

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 887**

51 Int. Cl.:

B01D 53/04 (2006.01)

B01D 53/62 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2011 PCT/US2011/065340**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2012 WO12083108**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2011 E 11808761 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2663381**

54 Título: **Recuperación de calor de la captura de CO₂ basada en sorbentes**

30 Prioridad:

17.12.2010 US 201061424437 P

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

11.06.2018

73 Titular/es:

**RESEARCH TRIANGLE INSTITUTE (100.0%)
3040 Cornwallis Road
Research Triangle Park, NC 25709, US**

72 Inventor/es:

**JAMAL, AQIL y
GUPTA, RAGHUBIR P.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 671 887 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

Recuperación de calor de la captura de CO₂ basada en sorbentes

5 **CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un método para reducir la carga de energía parásita asociada con la captura de CO₂ de fuentes puntuales industriales tales como el gas de combustión de las centrales eléctricas basadas en carbón. Específicamente, se refiere al uso de un fluido de trabajo para recuperar el calor generado durante la
10 captura de CO₂ con diversos sorbentes vía intercambio de calor. El fluido de trabajo calentado resultante puede usarse posteriormente para generar energía.

ANTECEDENTES TÉCNICOS

15 Se ha informado que la combustión de combustibles fósiles es una de las principales causas de la mayor concentración de CO₂ en la atmósfera. Aunque se están llevando a cabo investigaciones para mejorar la eficiencia energética y sustituir combustibles bajos en carbono para combatir este problema, estos métodos serán probablemente insuficientes para limitar el crecimiento de las concentraciones atmosféricas de CO₂ a un nivel aceptable. Por lo tanto, se están buscando nuevas tecnologías para separar y secuestrar el CO₂ que se genera.

20 El Ministerio de Energía informó que las tecnologías existentes de captura de CO₂ no son rentables cuando se consideran en el contexto de las grandes centrales eléctricas. La electricidad neta producida a partir de las plantas existentes se reduciría significativamente con la implantación de cualquiera de estas tecnologías de captura de CO₂, ya que un alto porcentaje de la energía generada por la central tendría que utilizarse para capturar y comprimir el
25 CO₂.

Por ejemplo, algunas tecnologías utilizan varios sorbentes para secuestrar CO₂ de los gases de combustión de una central de energía por reacción y conversión química. Este método de capturar CO₂ implica una reacción que puede ser exotérmica. Por lo tanto, aunque se logre la captura de CO₂, surge un nuevo problema en la forma de una
30 necesidad de enfriamiento del sistema para mantener la temperatura de la unidad de absorción en un intervalo deseado (por ejemplo, por debajo de aproximadamente 60 a 66°C).

Típicamente, este calor podría eliminarse mediante el uso de agua de refrigeración. Adicionalmente, después del uso, los sorbentes pueden requerir la regeneración para su reutilización, lo que requiere la adición de calor, típicamente suministrado tomando prestado el vapor de agua de baja presión (207 a 345 kPa) del ciclo de vapor de agua de la central de energía. Por consiguiente, la eficiencia general de una central de energía que incluye este tipo de tecnología de captura de CO₂ puede disminuir tanto como 10 a 15% en comparación con la de una central de energía sin tecnología de captura de CO₂ en su lugar.

40 El documento FR2944217 A1 proporciona un método que implica hacer que los gases de combustión entren en contacto con el sólido que adsorbe dióxido de carbono (CO₂). El gas de purga se introduce en un sólido adsorbente cargado con dióxido de carbono para regenerar un sólido para obtener un flujo de gas rico en dióxido de carbono.

45 Por lo tanto, sería beneficioso desarrollar un método de captura de CO₂ más eficiente. Específicamente, sería beneficioso desarrollar un nuevo método por el cual el calor generado en el proceso de captura de CO₂ podría usarse para generar energía, y así compensar la carga de energía parásita asociada con las tecnologías tradicionales de captura de CO₂.

SUMARIO DE LA INVENCION

50 La presente invención proporciona un método para aumentar la eficiencia energética de la captura de CO₂ a partir de una corriente de gas que contiene CO₂. El método implica poner en contacto una corriente de gas que contiene CO₂ con un sorbente, tal como en una unidad de adsorción, en donde el CO₂ reacciona con el sorbente y al menos una porción del CO₂ se separa de la corriente de gas. Tal reacción genera calor. El método comprende además extraer
55 calor de la unidad de adsorción mediante intercambio de calor con un fluido de trabajo. El fluido de trabajo está a una temperatura y presión tales que el fluido de trabajo está en estado líquido, y tiene una temperatura de vaporización en un intervalo tal que el calor en la unidad de adsorción que surge de la reacción del CO₂ y el sorbente causa un cambio de fase en el fluido de trabajo del estado líquido al de vapor y transfiere calor desde la unidad de adsorción al fluido de trabajo, formando así un fluido de trabajo calentado y vaporizado. En algunas realizaciones, el
60 calor contenido en el fluido de trabajo calentado y vaporizado puede convertirse en energía. Por ejemplo, esta conversión en energía puede comprender expandir el fluido de trabajo calentado y vaporizado a través de una turbina. En ciertas realizaciones de la presente invención, la energía producida es al menos aproximadamente el 2% de la capacidad de producción neta de energía de una central de energía que incorpora dicho método.

El fluido de trabajo calentado y vaporizado y/o los vapores expandidos pueden enfriarse y/o presurizarse adicionalmente para producir un fluido de trabajo líquido. En algunas realizaciones, el fluido de trabajo vaporizado calentado y/o los vapores expandidos se pueden condensar en un intercambiador de calor usando, por ejemplo, agua y/o aire como medio de refrigeración para dar un fluido de trabajo condensado (es decir, líquido). En algunas realizaciones, el fluido de trabajo condensado puede a continuación presurizarse a presión inicial para retornarlo a la unidad de adsorción.

En algunas realizaciones de la presente invención, el fluido de trabajo se presuriza a una presión de aproximadamente 689 a 3447 kPa antes de dicho intercambio de calor. En ciertas realizaciones de la invención, el fluido de trabajo está presurizado de manera que tiene un punto de ebullición de aproximadamente 38°C a aproximadamente 82°C a una presión de aproximadamente 689 a 3447 kPa. En una realización específica de la invención, el fluido de trabajo comprende propano. En una realización específica, el fluido de trabajo es gas de petróleo licuado. En ciertas realizaciones, el sorbente comprende un sorbente basado en carbonato sódico o un sorbente sólido enriquecido con aminas.

En algunos aspectos, el método además comprende regenerar el sorbente. En algunas realizaciones, el método comprende adicionalmente extraer más calor. Por ejemplo, se puede recuperar calor adicional mediante el fluido de trabajo calentado y vaporizado por intercambio de calor con una corriente de gas calentada producida al regenerar el sorbente.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

La figura 1 es un diagrama de flujo del proceso de un sistema según una realización de la presente invención para la captura de CO₂ y reciclado asociado de propano (PROP) como fluido de trabajo para una central eléctrica que produce 630 MWe de potencia eléctrica neta con captura de CO₂.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención se describirá ahora más completamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran algunas, pero no todas las realizaciones de la invención. De hecho, estas invenciones pueden incorporarse en muchas formas diferentes y no deben interpretarse como limitadas a las realizaciones expuestas en la presente memoria; más bien, estas realizaciones se proporcionan para que esta descripción satisfaga los requisitos legales aplicables. Los números similares se refieren a elementos similares. La presente invención proporciona un método para aumentar la eficiencia energética de los métodos exotérmicos de captura de CO₂. En general, tales métodos exotérmicos de captura de CO₂ comprenden típicamente poner en contacto una corriente de fluido que contiene CO₂ con un sorbente tal que al menos parte del CO₂ de la corriente de fluido reacciona con el sorbente y de esta manera se elimina de la corriente de fluido. En algunas realizaciones, la reacción de CO₂ de la corriente de fluido con el sorbente puede tener lugar dentro de un aparato específico, tal como un aparato de adsorción. Cuando la reacción es exotérmica puede ser útil eliminar el calor del sistema mediante una variedad de medios.

Para extraer el calor generado por la captura de CO₂ con un sorbente sólido se usa un fluido de trabajo. El fluido de trabajo se proporciona en un estado que maximice la cantidad de calor que se extrae del sistema. El fluido de trabajo se proporciona en un estado líquido tal que el calor generado por la captura de CO₂ convierte el fluido de trabajo líquido en su estado de vapor. Ventajosamente, el fluido de trabajo también puede usarse en todo el sistema para proporcionar una o más funciones adicionales. Por ejemplo, el fluido de trabajo puede usarse para extraer incluso más calor del sistema sorbente global. En algunas realizaciones, el fluido de trabajo se puede usar para eliminar calor de la regeneración del sorbente. Aún más, el fluido de trabajo puede usarse en un método de producción de energía. Por ejemplo, el fluido de trabajo se puede usar con una turbina para producir energía. Preferiblemente, el fluido de trabajo se recicla continuamente a través del sistema, como se describe en la presente memoria, para eliminar el calor y/o producir energía. Por supuesto, se pueden combinar una o más de las etapas descritas, o se pueden dividir en múltiples etapas, y tales estarían abarcadas por la invención. Además, durante el proceso se pueden añadir una o más etapas adicionales, y las mismas también estarían abarcadas por la invención.

Una realización ejemplar de la presente invención se ilustra en la Figura 1, que muestra un diagrama esquemático de un ciclo de fluido de trabajo de propano. Lo ilustrado se usa en la presente memoria como un ejemplo para discusión y no debe interpretarse como necesariamente limitante de la invención. Como se describe con más detalle a continuación, los componentes específicos del ciclo pueden variarse.

Con referencia a la realización de la presente invención representada en la Figura 1, como fluido de trabajo se usa específicamente propano. Como etapa inicial, el propano se bombea típicamente a una presión predefinida tal que se encuentre en estado líquido. El propano líquido (3) entra en los serpentines de intercambio de calor (E-103) dispuestos dentro de una unidad de adsorción (R-100). Dentro de la unidad de adsorción, una corriente que contiene CO₂ se pone en contacto con el sorbente, que en esta realización es carbonato de sodio. La reacción entre el CO₂ y el sorbente dentro de la unidad de adsorción R-100 para dar el gas de combustión tratado (21) produce calor, que se

retira con el fluido de trabajo propano a través de medios de intercambio de calor (E-103) adecuados. La reacción del carbonato de sodio y el CO₂ produce calor en el intervalo de aproximadamente 54 a aproximadamente 71°C.

De este modo, el fluido de trabajo (propano en esta realización) se proporciona en un estado tal que la cantidad máxima de calor puede extraerse a través de este intervalo de temperatura. Preferiblemente, el propano se proporciona a una presión tal que se encuentra en estado líquido antes de entrar en contacto con la unidad de adsorción y pasará del estado líquido al estado de vapor en el intervalo de temperatura en la unidad de adsorción y eliminará así la cantidad máxima de calor posible haciendo esta transición de estado. En esta realización, en la que el carbonato de sodio es el sorbente y el propano es el fluido de trabajo, el fluido de trabajo se puede vaporizar a aproximadamente 2551 kPa y aproximadamente 600°C en los serpentines del intercambiador de calor situados dentro de la unidad de adsorción.

El propano calentado y parcialmente vaporizado que sale de los serpentines de intercambio de calor en la unidad de adsorción (E-103) se envía al separador gas-líquido (V-100) donde los vapores de propano se separan del líquido. En ciertas realizaciones, el sorbente puede someterse a un proceso de regeneración, que requiere calor, pero que también produce una corriente de CO₂ caliente (10) que contiene vapor de agua. El fluido de trabajo también puede usarse para eliminar el calor de esta corriente de CO₂ caliente (10). Específicamente, el propano vaporizado saturado (5) que sale de V-100 se calienta más ("sobrecalentado") por intercambio de calor en el intercambiador gas-gas E-100 de la corriente regeneradora del gas de escape (10) que contiene predominantemente CO₂ y vapor de agua. Una fracción del vapor de agua en la corriente de gas de escape del regenerador se condensa a medida que pasa a través de E-100. La corriente combinada (11) de dos fases se envía a un separador V-102, que produce una corriente de agua condensada (12) y una corriente de CO₂ (13). La corriente de CO₂ se envía entonces al intercambiador de calor E-102 para precalentar la alimentación de propano a la unidad de adsorción hasta aproximadamente 54°C a aproximadamente 60°C. En este ejemplo, el gas de escape del regenerador sobrecalienta el propano vaporizado, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 82°C.

Los vapores de propano sobrecalentado (6) se expanden en una turbina (K-100) y los vapores de propano resultantes se llevan a una presión global más baja, produciendo energía. En esta realización particular, los vapores de propano sobrecalentados se expanden desde una presión de 2448 kPa a 1482 kPa en la turbina, produciendo aproximadamente 37,5 MWe de potencia.

Los vapores de propano expandidos (7) se enfrían, por ej., haciéndolos pasar a través de un condensador (E-101), donde los vapores de propano se enfrían utilizando agua de refrigeración (CWS) para dar propano líquido (8) a una presión de aproximadamente 1447 kPa. En una realización, el propano se enfría a una temperatura de aproximadamente 32°C.

En este punto, el fluido de trabajo ha completado un ciclo en el que se usó para eliminar el calor de la unidad de adsorción y también para eliminar el calor de la regeneración del sorbente, así como también para producir energía, una porción de la cual puede usarse para llevar a cabo el proceso general.

El fluido de trabajo se recicla para usarlo nuevamente en el ciclo. El propano líquido (9) es bombeado por la bomba P-100 a una presión más alta, y continúa en el ciclo como propano líquido (1). En este punto, la presión del propano líquido se incrementa hasta aproximadamente 2551 kPa. Antes de comenzar de nuevo el ciclo de enfriamiento de la captura de CO₂, el propano líquido se calienta adicionalmente (es decir, se precalienta) hasta aproximadamente 54°C a aproximadamente 60°C en E-102 como se describió anteriormente. Puede pasar a través del separador V-100 antes de volver a dirigirse a la unidad de adsorción (E-103).

La etapa de calentamiento adicional (es decir, "precalentamiento") del propano líquido antes de comenzar el ciclo de enfriamiento de la captura de CO₂ es con el fin de llevar la temperatura del fluido de trabajo a la temperatura a la que experimenta un cambio de fase de líquido a gas. La temperatura a la que se precalienta el propano líquido puede ser comparable a la temperatura dentro de la unidad de adsorción como resultado del calor generado por la reacción de carbonato de sodio y CO₂. Sin embargo, en las realizaciones preferidas la etapa de precalentamiento es importante, ya que permite que el fluido de trabajo extraiga el máximo calor de la unidad de adsorción debido al hecho de que los fluidos en general pueden extraer una mayor cantidad de calor en el punto de cambio de fase de líquido a gas.

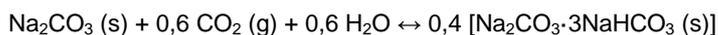
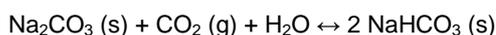
Los ciclos de calor de la presente invención pueden incluir sistemas que comprenden cualquier número de componentes para la generación y/o el consumo de energía. Los componentes pueden disponerse en cualquier orden práctico que permita que una o más etapas se beneficien del uso de un fluido de trabajo tal como el descrito aquí.

En general, la presente invención proporciona un método por el cual se utiliza un fluido de trabajo para extraer el calor generado por la captura exotérmica de CO₂ a través del intercambio de calor. La captura de CO₂ puede realizarse mediante cualquier método conocido en la técnica. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un fluido que contiene CO₂ se pone en contacto con un sorbente. El sorbente puede ser cualquier material capaz de reaccionar con CO₂ mediante adsorción química, adsorción física o una combinación de los dos efectos. En realizaciones

preferidas, el sorbente reacciona con CO₂ al menos mediante adsorción química. En algunas realizaciones, el sorbente puede reaccionar con CO₂ a temperaturas de aproximadamente 60°C a aproximadamente 79°C. En ciertas realizaciones, el sorbente puede reaccionar con CO₂ para producir calor. En algunas realizaciones, el sorbente es un sorbente sólido. En algunas realizaciones, el sorbente comprende un sorbente sólido que genera calor tras la captura de CO₂ por reacción con el CO₂.

El sorbente puede ser orgánico o inorgánico. Puede derivarse de fuentes naturales o puede ser producido sintéticamente. En algunas realizaciones, el sorbente puede ser un sorbente soportado (es decir, un sorbente sobre un material de soporte inerte, por ej., cerámica, resina, tamices moleculares, etc.). En una realización, el sorbente comprende un sorbente basado en aminas (por ej., un sorbente sólido enriquecido en aminas). En otra realización, el sorbente comprende un sorbente basado en carbonatos. En otras realizaciones, el sorbente comprende un sorbente basado en carbono, un sorbente basado en cal sodada, un sorbente basado en óxidos sólidos, un sorbente basado en hidróxidos de metales alcalinos o un sorbente basado en carbonatos de metales alcalinos. En algunas realizaciones, el sorbente puede comprender una mezcla de uno o más sorbentes de CO₂. En algunas realizaciones, el sorbente puede comprender además un sorbente para uno o más componentes adicionales que pueden estar presentes en la corriente de fluido que contiene CO₂.

Un ejemplo de un sorbente que se puede usar de acuerdo con los métodos de la presente invención es carbonato de sodio. El carbonato de sodio es un ejemplo de un sorbente sólido que reacciona químicamente con CO₂ en una reacción exotérmica. El carbonato de sodio reacciona con el CO₂ y el vapor de agua contenido en el gas de combustión a temperaturas de aproximadamente 16°C a aproximadamente 27°C para formar bicarbonato de sodio (NaHCO₃) y/o una sal intermedia (sal de Wegscheider, Na₂CO₃·3NaHCO₃).



En esta realización, ambas reacciones directas logran la captura de CO₂, mientras que las reacciones inversas dan como resultado la regeneración de sorbente, produciendo cantidades molares iguales de CO₂ y H₂O. Ambas reacciones directas son exotérmicas. La regeneración térmica del sorbente produce un gas de escape que contiene cantidades molares iguales de CO₂ y H₂O.

En realizaciones preferidas, el sorbente utilizado en el método descrito en la presente memoria es regenerable, lo que significa que después de la reacción con CO₂, el CO₂ puede liberarse y el sorbente puede de este modo devolverse a su forma original. En algunas realizaciones, el sorbente puede regenerarse térmicamente. La regeneración del sorbente es idealmente 100%; sin embargo, en algunas realizaciones, la regeneración es más que 99% efectiva, mayor que 95% efectiva, o mayor que 90% efectiva para eliminar CO₂ y proporcionar sorbente regenerado que puede reutilizarse en el proceso de captura de CO₂ descrito en la presente memoria. En algunas realizaciones, la regeneración puede configurarse para que tenga lugar cuando el sorbente alcanza un punto de saturación preestablecido (por ej., 80% saturado con CO₂), o en tiempos de ciclo previamente designados.

El fluido de trabajo puede ser cualquier fluido que pueda proporcionarse en condiciones suficientes para permitir la eliminación de calor. Por ejemplo, el fluido de trabajo puede proporcionarse en un estado líquido que tiene un punto de ebullición tal que el fluido de trabajo puede ser vaporizado por el calor generado en la unidad de adsorción que surge de la reacción del CO₂ y el sorbente. En otras palabras, el punto de ebullición del fluido de trabajo líquido puede estar en algún lugar en el intervalo de temperatura ambiente a la temperatura máxima de la unidad de adsorción durante la reacción de CO₂ con el sorbente. Por ejemplo, cuando el sorbente es carbonato de sodio, la reacción con CO₂ es exotérmica, dando como resultado una temperatura de aproximadamente 60°C dentro de la unidad de adsorción. El fluido de trabajo en una realización de este tipo puede ser cualquier fluido que pueda estar en estado líquido, que tenga un punto de ebullición de aproximadamente la temperatura ambiente a aproximadamente 60°C. En realizaciones específicas, el fluido de trabajo puede ser un material que está en el estado de vapor a temperatura y presión ambiente, pero puede estar presurizado para estar en el estado líquido hasta la temperatura deseada para la eliminación de calor. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el fluido de trabajo puede comprender propano, que puede proporcionarse en estado líquido bajo una presión tal que el propano líquido pasará al estado de vapor en un intervalo de temperatura correspondiente con la temperatura en la unidad de adsorción que surge del calor de reacción en la misma. En algunas realizaciones, el fluido de trabajo puede comprender gas de petróleo licuado (LPG). La elección del fluido de trabajo dependerá por tanto del sorbente específico utilizado para la captura de CO₂, ya que la reacción del CO₂ con diferentes sorbentes puede liberar diferentes cantidades de calor.

En algunas realizaciones, el fluido de trabajo comprende dos o más fluidos mezclados entre sí. En ciertas realizaciones, el fluido de trabajo es un fluido orgánico de alta masa molecular. En algunas realizaciones, el fluido de trabajo es un hidrocarburo basados en alcanos. En algunas realizaciones, el fluido de trabajo es un hidrocarburo basado en alquenos. Por ejemplo, el fluido de trabajo puede comprender propano, butano, etano, amoníaco, gas licuado de petróleo (GLP), propileno, butano, but-1-eno, but-2-eno, 2-metilpropeno, diversos refrigerantes y mezclas

de los mismos. La pureza del fluido de trabajo puede variar, en tanto y cuanto el fluido de trabajo pueda proporcionarse en estado líquido de modo que pase del estado líquido al estado de vapor a una temperatura que sea aproximadamente la temperatura ambiente a aproximadamente la temperatura máxima de la unidad de adsorción.

5 En algunas realizaciones, el fluido de trabajo es un fluido en un estado tal que pasará del estado líquido al estado de vapor a una temperatura de aproximadamente 21°C a aproximadamente 93°C a una presión que es aproximadamente la presión ambiente (aproximadamente 103 kPa a aproximadamente 3447 kPa). En otras realizaciones, el fluido de trabajo es un fluido en un estado tal que pasará del estado líquido al estado de vapor a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 38°C a aproximadamente 82°C a una presión que es aproximadamente 689 kPa a aproximadamente 3447 kPa, o a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 49°C a aproximadamente 66°C a una presión que es aproximadamente 1379 kPa a aproximadamente 3447 kPa.

15 Preferiblemente, la temperatura a la cual el fluido de trabajo pasa del estado líquido al estado de vapor es relativamente próxima a la temperatura máxima de la unidad de adsorción. Por ejemplo, en algunas realizaciones, esta temperatura puede ser menor que 11,1°C por debajo de la temperatura máxima de la unidad de adsorción. En otras realizaciones, esta temperatura puede ser menor que aproximadamente 8,3°C, menor que aproximadamente 5,6°C, o menor que aproximadamente 2,8°C por debajo de la temperatura máxima de la unidad de adsorción.

20 La presión inicial del fluido de trabajo antes de someterse al intercambio de calor dependerá de la naturaleza del fluido de trabajo, así como del sorbente utilizado para capturar el CO₂, lo que determinará el intervalo de punto de ebullición adecuado para el fluido de trabajo. En ciertas realizaciones, el fluido de trabajo tiene una presión inicial de aproximadamente la presión ambiente (aproximadamente 103 kPa a aproximadamente 3447 kPa).

25 En otras realizaciones, la presión inicial es aproximadamente 689 a 3447, aproximadamente 1379 kPa a aproximadamente 3447 kPa, o aproximadamente 2068 a aproximadamente 2558.

30 Un experto en la técnica será consciente de que el punto de ebullición de cualquier fluido dado está relacionado con su presión y, por lo tanto, será capaz de ajustar la presión del fluido de trabajo tal que su punto de ebullición quede dentro de un intervalo adecuado, lo que permite que el fluido de trabajo sea vaporizado por el calor generado por la reacción de captura del CO₂. Se prevén numerosas combinaciones de sorbentes y fluidos de trabajo que caen dentro del alcance de esta invención. Se puede usar cualquier combinación de sorbente y fluido de trabajo de acuerdo con la presente invención, en tanto y cuando el fluido de trabajo pueda estar en un estado tal que pase del estado líquido al estado de vapor en su totalidad o en parte, a una temperatura de aproximadamente la temperatura ambiente hasta la temperatura máxima de la unidad de adsorción, determinada por el calor generado por la captura de CO₂ mediante el sorbente. La expresión "fluido de trabajo" tal como se usa en la presente memoria puede referirse al fluido en forma líquida o de vapor.

40 En algunas realizaciones, después de la vaporización del fluido de trabajo a través del intercambio de calor, el fluido de trabajo en fase de vapor resultante se calienta adicionalmente para producir un fluido de trabajo "sobrecalentado". Aunque se pueden usar diversos medios para calentar el fluido de trabajo, en una realización el calor puede venir directamente del proceso de regeneración del sorbente sólido. Por ejemplo, se puede generar suficiente calor en la regeneración del sorbente de manera que el gas residual del proceso de regeneración puede usarse para recalentar el fluido de trabajo en fase de vapor.

45 En realizaciones preferidas, el fluido de trabajo en fase de vapor calentado o sobrecalentado puede usarse para generar energía. En algunas realizaciones, esta generación de energía resulta de expandir el fluido de trabajo vaporizado en una turbina. Aunque la realización representada genera energía expandiendo el fluido de trabajo vaporizado en una turbina, se prevén y abarcan dentro de la presente invención otros medios mediante los cuales se puede generar energía. Por ejemplo, en otra realización, a una temperatura suficiente, el fluido de trabajo vaporizado puede usarse para generar vapor de agua, que puede convertirse en energía eléctrica.

50 La cantidad de energía generada por los métodos de la presente invención puede variar. En algunas realizaciones, el fluido de trabajo en forma de vapor puede utilizarse para producir más que aproximadamente 10 MWe, más que aproximadamente 15 MWe, más que aproximadamente 20 MWe, más que aproximadamente 25 MWe, más que aproximadamente 30 MWe, o más que aproximadamente 35 MWe por ciclo para una central de energía que produce 630 MWe de potencia neta con captura de CO₂. En algunas realizaciones, dichos valores pueden relacionarse particularmente con una central de energía que produce una potencia eléctrica neta de 630 MWe. Sobre la base de estos datos, sin embargo, la invención se puede caracterizar de manera que abarque el uso en instalaciones de generación de energía de capacidad variable. En ciertas realizaciones, la cantidad de potencia generada por ciclo usando los métodos de la presente invención es al menos aproximadamente 2%, al menos aproximadamente 3%, al menos aproximadamente 4%, al menos aproximadamente 5%, al menos aproximadamente 6%, al menos aproximadamente 7%, al menos aproximadamente 8%, al menos aproximadamente 9%, o al menos aproximadamente 10% de la capacidad de producción de potencia neta de la central de energía que incorpora dichos métodos.

5 En algunas realizaciones, el fluido de trabajo se puede enfriar y presurizar posteriormente tal que esté en forma líquida a presión suficiente para ser utilizado de nuevo en el ciclo descrito en la presente memoria. En algunas realizaciones, el fluido de trabajo se cicla y se usa más de una vez para la refrigeración de la reacción exotérmica de captura de CO₂ y del ciclo de producción de energía descrito en este documento. En algunas realizaciones, el fluido de trabajo también se puede usar para extraer calor de procesos adicionales. Por ejemplo, el fluido de trabajo puede entrar en contacto con unidades de adsorción adicionales para extraer el calor del mismo.

10 En algunas realizaciones, el fluido de trabajo se puede usar para producir energía adicional. Por ejemplo, el fluido de trabajo puede expandirse sobre múltiples turbinas en varias etapas del ciclo para producir energía. En algunas realizaciones, el fluido de trabajo se puede dividir en múltiples corrientes tal que se puede pasar simultáneamente a través de diferentes componentes y/o usarse para múltiples fines. Opcionalmente, en tales casos, el fluido de trabajo puede recombinarse posteriormente. Como se indicó anteriormente, el método de la presente invención puede implicar sistemas que comprenden cualquier número de componentes para la generación y/o el consumo de energía. Los componentes se pueden disponer en cualquier orden práctico que permita que una o más etapas se beneficien del uso de un fluido de trabajo tal como el descrito en la presente memoria. Además, este proceso puede integrarse con equipos periféricos de la central para recuperar el recalentamiento adicional y convertirlo en energía.

15

REIVINDICACIONES

- 5
1. Un método para aumentar la eficiencia energética de la captura de CO₂ de una corriente de fluido que contiene CO₂, que comprende:
- 10 poner en contacto una corriente de fluido que contiene CO₂ con un sorbente en una unidad de adsorción tal que el CO₂ reaccione con el sorbente de modo que al menos una parte del CO₂ se elimine de la corriente de fluido y se genere calor;
 extraer calor de la unidad de adsorción mediante intercambio de calor con un fluido de trabajo líquido presurizado que tiene una temperatura de vaporización en un intervalo tal que el calor en la unidad de adsorción que surge de la reacción provoca un cambio de fase de líquido a vapor y transfiere calor de la unidad de adsorción al fluido de trabajo, formando por lo tanto un fluido de trabajo calentado y vaporizado.
- 15 2. El método según la reivindicación 1, que además comprende convertir en energía el calor contenido en el fluido de trabajo calentado y vaporizado.
- 20 3. El método según la reivindicación 2, en el que dicha conversión comprende expandir el fluido de trabajo calentado y vaporizado a través de una turbina.
4. El método según la reivindicación 2, en el que la energía producida es al menos aproximadamente el 2% de la capacidad de producción de energía neta de una central de energía que incorpore dicho método.
- 25 5. El método según la reivindicación 1, que adicionalmente comprende uno o ambos de refrigeración y presurización del fluido de trabajo calentado tal que es convertido en forma líquida.
6. El método según la reivindicación 1, en el que el fluido de trabajo comprende propano.
- 30 7. El método según la reivindicación 1, en el que el fluido de trabajo es gas de petróleo licuado.
8. El método según la reivindicación 1, en el que la temperatura de vaporización del fluido de trabajo presurizado es de aproximadamente 38°C a aproximadamente 82°C a una presión de aproximadamente 689 a 3447 kPa.
- 35 9. El método según la reivindicación 1, en el que el sorbente comprende un sorbente basado en carbonato de sodio.
10. El método según la reivindicación 1, en el que el sorbente comprende un sorbente sólido enriquecido en aminas.
- 40 11. El método según la reivindicación 1, en el que el fluido de trabajo se presuriza a una presión de aproximadamente 689 a 3447 kPa.
12. El método según la reivindicación 1, que además comprende regenerar el sorbente.
- 45 13. El método según la reivindicación 12, en el que se recupera calor adicional mediante el fluido de trabajo calentado y vaporizado por intercambio de calor con una corriente de gas calentado producido regenerando el sorbente.
- 50
- 55
- 60

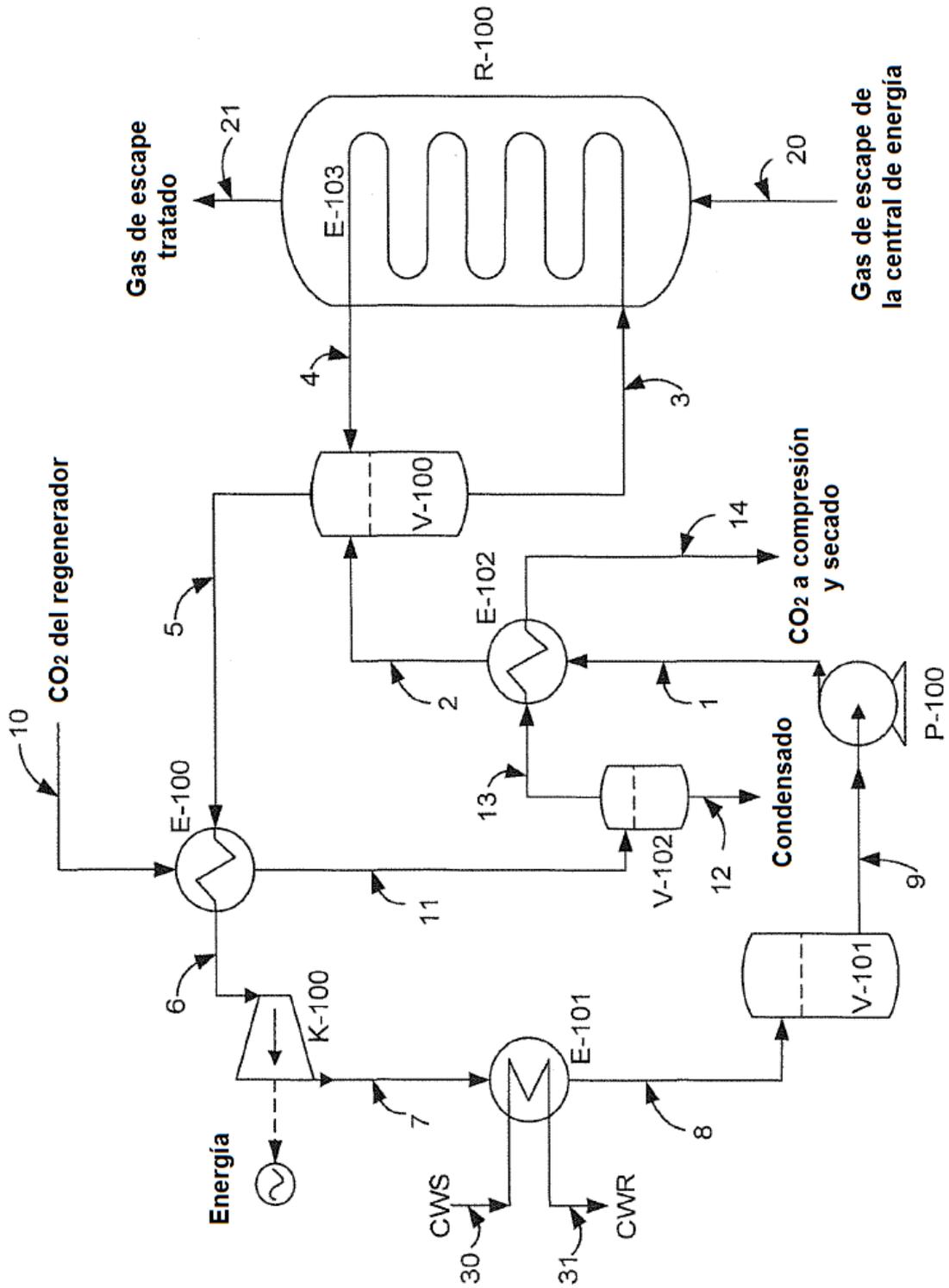


FIGURA 1