(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 988 120**

(51) Int. Cl.:

C07C 1/12 (2006.01)
B01D 53/62 (2006.01)
C07C 11/24 (2006.01)
C07C 2/76 (2006.01)
B01D 53/73 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.06.2017 PCT/AU2017/050613**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **21.12.2017 WO17214687**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2017 E 17812329 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2024 EP 3472123**

(54) Título: **Procedimiento y sistema para capturar y reciclar carbono**

(30) Prioridad:

18.06.2016 AU 2016902386

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.11.2024

(73) Titular/es:

THINK TANK 42 PTY. LTD. (100.0%)
6 Electra Street
Heathcote, New South Wales 2233, AU

(72) Inventor/es:

LEWIS, ANDREW

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

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 y sistema para capturar y reciclar carbono

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento y sistema para capturar y reciclar carbono, y en particular a procedimientos y sistemas de captura de CO_2 y producción de metano, acetileno y/u otros hidrocarburos.

Antecedentes

La referencia en esta memoria descriptiva a cualquier publicación anterior (o información derivada de ésta), o a cualquier asunto que se conozca, no es, y no debe tomarse como un reconocimiento o admisión, o cualquier forma de sugerencia, de que la publicación anterior (o información derivada de ésta) o materia conocida, forme parte del conocimiento general común en el campo de trabajo al que se refiere esta memoria descriptiva.

El cambio climático es un tema importante en la agenda de los gobiernos de todo el mundo. Se ha sugerido que el cambio climático se acelera por la producción humana de “gases de efecto invernadero”. Los gases de efecto invernadero son aquellos que quedan atrapados en la atmósfera y potencian el “efecto invernadero”. En el efecto invernadero, el calor queda atrapado al escapar de la tierra debido a la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Por lo tanto, al tratar de abordar el cambio climático, varios enfoques buscan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El dióxido de carbono (CO_2) es un gas de efecto invernadero al que se dirigen las emisiones. Se han desarrollado varios enfoques para capturar y/o reducir las emisiones de CO_2. Uno de estos enfoques es la captura y almacenamiento de carbono mediante el cual se captura CO_2 (por ejemplo, del aire, gases de combustión, etc.) y luego se almacena en formaciones rocosas geológicas seleccionadas debajo de la superficie de la tierra. Se apreciará que la captura y el almacenamiento de carbono pueden ser costosos y, además, no se producen productos/salidas utilizables a partir del CO_2 capturado, simplemente se captura y almacena.

El documento AT516273B1 describe un procedimiento y una planta para tratar gases de escape de combustión. El proceso se muestra para el tratamiento de gases de escape de combustión que contienen monóxido de carbono y dióxido de carbono. En una primera etapa, se elimina una mezcla de al menos monóxido de carbono y dióxido de carbono como primer gas producto del gas de escape de combustión y, en una segunda etapa, se hace reaccionar monóxido de carbono y/o dióxido de carbono del primer gas producto usando agua para formar un segundo gas producto que contiene hidrógeno molecular y/o metano.

El documento US3852180A describe un proceso de fijación y conversión de dióxido de carbono de la atmósfera u otras fuentes para producir metano y oxígeno. El dióxido de carbono se depura de una fuente que contiene CO2 y se separa mediante un proceso de concentración química. Se proporciona una celda especial donde se produce hidrógeno y se hace reaccionar con el CO2 separado en condiciones de metanización para producir metano.

La presente invención busca proporcionar un enfoque para reducir las emisiones de CO_2 que también proporcione productos aplicables industrialmente.

Resumen de la invención

En términos generales, la presente invención proporciona un procedimiento para capturar y reciclar carbono, incluyendo el procedimiento las etapas de: (i) Capturar CO_2 de al menos una entrada que contiene CO_2; (ii) producir una corriente de alimentación de CO_2 a partir del CO_2 capturado; y (iii) hacer reaccionar la corriente de alimentación de CO_2 con una corriente de alimentación de H_2 para producir una salida que contiene metano.

El procedimiento incluye además la etapa de (iv) separar la salida que contiene metano para proporcionar al menos metano y una primera salida de residuos. La primera salida de residuos se incinera o gasifica para proporcionar una de las al menos una entrada que contiene CO_2 para la etapa (i).

En una forma, una de las al menos una entrada que contiene CO_2 incluye aire.

En una forma, la corriente de alimentación de H_2 es proporcionada por un proceso de electrólisis de agua.

En una forma, el agua producida durante la etapa (iii) se proporciona para el proceso de electrólisis de agua.

En una forma, en la etapa (i), el CO_2 se captura usando un procedimiento de captura basado en óxido de calcio.

El procedimiento incluye además la etapa de: (v) procesar metano de la salida que contiene metano para producir

salida que contiene acetileno.

El procedimiento incluye además la etapa de (vi) separar la salida que contiene acetileno para proporcionar al menos acetileno y una segunda salida de residuos.

En una forma, la segunda salida de residuos se trata térmicamente para proporcionar CO_2 para una de las al menos una entrada que contiene CO_2 para la etapa (i).

En una forma, la etapa (v) incluye calentar el metano con un reactor de plasma térmico.

En una forma, el procedimiento incluye además la etapa de (vii) procesar metano a partir de la salida que contiene metano para producir una salida que contiene hidrocarburos.

En una forma, el procedimiento incluye además la etapa de (viii) separar la salida que contiene hidrocarburos para proporcionar al menos uno o más productos de hidrocarburos preseleccionados y una segunda salida de residuos.

En una forma, la segunda salida de residuos se trata térmicamente para proporcionar una de las al menos una entrada que contiene CO_2 para la etapa (i).

En una forma, la etapa (vii) incluye calentar el metano, y el metano se calienta mediante un reactor de plasma térmico configurado de tal manera que el plasma se proporciona en la alimentación con el metano.

En una forma más amplia, la presente invención proporciona un sistema para la captura y reciclaje de carbono, el sistema incluye un aparato de captura de CO_2 configurado para capturar CO_2 de al menos una entrada que contiene CO_2; y un primer reactor configurado para producir una salida que contiene metano a partir de una corriente de alimentación de CO_2 derivada del aparato de captura de CO_2 y una corriente de alimentación de H_2.

El sistema incluye además: un primer separador configurado para separar la salida que contiene metano para proporcionar al menos metano y una primera salida de residuos. El sistema incluye además un incinerador configurado para quemar la primera salida de residuos y proporcionar así una entrada que contiene CO_2 para el aparato de captura de CO_2.

En una forma, el aparato de captura de CO_2 está configurado para capturar CO_2 de una entrada de aire.

En una forma, el sistema incluye además un dispositivo de electrólisis de agua para producir la corriente de alimentación de H_2. En una forma, el dispositivo de electrólisis de agua está configurado para recibir agua para electrólisis producida en el primer reactor.

En una forma, el aparato de captura de CO_2 es un aparato de captura basado en óxido de calcio.

El sistema incluye además: un segundo reactor configurado para recibir metano producido en el primer reactor y para producir una salida que contiene acetileno del mismo.

El sistema incluye además: un segundo separador configurado para separar la salida que contiene acetileno para proporcionar al menos acetileno y una segunda salida de residuos.

En una forma, la segunda salida de residuos se envía a un aparato de tratamiento térmico.

En una forma, el segundo reactor es un reactor de plasma térmico.

En una forma, el sistema incluye además un segundo reactor configurado para recibir metano producido en el primer reactor y para producir una salida que contiene hidrocarburos de este.

En una forma, el sistema incluye además un segundo separador configurado para separar la salida que contiene hidrocarburos para proporcionar al menos productos de hidrocarburos preseleccionados y una segunda salida de residuos.

En una forma, la segunda salida de residuos se envía al aparato de tratamiento térmico.

En una forma, el segundo reactor es un reactor de plasma térmico configurado para proporcionar plasma en la alimentación con el metano.

Breve descripción de los dibujos

Esta invención puede entenderse mejor con referencia a las ilustraciones de realizaciones de la invención donde:

La figura 1 es un diseño general de una implementación ejemplar del procedimiento/sistema; y
La figura 2 es una descripción general de las reacciones ejemplares utilizadas en una implementación ejemplar del procedimiento/sistema.
La figura 3 es una descripción general del diagrama de flujo de una implementación ejemplar del procedimiento/sistema.
La figura 4 es un ejemplo de un aparato de captura de CO_2.

Descripción detallada

Las realizaciones de la presente invención proporcionan procedimientos y sistemas para capturar y reciclar carbono. En general, las realizaciones proporcionan un procedimiento/sistema para producir hidrocarburos a partir del carbono capturado, como, por ejemplo, metano o acetileno. El sistema descrito actualmente captura el CO_2, reduce las emisiones y produce una salida aplicable industrialmente en forma de materiales precursores comunes que pueden procesarse adicionalmente para formar una amplia gama de materiales.

En los procedimientos y sistemas descritos, el dióxido de carbono (CO_2) se captura de al menos una entrada/fuente que contiene CO_2. Se apreciará que el CO_2 puede recuperarse/capturarse de una amplia gama de fuentes, tales como, por ejemplo, del aire, las corrientes de escape del incinerador o las columnas industriales, etc. También se apreciará que el CO_2 puede capturarse utilizando una variedad de dispositivos/sistemas de captura de CO_2. En el sistema/procedimiento descrito en la presente memoria, el CO_2 se captura típicamente utilizando un aparato/sistema basado en óxido de calcio (CaO). Los dispositivos/sistemas de captura de carbono basados en óxido de calcio (cal viva) tienen la ventaja de que el óxido de calcio es reutilizable como agente de captura de carbono y permite el procesamiento continuo en bucle según las siguientes reacciones

$$CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3$$

$$CaCO_3 + \Delta T \rightarrow CaC + CO_2$$

Como se indicó anteriormente, el CaO reacciona con el CO_2 para formar carbonato de calcio, y el calentamiento posterior del carbonato de calcio libera el CO_2, proporcionando el CaO para su reutilización (véase el Apéndice A).

A partir del CO_2 capturado, se produce una corriente de alimentación de CO_2 y se envía a un reactor productor de metano en combinación con una corriente de alimentación de hidrógeno (H_2). El reactor productor de metano produce una salida que contiene metano. Normalmente, el reactor productor de metano es un reactor discontinuo convencional. Se apreciará que la corriente de alimentación de H_2 también puede proporcionarse a partir de una variedad de fuentes. En una forma de ejemplo, el H_2 es proporcionado por un proceso de electrólisis de agua, es decir, según la siguiente reacción

$$2H_2O + e^- \rightarrow 2H_2 + O_2$$

La salida que contiene metano del reactor productor de metano generalmente incluye metano, agua y otros productos parciales según la reacción

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

La salida que contiene metano se separa para proporcionar al menos una corriente de metano sustancialmente puro y una primera corriente de salida de residuos/corriente de reciclaje. También se apreciará que la separación de la salida que contiene metano se puede realizar variando los dispositivos/metodologías de separación.

La primera salida de residuos se calienta típicamente mediante un aparato de tratamiento térmico (por ejemplo, incinerador) para proporcionar CO_2 adicional, por ejemplo, según la siguiente reacción

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right)O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$$

El CO_2 producido adicionalmente (por ejemplo, mediante la incineración de hollín, etc.) puede volverse a alimentar al sistema a través de la captura de carbono para impulsar una mayor producción de metano. Además, el agua producida a partir de la producción de metano puede volver a alimentarse al proceso de electrólisis de agua para impulsar la

producción de H_2 adicional. En algunos ejemplos, el exceso de agua también se puede usar para enfriar y el vapor generado a partir de esta se puede usar para alimentar turbinas, etc. Por consiguiente, se apreciará que los subproductos de las reacciones en cada etapa del proceso se pueden realimentar al sistema para aumentar la eficiencia de conversión, minimizar los desechos y maximizar el metano producido.

El metano producido puede alimentarse adicionalmente a un reactor productor de acetileno para producir una salida que contenga acetileno, por ejemplo, según la reacción

$$CH_4 + \Delta T - C_2H_2$$

Típicamente, la reacción requiere calentamiento a alta temperatura (7000-8000 °C). El reactor productor de acetileno es, por lo tanto, típicamente un reactor de tipo de plasma térmico y puede, por ejemplo, ser parecido o similar a los reactores como se describe en la publicación "Thermal Conversion of Methane to Acetylene Final Report, J. R. Fincke, R. P. Anderson, T. Hyde, R. Wright, R. Bewley, D. C. Haggard, W. D. Swank, publicado en enero de 2000, Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, Idaho Falls, Idaho 83415".

Al igual que con la salida que contiene metano, la salida que contiene acetileno puede purificarse/separarse para proporcionar una corriente de acetileno puro y una segunda corriente de salida de residuos/corriente de reciclaje. La segunda corriente de salida de desechos también se puede retroalimentar al aparato de tratamiento térmico (por ejemplo, incinerador), para proporcionar CO_2 adicional para ser realimentado/recapturado por el sistema.

Alternativa o adicionalmente, el metano producido puede ser procesado por un reactor para proporcionar una salida que contiene hidrocarburos variados/aleatorios. La salida variada que contiene hidrocarburos puede entonces ser separada por un separador preconfigurado para separar los hidrocarburos preseleccionados. La salida no seleccionada puede proporcionarse como una corriente de salida/reciclaje de residuos que luego puede realimentarse al aparato de tratamiento térmico, para producir nuevamente CO_2 adicional (por ejemplo, por incineración, gasificación). El CO_2 adicional producido se devuelve para su recaptura por el dispositivo/aparato de captura de carbono. La corriente de salida/reciclaje de residuos proporciona esencialmente una entrada que contiene CO_2 para el dispositivo/aparato de captura de carbono. Nuevamente, las corrientes de reciclaje del reactor proporcionan que el procesamiento de metano sea energéticamente eficiente, con residuos minimizados.

El reactor en esta variación es típicamente de tipo de plasma térmico donde el plasma se proporciona en la alimentación con el metano. Por ejemplo, los reactores adecuados pueden ser como se describe en la publicación "Thermal Conversion of Methane to Acetylene Final Report, J. R. Fincke, R. P. Anderson, T. Hyde, R. Wright, R. Bewley, D. C. Haggard, W. D. Swank, publicado en enero de 2000, Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, Idaho Falls, Idaho 83415".

A continuación se describirá una realización ejemplar del sistema y el procedimiento con referencia a la figura 1.

Se proporciona un aparato de captura de carbono (1) que está configurado para recibir uno o más insertos/fuentes que contienen CO_2. Como se muestra, el aire puede ser una de las entradas que contienen CO_2. También se apreciará que se puede proporcionar un rango de entradas alternativas que contienen CO_2 tal como, por ejemplo, corrientes de salida de desechos/corrientes de reciclaje.

El aparato de captura de carbono (1) puede tomar una variedad de formas, sin embargo, típicamente, el aparato de captura de carbono es un aparato basado en óxido de calcio. Además, se apreciará que el óxido de calcio se puede utilizar para la captura de carbono en una variedad de aparatos configurados de manera diferente.

El aparato de captura de carbono (1) también está configurado para producir una corriente de gas de alimentación de CO_2 para un reactor de producción de metano (2).

Típicamente, el aparato de captura de carbono a base de óxido de calcio para su uso con el presente sistema/procedimiento tiene dos configuraciones preferidas. En ambas configuraciones, el aparato comprende típicamente cuatro cámaras con una salida (por ejemplo, tubo de transporte) para transportar la alimentación de CO_2 producida a un reactor productor de metano (2).

En una primera configuración, el óxido de calcio se mezcla con aire (que contiene CO_2) en la primera cámara a través del transporte masivo a través del aire con ventiladores alternos para maximizar la dispersión y las superficies expuestas al aire. El CO_2 se captura del aire. En la segunda cámara, se forma un vacío y en la tercera cámara, el ahora carbonato de calcio se cuece a 700 °C mientras se agita (para acelerar el proceso). El dióxido de carbono se libera y fluye a través de la salida al reactor productor de metano. Una cuarta cámara mantiene el vacío entre las cámaras 2, 3 y 4, antes de que el óxido de calcio se reutilice y el aire se clasifique una vez más en la cámara 1. Se trata de un circuito cerrado continuo.

En una segunda configuración, el óxido de calcio se hidrata con agua en la primera cámara, con chorros de aire en el fondo que burbujean aire a través de la mezcla mientras se empuja a través de una configuración en espiral. La cámara 2 crea un vacío y luego eleva la temperatura a 400 ° C eliminando el agua, que se alimenta a la cámara 4. En la cámara 3, el producto se calienta a 700 °C mientras se agita para liberar el dióxido de carbono al reactor productor de metano. El óxido de calcio se envía a continuación a la cámara 4, donde se rehidrata antes de volver a la cámara 1. Una vez más, se trata de un circuito cerrado lleno de óxido de calcio.

Otro ejemplo de configuración de una captura de carbono se describe en la figura 4.

Como se muestra en la figura 1, se proporciona gas H_2 al reactor productor de metano para combinarlo con la alimentación de CO_2 para la producción de metano según la siguiente ecuación

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

Se apreciará que el reactor (2) proporciona las condiciones apropiadas para la producción de metano y agua a partir de CO_2 y H_2 (por ejemplo, calentamiento a > 600 ° C a 1 atmósfera de presión). Típicamente, el reactor se calienta a aproximadamente 800 °C. Típicamente, el reactor productor de metano es un reactor discontinuo convencional. También se apreciará que la eficiencia de este proceso se puede mejorar ajustando las condiciones de reacción tales como, por ejemplo, aumentando la presión del sistema y la temperatura.

La corriente de alimentación de H_2 puede provenir de una variedad de fuentes. En el ejemplo de la figura 1, la corriente de alimentación de H_2 es proporcionada por un dispositivo de electrólisis de agua (7) que proporciona H_2 según la siguiente ecuación

$$2H_2O + e^- \rightarrow 2H_2 + O_2$$

Como el agua se produce como un subproducto en la producción de metano, el agua se puede redirigir de nuevo al dispositivo de electrólisis de agua (7) para su reutilización (como se muestra). En otras formas, el agua se puede usar para enfriar y/o inactivar en etapas de proceso posteriores o en otras partes del sistema. El oxígeno producido en la electrólisis puede utilizarse para una combustión más limpia en otras partes del sistema o liberarse al medio ambiente. En algunas formas, la reacción de electrólisis se realiza en un reactor en forma de U con una barrera simple con la posible adición de un electrolito para acelerar la reacción y reducir los costes de energía.

Se proporciona un primer separador (3) para separar el metano, el agua y otros productos parciales producidos en el reactor productor de metano (2). Típicamente, la separación se logra mediante destilación, sin embargo, se apreciará que se pueden usar otros procedimientos. Cualquier producto no metánico y no acuoso se separa en una primera salida de residuos y se alimenta a un aparato de tratamiento térmico (4). El aparato de tratamiento térmico es típicamente un incinerador, aunque se apreciará que puede tomar otras formas tales como, por ejemplo, un gasificador. El tratamiento térmico, por ejemplo, la incineración, da como resultado un producto de CO_2 adicional que luego se puede realimentar al dispositivo de captura de carbono.

El metano purificado del primer separador (3) se dirige para su posterior procesamiento a un reactor productor de acetileno (5). El reactor productor de acetileno (5) proporciona condiciones de reacción apropiadas para producir acetileno a partir de la corriente de alimentación de metano entrante. Por lo general, el acetileno se produce mediante calentamiento según la siguiente reacción

$$CH_4 + \Delta T - C_2H_2$$

En una forma, el reactor es un reactor de tipo plasma térmico. En una forma, el reactor utiliza plasma de argón para proporcionar temperaturas de aproximadamente 8000 °C y sigue una inactivación rápida para producir el acetileno. El reactor/proceso ejemplar se describe en la publicación "Thermal Conversion of Methane to Acetylene Final Report", J. R. Fincke, R. P. Anderson, T. Hyde, R. Wright, R. Bewley, D. C. Haggard, W. D. Swank, publicado en enero de 2000, Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, Idaho Falls, Idaho 83415". Los rendimientos típicos de acetileno se describen en el Apéndice B. En un ejemplo, el tubo de grafito se utiliza en el reactor rodeado de intercambios de calor para recuperar energía para alimentar los chorros de plasma de argón.

Se utiliza un segundo separador (6) para purificar la salida que contiene acetileno y proporcionar una segunda corriente de salida/reciclaje de residuos (9). Típicamente, la separación se logra mediante gradiente de temperatura y/o

destilación, aunque se apreciará que se puede utilizar una gama de procedimientos de separación apropiados. Al igual que con la primera corriente de salida de residuos, la segunda corriente de salida de residuos (incluido el hollín, etc.) se alimenta al aparato de tratamiento térmico (4) para su reciclaje. El CO_2 producido en el aparato de tratamiento térmico (por ejemplo, por incineración) se retroalimenta al aparato de captura de carbono (1). Se apreciará que en algunas formas, el calor generado por el aparato de tratamiento térmico (4) puede usarse para calentar los reactores productores de metano y/o acetileno. Se observa que los procesos de reacción en estos reactores son exotérmicos.

Una vez purificado, el acetileno y/o metano producido por el sistema/proceso se puede convertir fácilmente a través de procesos convencionales en diferentes polímeros, compuestos benzoaromáticos y otros compuestos orgánicos para su uso en una amplia variedad de aplicaciones industriales.

En formas alternativas, el reactor productor de acetileno puede configurarse de tal manera que el plasma de argón (o similar) pueda proporcionarse en la alimentación con el metano. Por lo general, esto da como resultado la formación de productos de hidrocarburos variados en lugar de acetileno principalmente. Se apreciará que en dichos ejemplos, el segundo separador (6) estaría configurado para filtrar productos de hidrocarburos preseleccionados. Los productos restantes no seleccionados se realimentarían al aparato de tratamiento térmico (por ejemplo, incinerador) para su reciclaje. De nuevo, cualquier CO_2 producido a partir de la combustión/gasificación puede volver a capturarse para una mayor producción de metano.

El sistema/procedimiento descrito en la presente memoria tiene ventajas significativas sobre los enfoques convencionales de captura y almacenamiento de carbono para reducir las emisiones de CO_2. En particular, hay un mínimo de productos de desecho, ya que las alimentaciones de reciclaje (es decir, las corrientes de salida de residuos) empujan la tasa de conversión hacia el 100%.

Además, una vez purificado, el acetileno tiene muchas aplicaciones industriales y puede procesarse y convertirse adicionalmente, por ejemplo, en diferentes polímeros, compuestos benzoaromáticos y otros compuestos orgánicos. El metano también se puede extraer del sistema para producir compuestos distintos de los producidos por reacción de acetileno.

Se apreciará que la energía para los diversos componentes/reacciones puede ser proporcionada/complementada por la red eléctrica, las fuentes de energía renovables y la combustión de residuos.

En particular, se apreciará que debido a la configuración del sistema, el material de desecho orgánico se puede quemar directamente (por ejemplo, en el aparato de tratamiento térmico) y filtrar para proporcionar el CO_2 para la captura de carbono. Además, el calor de la combustión también puede suministrarse a los reactores productores de metano y acetileno.

Además, como los reactores productores de metano y acetileno están ejecutando procesos exotérmicos, una vez calentados, el exceso de energía de los mismos se puede utilizar para proporcionar más energía eléctrica al sistema, mientras que el reciclaje de energía también se puede usar en el refrigerante para los chorros de plasma de argón. El exceso de energía también puede ser cosechado por turbinas de vapor para alimentar las reacciones de plasma de argón.

Aunque se ha descrito en detalle una realización preferida, debe entenderse que un experto en la materia puede realizar diversos cambios, sustituciones y alteraciones sin apartarse del alcance de la presente invención, siempre que estén dentro del alcance de las reivindicaciones.

Se apreciará que diversas formas de la invención pueden usarse individualmente o en combinación.

Apéndice A

El óxido de calcio generalmente se produce por la descomposición térmica de materiales, como la piedra caliza o las conchas marinas, que contienen carbonato de calcio (CaCO3; calcita mineral) en un horno de cal. Esto se logra calentando el material a más de 825 ° C (1517 ° F), un proceso llamado calcinación o quema de cal, para liberar una molécula de dióxido de carbono (CO2), dejando cal viva.



La cal viva no es estable y, cuando se enfría, reaccionará espontáneamente con el CO2 del aire hasta que, después de un tiempo suficiente, se convertirá completamente en carbonato de calcio a menos que se apague con agua para fraguar como yeso de cal o mortero de cal.

Apéndice B

Referencia	Año	Procedimiento	Tamaño del reactor	Materia prima	Gas de plasma	Procedimiento de enfriamiento rápido	Eficiencia de conversión	Rendimiento máximo de acetileno Y_{C2H2}	Rendimiento de hidrocarbono que no sea acetileno Y_{HC}	Rendimiento de acetileno y_{C2H2} normalizado	Rendimiento de hollín	SER mínimo kW- hr/Kg - C_2H_2
Leutner & Stokes	1961.	Chorro de plasma de CC	6,8 kW	CH_4	Ar	Transferencia de calor de pared	92,9%	80,1	no analizado	86,2	5,7 %	72,5
Gladisch	1962	Huels DC ARC	8 MW	gas natural	CH_4	Pulverización de agua	70,5 %	51,4 %	45,9 %	72,9 %	2,7 %	12,1
Anderson & Case	1962	Chorro de plasma de CC	<10 kW	CH_4	H_2	Pulverización de agua	>90 %	76 %	no analizado	88 %	no analizado	9,16
Holmes	1969	DuPont DC ARC	9 MW	CH_4	H_2	no informado	no informado	70 %	no informado		no informado	8,8
Ibberson & Sen	1976	Chorro de plasma de CC	<10 kW	CH_4	Ar	Transferencia de calor de pared	>90 %	82 %	no informado	91 %	no analizado	9,0
Plotczyk	1983	Chorro de plasma de CC	10-40 kW	CH_4	H_2	Transferencia de calor de pared	95 %	80 %	no analizado	84 %	no analizado	15,5
Kovener	1983	Plasma RF	4 kW		He	Transferencia de calor de pared	no informado		no informado	--	no informado	88
Plotczyk	1985	Chorro de plasma de CC	4-16 kW	CH_4 y gas natural CH_4	Ar	Transferencia de calor de pared	>90 %	no informado 86%	no informado	95 %	no informado	23,9

ES 2 988 120 T3

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para reciclar CO_2 a partir de entradas que contienen CO_2 para producir productos de hidrocarburos, incluyendo el procedimiento las etapas de:

(i) capturar CO_2 de al menos una entrada que contiene CO_2;
(ii) producir una corriente de alimentación de CO_2 a partir del CO_2 capturado;
(iii) hacer reaccionar la corriente de alimentación de CO_2 con una corriente de alimentación de H_2 para producir una salida que contiene metano;
(iv) separar la salida que contiene metano para proporcionar al menos metano y una primera salida de residuos;
(v) procesar metano de la salida que contiene metano para producir salida que contiene acetileno; y,
(vi) separar la salida que contiene acetileno para proporcionar al menos acetileno y una segunda salida de residuos;

donde la primera salida de residuos se incinera o gasifica para proporcionar una de las al menos una entrada que contiene CO_2 para la etapa (i).

2. Un procedimiento según la reivindicación 1, donde una de las al menos una entrada que contiene CO_2 incluye aire y opcionalmente una de las al menos una entrada que contiene CO_2 se deriva de corrientes de escape del incinerador o columnas industriales.

3. Un procedimiento según la reivindicación 1, donde la corriente de alimentación de H_2 se proporciona mediante un proceso de electrólisis de agua y, opcionalmente, se proporciona agua producida durante la etapa (iii) para el proceso de electrólisis de agua.

4. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde, en la etapa (i), el CO_2 se captura usando un sorbente de óxido de calcio.

5. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la segunda salida de residuos se trata térmicamente para proporcionar CO_2 para una de las al menos una entrada que contiene CO_2 para la etapa (i), donde la etapa (v) incluye calentar el metano con un reactor de plasma térmico.

6. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que incluye además las etapas de:

(v) calentar metano de la salida que contiene metano con un reactor de plasma térmico para producir una salida que contiene hidrocarburos, donde el reactor de plasma térmico está configurado de modo que el plasma se proporciona en la alimentación con el metano, y,
(vi) separar la salida que contiene hidrocarburos para proporcionar al menos uno o más productos de hidrocarburos preseleccionados y una segunda salida de residuos,
donde la segunda salida de residuos se trata térmicamente para proporcionar una de las al menos una entrada que contiene CO_2 para la etapa (i).

7. Un sistema para reciclar CO_2 a partir de entradas que contienen CO_2 para producir productos de hidrocarburos, incluyendo el sistema:

un aparato de captura de CO_2 configurado para capturar CO_2 de al menos una entrada que contiene CO_2; un primer reactor configurado para producir una salida que contiene metano de una corriente de alimentación de CO_2 derivada del aparato de captura de CO_2 y una corriente de alimentación de H_2;
un primer separador configurado para separar la salida que contiene metano para proporcionar al menos metano y una primera salida de residuos;
un incinerador configurado para quemar la primera salida de desechos y proporcionar así una entrada que contiene CO_2 para el aparato de captura de CO_2;
un segundo reactor configurado para recibir metano producido en el primer reactor y para producir una salida que contiene acetileno del mismo; y,
un segundo separador configurado para separar la salida que contiene acetileno para proporcionar al menos acetileno y una segunda salida de residuos.

8. Un sistema según la reivindicación 7, donde el aparato de captura de CO_2 está configurado para capturar CO_2 de una entrada de aire y/o el aparato de captura de CO_2 está configurado para capturar CO_2 de las corrientes de escape del incinerador o columnas industriales.

9. Un sistema según la reivindicación 7 u 8, que incluye además un dispositivo de electrólisis de agua para producir la corriente de alimentación de H_2, donde el dispositivo de electrólisis de agua está configurado para recibir agua para la electrólisis producida en el primer reactor.

10. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, donde el aparato de captura de CO_2 es un aparato

de captura basado en óxido de calcio.

11. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10,
donde la segunda salida de residuos se envía al incinerador y donde el segundo reactor es un reactor de plasma térmico.

12. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, que incluye además:
un reactor de plasma térmico configurado para recibir el metano producido en el primer reactor y para producir una salida que contiene hidrocarburos del mismo, donde el reactor de plasma térmico está configurado para proporcionar plasma en la alimentación con el metano.

13. Un sistema según se reivindica en la reivindicación 12, que incluye además:
un segundo separador configurado para separar la salida que contiene hidrocarburos para proporcionar al menos productos de hidrocarburos preseleccionados y una segunda salida de residuos.

14. Un sistema según la reivindicación 13, donde la segunda salida de residuos se envía al incinerador.

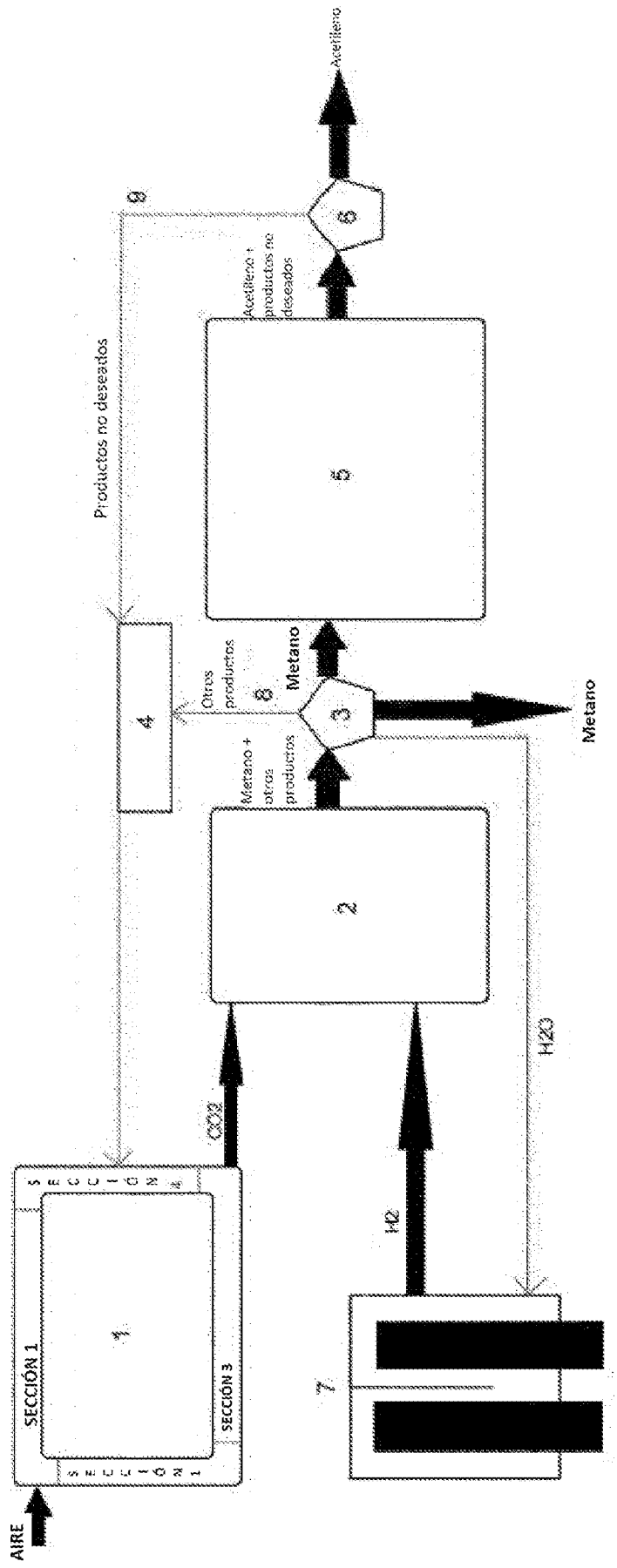

AIRE
SECCIÓN 1
SECCIÓN 2
SECCIÓN 3
1
2
3
4
5
6
7
8
Productos no deseados
Acetileno + productos no deseados
Acetileno
Metano
Otros productos
Metano + otros productos
Metano
CO2
H2
H2O

Figura 1

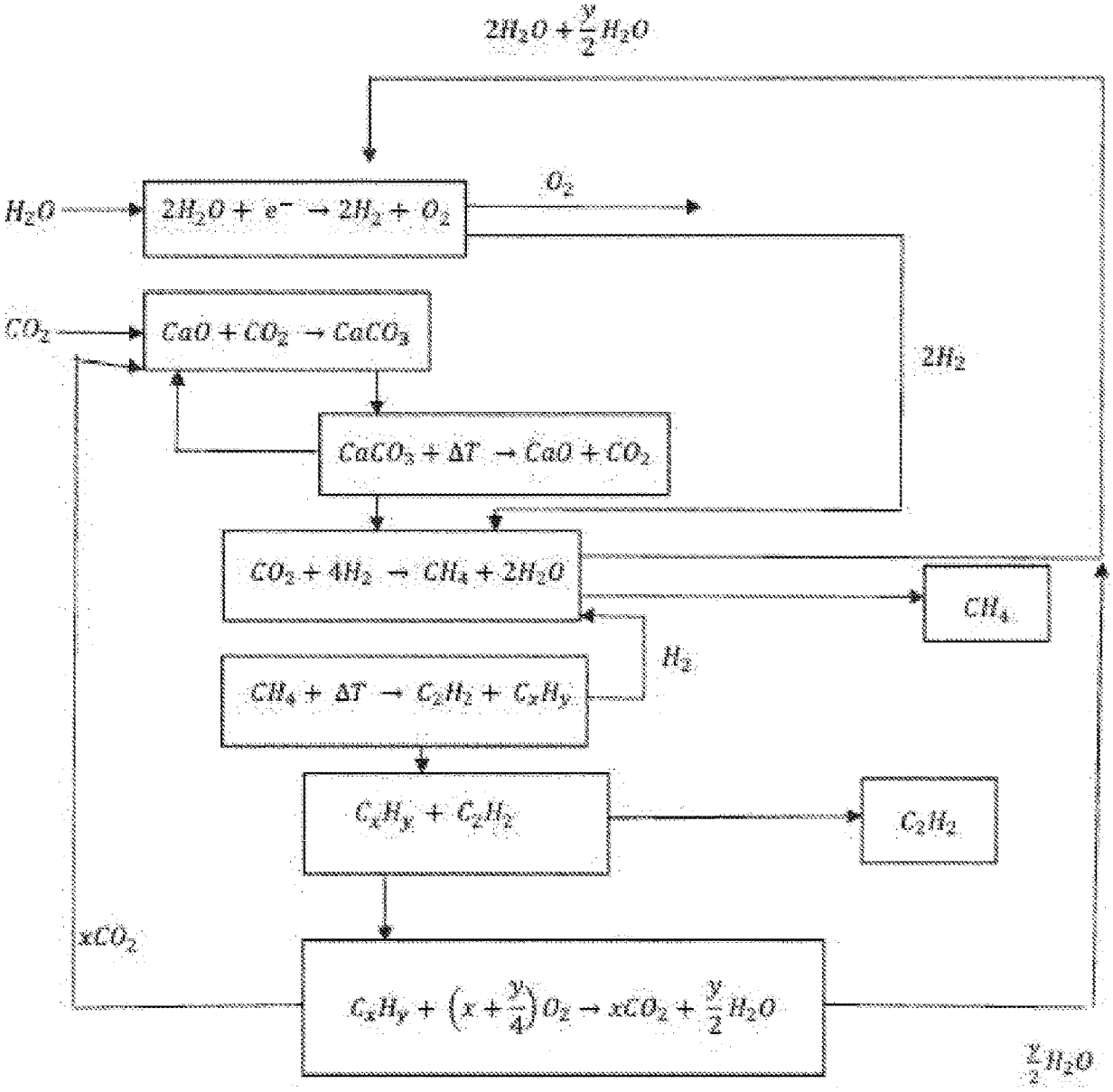

$2H_2O + \frac{y}{2}H_2O$
H_2O
$2H_2O + e^- \rightarrow 2H_2 + O_2$
O_2
CO_2
$CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3$
$2H_2$
$CaCO_3 + \Delta T \rightarrow CaO + CO_2$
$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$
CH_4
H_2
$CH_4 + \Delta T \rightarrow C_2H_2 + C_xH_y$
$C_xH_y + C_2H_2$
C_2H_2
xCO_2
$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right)O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$
$\frac{y}{2}H_2O$

Figura 2

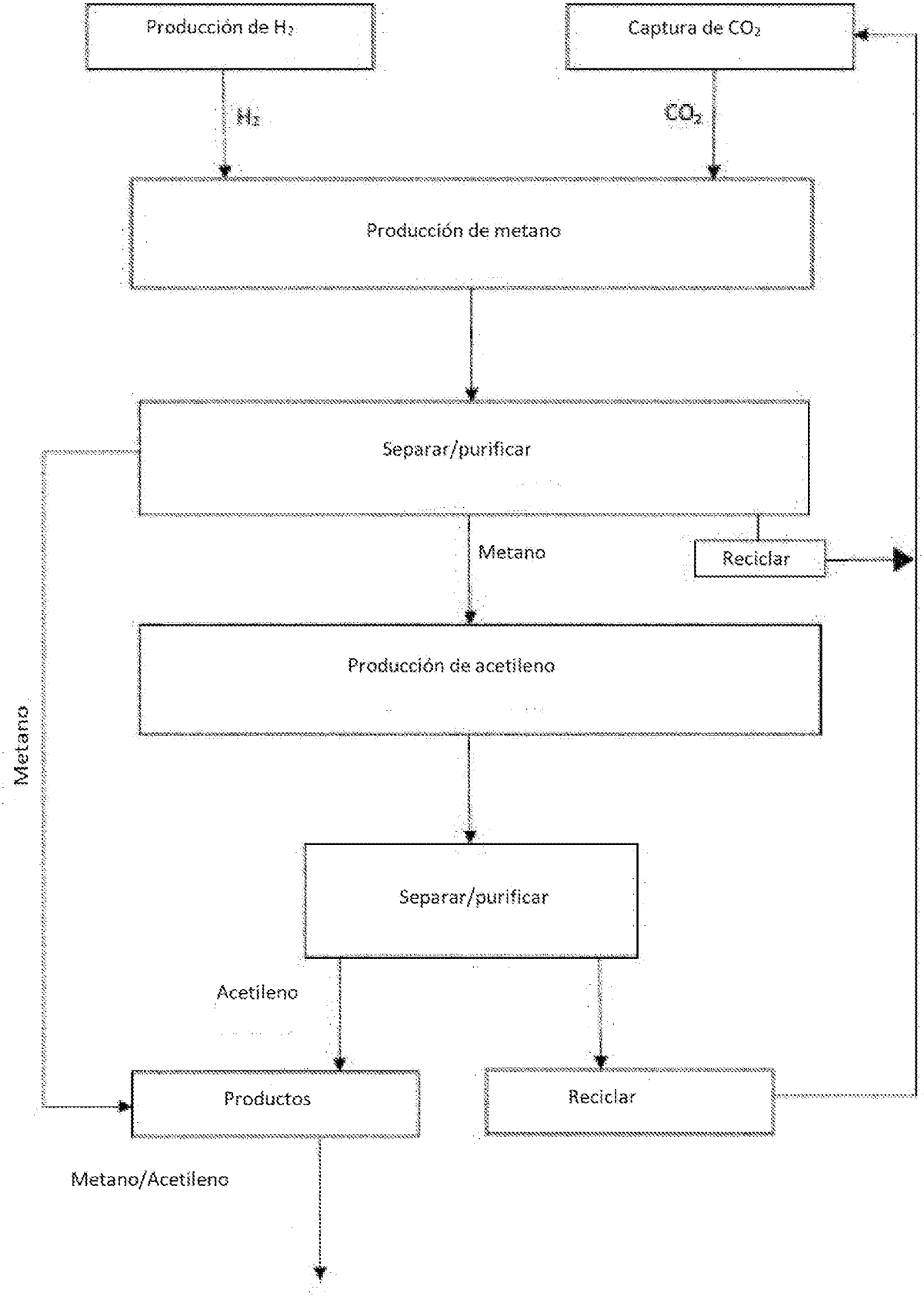

Producción de H_2
Captura de CO_2
H_2
CO_2
Producción de metano
Separar/purificar
Metano
Reciclar
Producción de acetileno
Metano
Separar/purificar
Acetileno
Productos
Reciclar
Metano/Acetileno

Figura 3

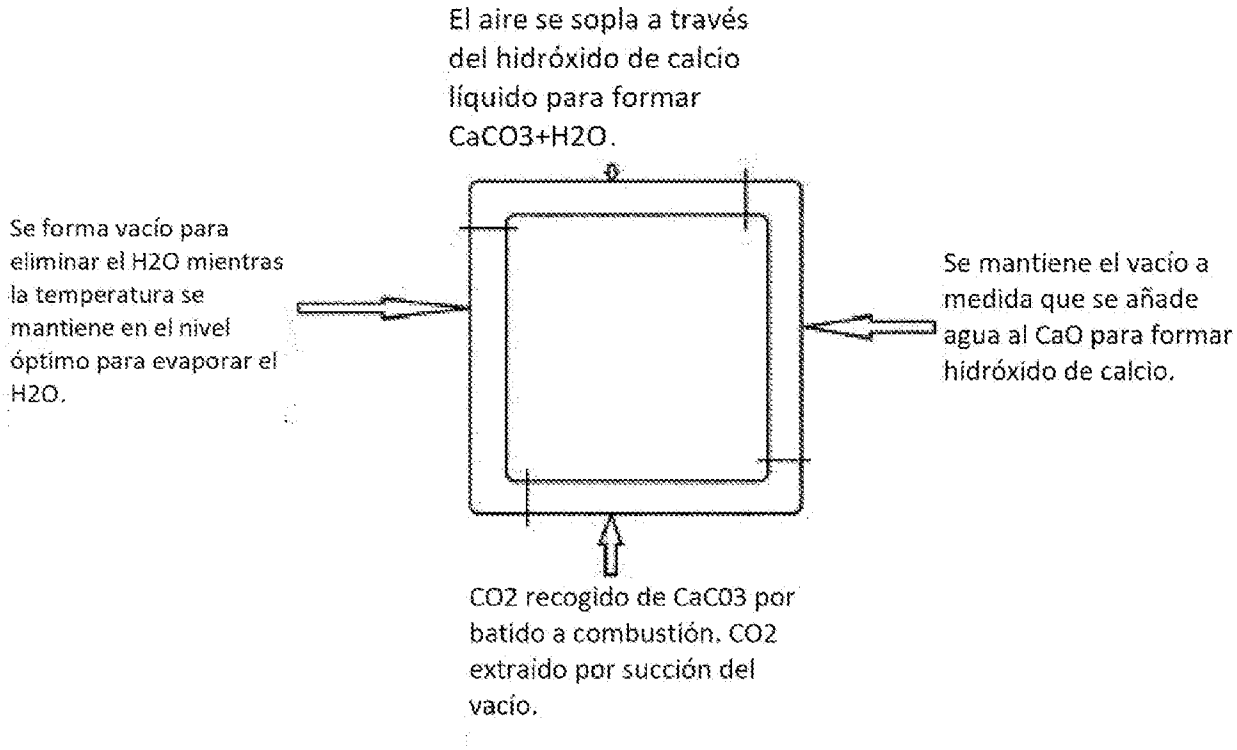

El aire se sopla a través del hidróxido de calcio líquido para formar CaCO3+H2O.
Se forma vacío para eliminar el H2O mientras la temperatura se mantiene en el nivel óptimo para evaporar el H2O.
Se mantiene el vacío a medida que se añade agua al CaO para formar hidróxido de calcio.
CO2 recogido de CaC03 por batido a combustión. CO2 extraído por succión del vacío.

Figura 4