor de la reacción química ocupa una proporción considerablemente alta del calor renovable en el absorbente químico.

En la Tabla 2, los datos del absorbente KS-1™ no se obtienen por medida directa sino que se basa en valores presentados en la 9th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies (GHGT9) organizada por el Research Institute of Innovative Technology for the Earth (RITE). Por los resultados de las medidas se observa que el absorbente de dióxido de carbono basado en carbonato alcalino que contiene una amina cíclica con impedimento estérico añadida de acuerdo con la presente invención, muestra el calor de reacción de la absorción más bajo. Esto es, el calor de reacción de absorción del absorbente de dióxido de carbono de acuerdo con la presente invención es más bajo que el del absorbente convencional que usa piperazina.

Las propiedades químicas de cada absorbente a 25° C se muestran en la Tabla 3 a continuación.

Tabla 3

Absorbente	Observaciones
K_2CO_3 15% en peso / PZ 7,5% en peso	2 capas (superior: sólido blanco y opaco, fondo: líquido incoloro y transparente)
K_2CO_3 15% en peso / PZ 10% en peso	2 capas (superior: sólido blanco y opaco, fondo: líquido incoloro y transparente)
K_2CO_3 20% en peso / PZ 7,5% en peso	2 capas (superior: sólido blanco y opaco, fondo: líquido incoloro y transparente)
K_2CO_3 20% en peso / PZ 10% en peso	2 capas (superior: sólido blanco y opaco, fondo: líquido incoloro y transparente)
K_2CO_3 15% en peso / 2-metil PZ 7,5% en peso	líquido amarillo y transparente
K_2CO_3 15% en peso / 2-metil PZ 10% en peso	líquido amarillo y transparente
K_2CO_3 20% en peso / 2-metil PZ 7,5% en peso	2 capas (superior: líquido amarillo y transparente, fondo: líquido incoloro y transparente)
K_2CO_3 20% en peso / 2-metil PZ 10% en peso	2 capas (superior: líquido amarillo y transparente, fondo: líquido incoloro y transparente)
K_2CO_3 15% en peso / homo PZ 7,5% en peso	líquido amarillo y transparente
K_2CO_3 15% en peso / homo PZ 10% en peso	líquido amarillo y transparente
K_2CO_3 20% en peso / homo PZ 7,5% en peso	2 capas (superior: sólido blanco y opaco, fondo: líquido incoloro y transparente)
K_2CO_3 20% en peso / homo PZ 10% en peso	2 capas (superior: sólido blanco y opaco, fondo: líquido incoloro y transparente)

Como se muestra en la Tabla 3, se encuentra que el absorbente convencional sugerido en la solicitud de patente coreana nº 2005-7018813 se separa en dos capas bajo algunas condiciones pero tal separación de capas está ausente en el absorbente de acuerdo con la presente invención.

La Tabla 4 muestra las observaciones bajo condiciones de 10% en peso de una amina cíclica con impedimento estérico y condiciones variables de un carbonato alcalino a 25° C. Cuando la concentración de un carbonato alcalino excede de 16% en peso basado en K_2CO_3 16% en peso/2 metil PZ 10% en peso, se observa la separación de las capas. También, se ve que la relación de una capa superior a la capa de fondo aumenta gradualmente al aumentar la concentración del carbonato alcalino.

Tabla 4

Absorbente	Observaciones	Relación (superior : fondo)
K_2CO_3 13 / 2-metil PZ 10	líquido amarillo y transparente	
K_2CO_3 14 / 2-metil PZ 10	líquido amarillo y transparente	
K_2CO_3 15 / 2-metil PZ 10	líquido amarillo y transparente	
K_2CO_3 16 / 2-metil PZ 10	líquido amarillo y transparente	
K_2CO_3 17 / 2-metil PZ 10	2 capas (superior: líquido amarillo y transparente, fondo: líquido incoloro y transparente)	2,5 : 7,0 (1:2,80)
K_2CO_3 18 / 2-metil PZ 10	2 capas (superior: líquido amarillo y transparente, fondo: líquido incoloro y transparente)	2,6 : 7,1 (1:2,73)
K_2CO_3 19 / 2-metil PZ 10	2 capas (superior: líquido amarillo y transparente, fondo: líquido incoloro y transparente)	2,6 : 6,8 (1:2,61)
K_2CO_3 20 / 2-metil PZ 10	2 capas (superior: líquido amarillo y transparente, fondo: líquido incoloro y transparente)	2,7 : 6,8 (1:2,51)

La Tabla 5 muestra las observaciones bajo condiciones de 16% en peso de un carbonato alcalino y aumento de las concentraciones de 10% o más en peso de una amina cíclica con impedimento estérico. Cuando la concentración de una amina cíclica con impedimento estérico es 11% en peso, o más, se observa la separación de capas. También, se ve que la capa de fondo disminuye gradualmente con una concentración creciente de la amina cíclica con impedimento estérico. En consecuencia, se concluye que una concentración óptima de carbonato alcalino es 16% en peso o menos, y una concentración óptima de amina cíclica con impedimento estérico es 10% en peso o menos.

Tabla 5

Absorbente (% en peso)	Observaciones	Relación (superior : fondo)
K_2CO_3 16 / 2-metil PZ 8 K_2CO_3 16 / 2-metil PZ 9 K_2CO_3 16 / 2-metil PZ 10	líquido amarillo y transparente líquido amarillo y transparente líquido amarillo y transparente	
K_2CO_3 16 / 2-metil PZ 11	2 capas (superior: líquido amarillo y transparente, fondo: líquido incoloro y transparente)	3,4 : 6,3 (1:1,85)
K_2CO_3 16 / 2-metil PZ 12	2 capas (superior: líquido amarillo y transparente, fondo: líquido incoloro y transparente)	4 : 5,6 (1:1,4)
K_2CO_3 16 / 2-metil PZ 13	2 capas (superior: líquido amarillo y transparente, fondo: líquido incoloro y transparente)	4,2 : 5,1 (1:1,2)
K_2CO_3 16 / 2-metil PZ 14	2 capas (superior: líquido amarillo y transparente, fondo: líquido incoloro y transparente)	4,8 : 4,7 (1:0,98)

La separación de capas sucede debido a una diferencia de densidad y una diferencia de potencial Zeta. Cuando la separación de capas sucede durante un proceso, el absorbente se precipita al fondo para formar un área no mezclada, que causa estancamiento. Como consecuencia, la eficiencia del procedimiento en un absorbedor y un separador es reducida. También, cuando el suministro de absorbente se repone para preparar la pérdida del absorbente en un proceso continuo, la separación de capas tiene lugar en un tanque de almacenamiento de absorbente. Dado que el absorbente fresco se suministra solamente a un área en la que está situada la línea de alimentación de absorbente, no puede mantenerse un nivel normal de eficiencia del procedimiento.

La presente invención puede prevenir la fase de capas manteniendo así un nivel normal de eficiencia de procedimiento, y puede reducir el coste implicado en la captura del dióxido de carbono debido al bajo consumo de energía renovable y la alta velocidad de absorción.

En consecuencia, cuando la presente invención se aplica a un proceso usando un nuevo absorbente para separar dióxido de carbono del gas de escape de combustión a un bajo coste, puede contribuir en gran medida a tecnologías para reducir las emisiones de gases de invernadero en un esfuerzo para ocuparse del calentamiento global.

REIVINDICACIONES

1. Un método para eliminar el dióxido de carbono, que comprende:

poner en contacto un gas que contiene dióxido de carbono con un absorbente de dióxido de carbono basado en carbonato alcalino, que contiene una amina cíclica con impedimento estérico añadida;
absorber el dióxido de carbono del gas; y
regenerar el absorbente de dióxido de carbono,
en donde el carbonato alcalino es al menos un carbonato seleccionado entre un grupo que consiste en carbonato potásico (K_2CO_3), hidróxido potásico (KOH) y bicarbonato potásico ($KHCO_3$);
en donde el absorbente de dióxido de carbono incluye 16% en peso, o menos, de un carbonato alcalino y 10% en peso, o menos, de una amina cíclica con impedimento estérico; y
en donde la amina cíclica con impedimento estérico es al menos una seleccionada entre el grupo que consiste en 2-metil piperazina y homopiperazina.

2. El método según la reivindicación 1ª, en el que la absorción de dióxido de carbono se realiza en el intervalo de presión entre 1 y 30 atm, y en el intervalo de temperatura entre 20° C y 90° C.

3. El método según la reivindicación 1ª, en el que la regeneración del absorbente de dióxido de carbono se realiza en el intervalo de presión de 1 a 10 atmósferas (atm) y en el intervalo de temperatura de 105° C a 120° C.

FIG. 1

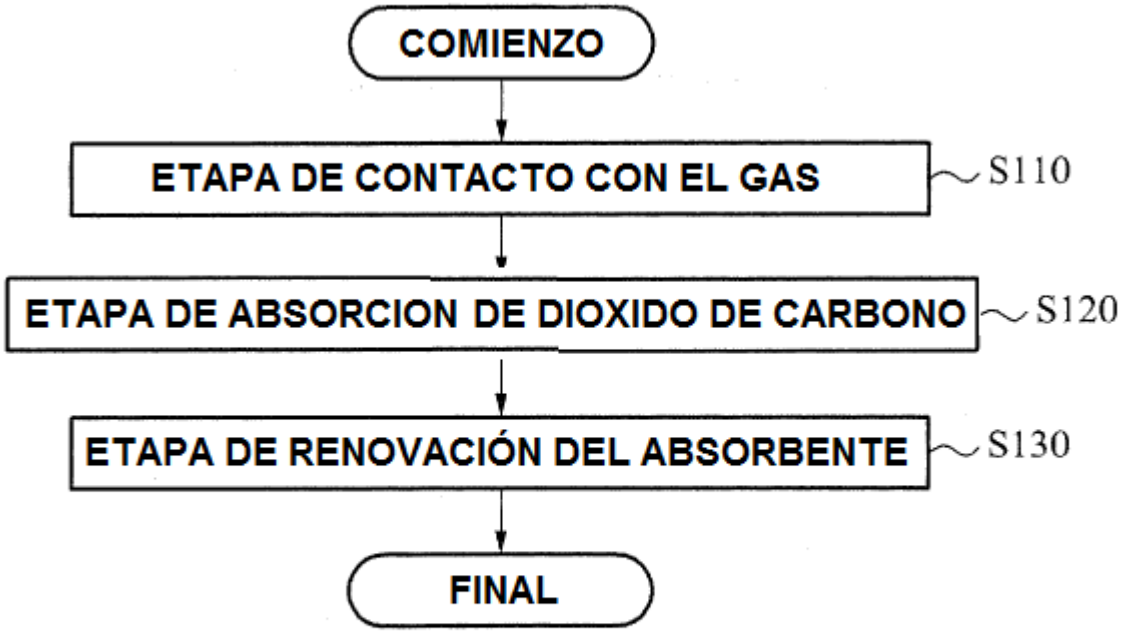

COMIENZO
ETAPA DE CONTACTO CON EL GAS
S110
ETAPA DE ABSORCION DE DIOXIDO DE CARBONO
S120
ETAPA DE RENOVACIÓN DEL ABSORBENTE
S130
FINAL

FIG. 2

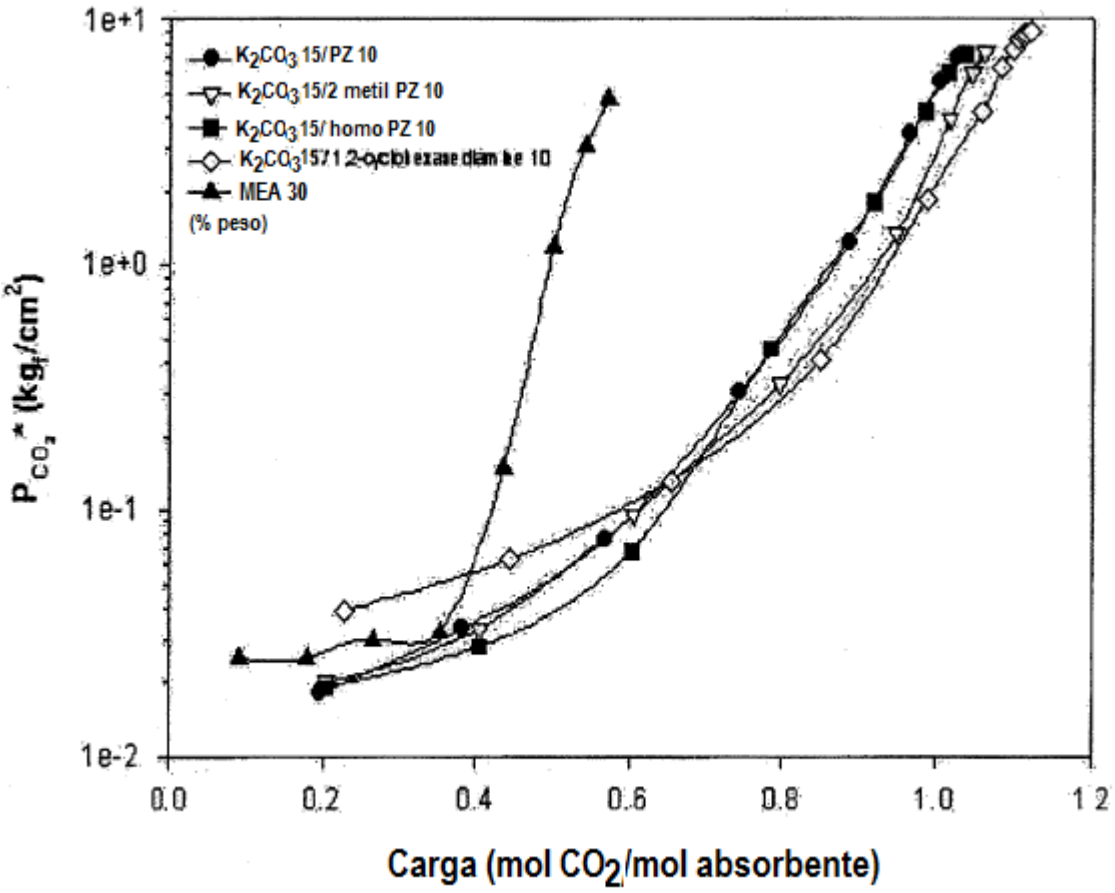

1e+1
1e+0
1e-1
1e-2
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
P_{CO_2}* (kg$_f$/cm^2)
Carga (mol CO_2/mol absorbente)
K_2CO_3 15/PZ 10
K_2CO_3 15/2 metil PZ 10
K_2CO_3 15/ homo PZ 10
K_2CO_3 15/1,2-ciclohexanediamine 10
MEA 30
(% peso)

FIG. 3

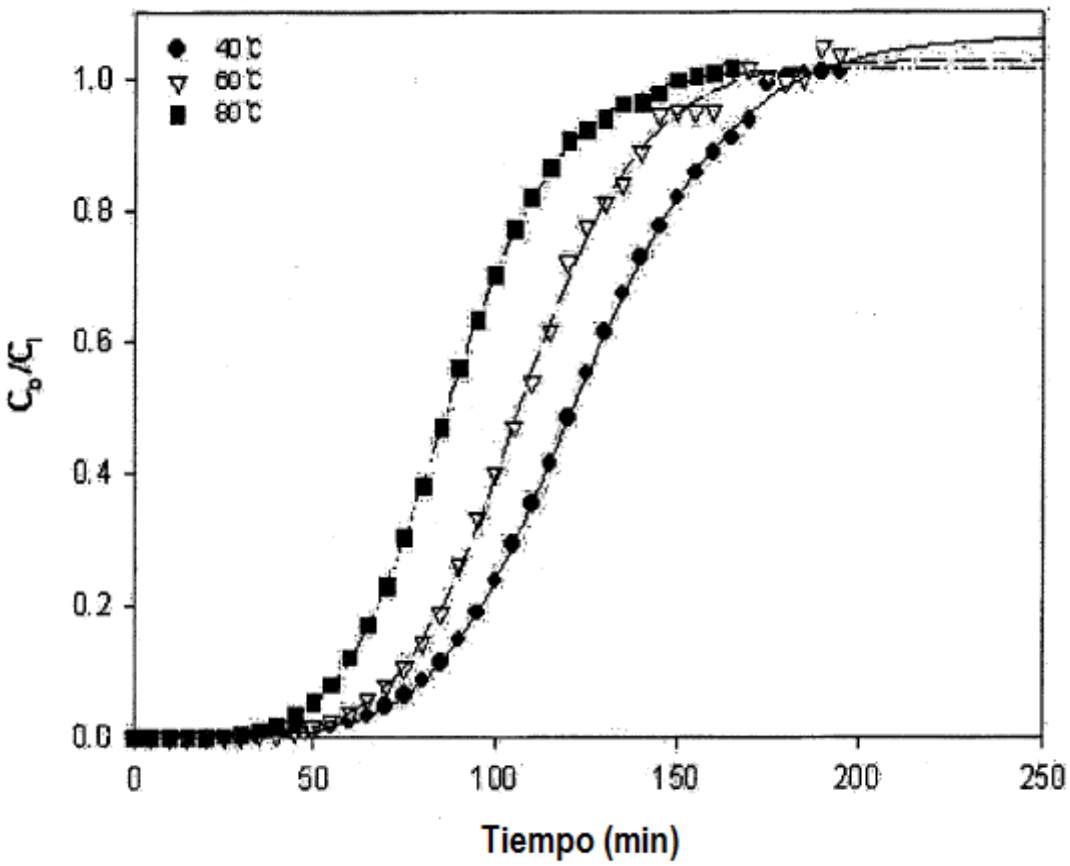


FIG. 4

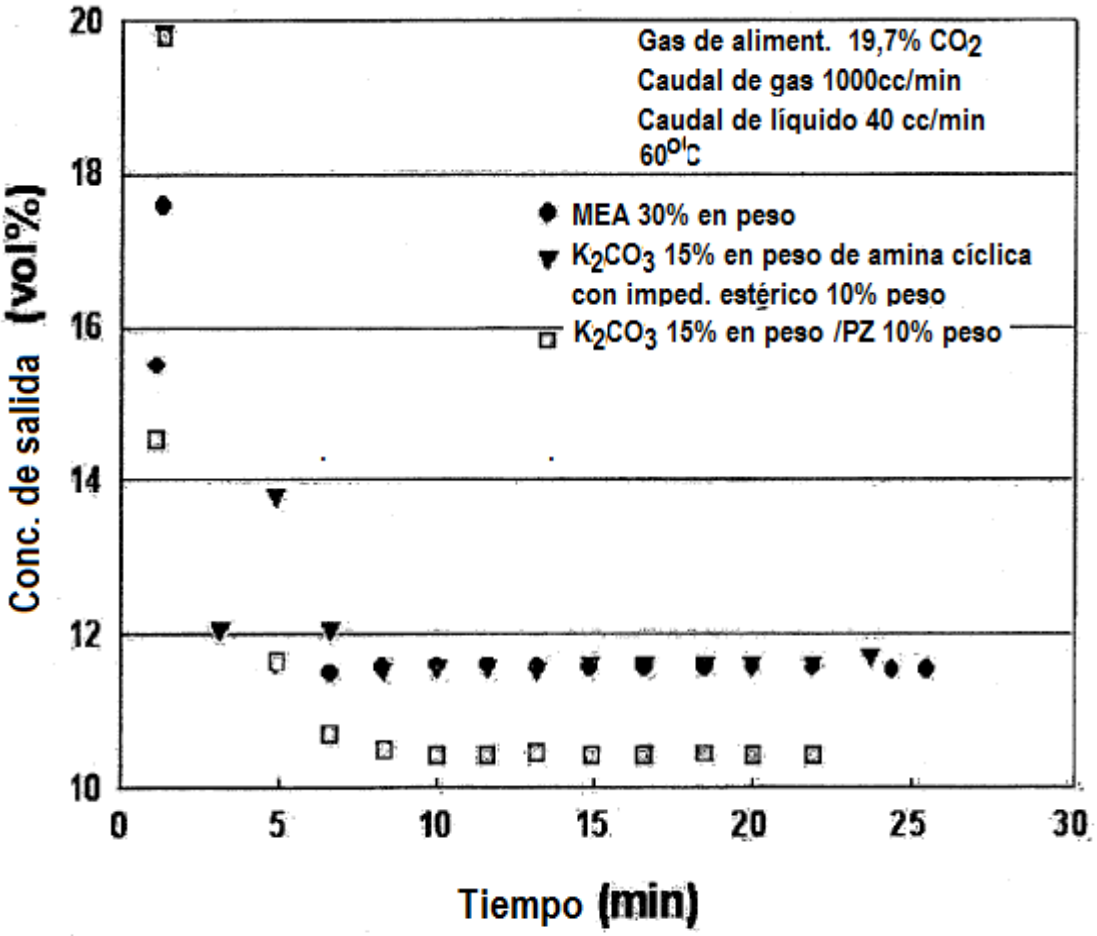
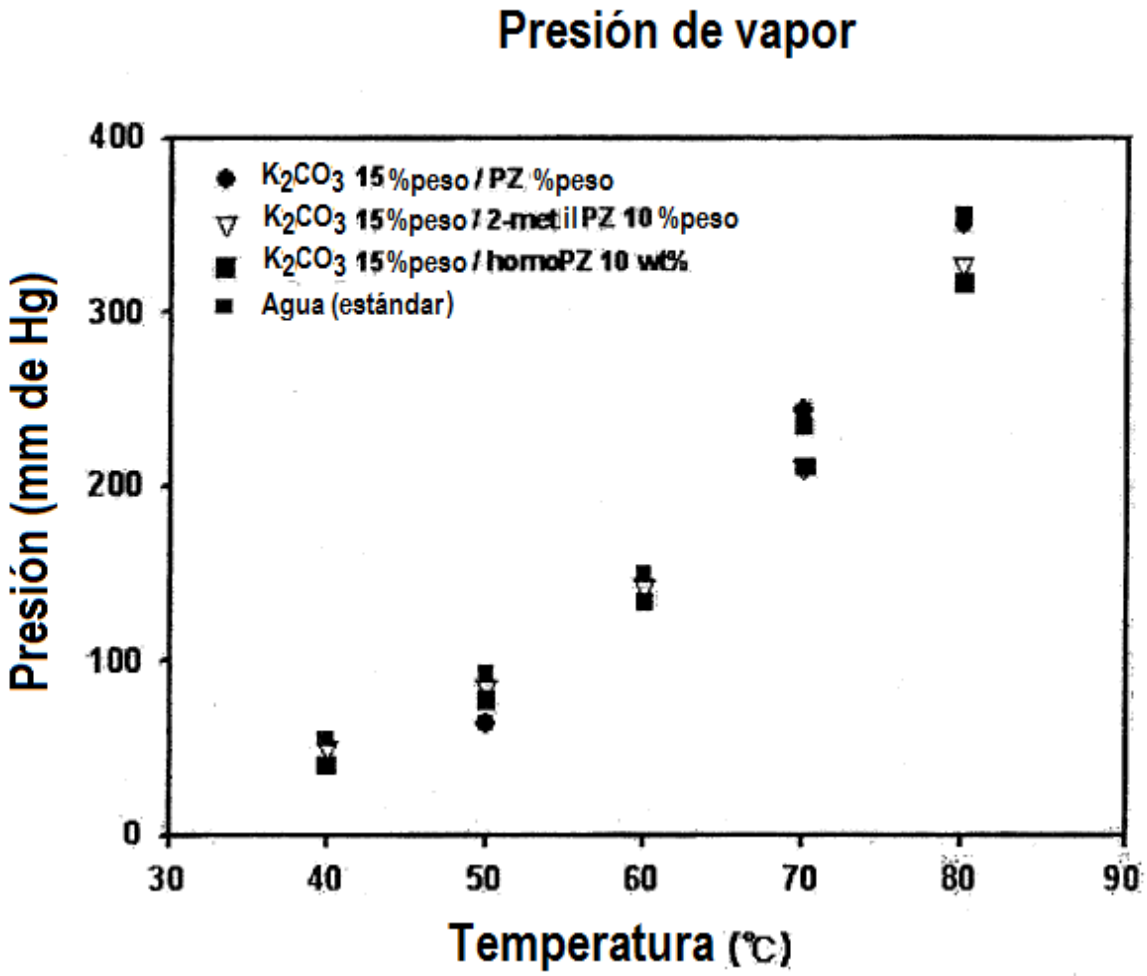

Gas de aliment. 19,7% CO_2
Caudal de gas 1000cc/min
Caudal de líquido 40 cc/min
60°C
MEA 30% en peso
K_2CO_3 15% en peso de amina cíclica con imped. estérico 10% peso
K_2CO_3 15% en peso /PZ 10% peso
Conc. de salida (vol%)
Tiempo (min)
20
18
16
14
12
10
0
5
10
15
20
25
30

FIG. 5


Presión de vapor
400
300
200
100
0
Presión (mm de Hg)
K_2CO_3 15%peso / PZ %peso
K_2CO_3 15%peso / 2-metil PZ 10 %peso
K_2CO_3 15%peso / homoPZ 10 wt%
Agua (estándar)
30
40
50
60
70
80
90
Temperatura (℃)