(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 641 933**

(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: **29.06.2012** **PCT/CA2012/050451**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2013** **WO13003955**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2012** **E 12807774 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017** **EP 2747871**

(54) Título: **Sistema y método para la separación adsortiva de gas integrada de gases de combustión**

(30) Prioridad:

02.07.2011 US 201161504197 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.11.2017

(73) Titular/es:

INVENTYS THERMAL TECHNOLOGIES INC. (100.0%)
108-3738 North Fraser Way
Burnaby, BC V5J 5G7, CA

(72) Inventor/es:

BOULET, ANDRE

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ LÓPEZ-MENCHERO , Álvaro Luis

ES 2 641 933 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

Sistema y método para la separación adsortiva de gas integrada de gases de combustión

2. Campo técnico

La presente invención se refiere en general a métodos para la separación adsortiva de gas integrada de gases de combustión y, por lo tanto, a sistemas. Más particularmente, la presente invención se refiere a métodos de separación adsortiva de gas integrada de gases de combustión y de reciclado de los gases de combustión separados para un proceso de combustión y sistemas que incorporan el mismo.

3. Antecedentes de la invención

Los métodos de adsorción por variación de temperatura son conocidos en la técnica para su uso en separación adsortiva de mezclas de gas de múltiples componentes. Muchos procesos de adsorción por variación de temperatura convencionales se utilizan para adsorber preferentemente un componente de una mezcla de gas de alimentación en un material adsorbente para separarlo de los componentes del gas de alimentación restantes, y después regenerar posteriormente el material adsorbente para desorber el componente adsorbido y permitir la reutilización cíclica del material adsorbente. Sin embargo, los métodos de adsorción por variación de temperatura convencionales están normalmente limitados en su eficacia, debido en parte a las limitaciones en la desorción o regeneración del material adsorbente utilizado en un sistema de separación adsortiva, y también a las limitaciones en la fase de adsorción del proceso de adsorción por cambio de temperatura. Tales ineficacias en los sistemas y métodos de adsorción por cambio de temperatura convencionales han conllevado también a ineficacias en la integración de tales sistemas en sistemas industriales donde la separación de las mezclas de gas se puede desear. Conllevando a costes indeseables de capital, energía y/o eficacia de operación.

Un tipo de proceso industrial, donde la separación de gas puede ser deseable incluye los procesos de combustión, donde se requiere la separación de uno o más componentes de gas de un gas de escape del proceso de combustión, tal como para la eliminación y/o el retención de gas de dióxido de carbono a partir de mezclas de gases de escape del proceso de combustión de combustibles fósiles, por ejemplo. En tales aplicaciones, las ineficacias en los sistemas de separación adsortiva de gas por variación de temperatura convencionales han dado lugar normalmente a la integración ineficaz e indeseable de tales sistemas de separación adsortiva de gas por variación de temperatura en los procesos de combustión de combustibles fósiles, lo que da como resultado costes inaceptablemente altos de capital, reducciones en la eficacia energética y/o en la eficacia de separación de gas, y costes operativos, por ejemplo.

Una ineficacia de los procesos de adsorción de temperatura convencionales normales en aplicaciones de combustión de combustibles fósiles es la adsorción ineficaz de un componente de gas de combustión deseado en el material adsorbente, lo que puede dar como resultado un rápido aumento de la temperatura del frente de adsorción cuando se mueve a través del material adsorbente debido a que el calor de adsorción liberado como el componente de gas se adsorbe. En muchos métodos de adsorción por cambio de temperatura convencionales, tales aumentos de la temperatura del material adsorbente durante la adsorción pueden dar como resultado la disminución de la capacidad adsorbente asociada con los "puntos calientes" en el material adsorbente y una disminución correspondiente en la eficacia del proceso de adsorción por cambio de temperatura. Otro inconveniente de los métodos de adsorción por variación de temperaturas normalmente convencionales en aplicaciones de combustión de combustibles fósiles es la desorción ineficaz o regeneración del material adsorbente, lo que puede ser el resultado de la dificultad de calentar uniformemente el material adsorbente puesto que se requiere energía térmica coincida con el calor de desorción del compuesto adsorbido durante la desorción o regeneración. Tales faltas de uniformidad en el calentamiento del material adsorbente pueden normalmente dar como resultado la adsorción retenida de un componente de gas asociado con "puntos fríos" en el material adsorbente, o pueden requerir la aplicación de un flujo térmico innecesariamente grande para desorber suficientemente el componente de gas, lo que puede conllevar a costes de calentamiento indeseablemente elevados y a dejar el material adsorbente innecesariamente calentado después de la desorción, lo que afecta indeseablemente el rendimiento del sistema de adsorción continuado y puede normalmente requerir soluciones intensivas de coste operativo adicional tales como etapas de enfriamiento adicionales para mantener la funcionalidad adsorbente.

El documento US2001009124A1 se refiere a un aparato de descarbonatación. El documento EP1429000A1 se refiere a un método y dispositivo para la operación de una turbina de gas.

4. Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de separación adsortiva de gas integrado para gases de combustión que aborda algunas de las limitaciones de la técnica anterior.

Un objeto adicional de la invención es proporcionar un método de separación adsortiva de gas integrado para gases de combustión utilizando un sistema de adsorción por variación térmica de paso paralelo (TSA) integrado dentro de

un sistema de combustión de combustibles fósiles de acuerdo con la presente invención que aborda algunas de las limitaciones de la técnica anterior.

Un objeto de la invención es proporcionar una separación adsortiva de gas integrada para gases de combustión utilizando un sistema de adsorción por variación de presión de paso paralelo (PSA) integrado dentro de un sistema de combustión de combustibles fósiles de acuerdo con la presente invención que aborda algunas de las limitaciones de la técnica anterior.

Un objeto adicional de la invención es proporcionar una separación adsortiva de gas integrada para gases de combustión utilizando un sistema de adsorción por variación de presión de paso paralelo (PSA) integrado dentro de un sistema de combustión de combustibles fósiles de acuerdo con la presente invención que aborda algunas de las limitaciones de la técnica anterior.

Otro objeto adicional de la invención es proporcionar un sistema de combustión de combustibles fósiles integrado que incluye un proceso de separación de gas de TSA para la separación de dióxido de carbono a partir de una mezcla de gases de combustión de acuerdo con la presente invención que aborda algunas de las limitaciones de la técnica anterior.

Un objeto adicional de la invención es proporcionar un sistema de combustión de combustibles fósiles integrado que incluye al menos uno de un proceso de separación de gas de PPSA y PSA para la separación de dióxido de carbono a partir de una mezcla de gases de combustión de acuerdo con la presente invención que aborda algunas de las limitaciones de la técnica anterior. En una realización de la presente invención, se proporciona un proceso de separación adsortiva de gas integrado para separar al menos una porción de una mezcla de gases de combustión de un combustor de combustible. En una realización de este tipo, dicha mezcla de gases de combustión comprende al menos componentes de dióxido de carbono y de nitrógeno y el proceso comprende las etapas de:

admitir dicha mezcla de gases de combustión en un sistema de separación adsortiva de gas;
admitir dicha mezcla de gases de combustión en un extremo de entrada de al menos un contactor adsorbente que comprende al menos un material adsorbente;
adsorber al menos una porción de dicho componente de gas de combustión de dióxido de carbono en al menos uno de dichos materiales adsorbentes;
recuperar un primer gas producto empobrecido en dicho componente de dióxido de carbono con respecto a dicha mezcla de gases de combustión desde un extremo de salida de dicho contactor adsorbente;
desorber una primera porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en al menos uno de dichos materiales adsorbentes;
recuperar un segundo gas producto desorbido enriquecido en dicho componente de dióxido de carbono de al menos uno de dichos extremos de entrada y salida de dicho contactor adsorbente;
admitir un fluido de acondicionamiento en dicho contactor adsorbente y desorber una segunda porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en al menos uno de dichos materiales adsorbentes para recuperar una corriente de acondicionamiento enriquecida en dióxido de carbono; y
reciclar al menos una porción de dicha corriente de acondicionamiento enriquecida en dióxido de carbono recuperada de dicho contactor adsorbente en una entrada de aire de dicho combustor de combustible para pasar a través de dicho combustor de combustible para su combustión.

En una realización adicional de la presente invención, la etapa de desorción de una primera porción de dicho componente de dióxido de carbono puede comprender la desorción de una primera porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en al menos uno de dichos materiales adsorbentes mediante al menos una de:

la desorción por variación térmica calentando al menos uno de dichos materiales adsorbentes;
la desorción por variación de presión; y
la desorción por variación de presión parcial.

En otra realización de la presente invención, un sistema de separación adsortiva de gas integrado para separar al menos una porción de una mezcla de gases de combustión se proporciona. En una realización de este tipo, la mezcla de gases de combustión comprende al menos componentes de dióxido de carbono y de nitrógeno, y el sistema de separación adsortiva de gas comprende:

un combustor de combustible que comprende una entrada de aire de combustión, una cámara de combustión y una salida de gas de combustión, en el que dicho gas de combustión comprende al menos componentes de dióxido de carbono y de nitrógeno;
un separador adsortivo de gas que comprende al menos un contactor adsorbente que tiene un extremo de entrada y uno salida, en el que dicho separador adsortivo de gas se conecta de forma fluida a dicho combustor de combustible para recibir dicho gas de combustión como una mezcla de gas de alimentación en dicho extremo de entrada de dicho al menos un contactor adsorbente y para adsorber al menos una porción de dicho componente de dióxido de carbono en al menos un material adsorbente comprendido en dicho contactor adsorbente; y un conducto de fluido de reciclaje de gas de combustión que se conecta de forma fluida a dicho

separador adsortivo de gas y a dicha entrada de aire del combustor, y adaptado para recibir un gas de reciclaje de combustión desorbido que comprende al menos una porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en dicho material adsorbente, y retornar dicho gas de reciclaje de combustión desorbido a dicha entrada de alimentación del combustor.

Otras ventajas de la invención resultarán evidentes al considerar los dibujos junto con la descripción detallada.

5. Breve descripción de los dibujos

Los sistemas y métodos para la separación adsortiva de gas integrada de gases de combustión de acuerdo con las realizaciones de la presente invención se describirán a continuación con referencia a las Figuras de los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 ilustra una vista esquemática de un sistema de separación adsortiva de gas integrado para la separación de gases de combustión procedentes de una turbina de gas para su uso de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 2 ilustra una vista esquemática adicional de un sistema de separación adsortiva de gas integrado para la separación de gases de combustión procedentes de una turbina de gas para su uso de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 3 ilustra todavía una vista esquemática adicional de un sistema de separación adsortiva de gas integrado para la separación de gases de combustión procedentes de una turbina de gas para su uso de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 4 ilustra una vista esquemática de un sistema de separación adsortiva de gas integrado para la separación de gases de combustión procedentes de un proceso de combustión de combustibles fósiles que comprende un generador de vapor de recuperación de calor (HRSG) que comprende un bucle de vapor para su uso en el sistema de separación de gas de acuerdo con una realización adicional de la invención.

Los números de referencia iguales se refieren a partes correspondientes en todas las diversas vistas de los dibujos.

6. Descripción detallada de la invención

En una realización de la presente invención, se proporciona un proceso de separación adsortiva de gas integrado para separar al menos una porción de una mezcla de gases de combustión procedentes de un combustor de combustible, en el que la mezcla de gases de combustión comprende al menos componentes de dióxido de carbono y de nitrógeno. En una de tales realizaciones, el proceso de separación adsortiva de gas puede comprender un proceso de adsorción por variación térmica (en adelante "TSA"), en el que al menos una etapa de desorción para la desorción de un componente de gas de combustión adsorbido en un material adsorbente se conduce principalmente por calentamiento térmico del material adsorbente, aunque mecanismos desortivos secundarios tales como purga o purga de desplazamiento con un fluido de purga se pueden utilizar también en la desorción de los componentes adsorbidos. En otra de tales realizaciones, el proceso de separación adsortiva de gas puede comprender un proceso de adsorción por variación de presión (en adelante "PSA"), en el que al menos una etapa de desorción para la desorción de un componente de gas de combustión adsorbido en un material adsorbente se conduce principalmente por una variación en la presión del contactor adsorbente que comprende el material adsorbente, aunque mecanismos adsortivos secundarios tales como purga o purga de desplazamiento con un fluido de purga, o calentamiento térmico del material adsorbente se pueden utilizar también en la desorción de los componentes del gas de combustión adsorbidos, por ejemplo. En aún otra realización de este tipo, el proceso de separación adsortiva de gas puede comprender una proceso de adsorción por cambio de presión parcial (en adelante "PPSA"), en el que al menos una etapa de desorción para la desorción de un componente de gas de combustión adsorbido en un material adsorbente se conduce principalmente por una variación o diferencial en la presión parcial o concentración de al menos un componente de gas adsortivo en el contactor adsorbente que comprende el material adsorbente, aunque mecanismos adsortivos secundarios tales como el calentamiento térmico del material adsorbente o la variación de presión se pueden utilizar también en la desorción de los componentes del gas de combustión adsorbidos, por ejemplo.

En una realización de acuerdo con la presente invención, el combustor de combustible puede comprender cualquier tipo adecuado de dispositivo de combustión de combustible que utilice principalmente aire ambiente como fuente de aire de combustión, tal como, pero sin limitarse a combustores de combustible gaseoso, de combustible líquido y/o de combustible sólido. En una realización particular, el combustor de combustible puede comprender al menos uno de: combustor de turbina de gas, combustor de turbina de gas de ciclo combinado, combustor líquido-combustible (tales como aceite/queroseno/diésel y otro combustible líquido encendido), combustor de carbón (incluyendo sólido, pulverizado, gasificado u otras formas de combustores de carbón como combustible, tales como centrales de carbón), combustor de combustible sólido y/o líquido de biomasa, combustor de generador/caldera de vapor, y combustor calentador de proceso (tal como se puede utilizar en procesos de refinería y/o industriales para calentar

fluidos y/o gases de proceso), por ejemplo.

En una realización, el proceso de separación adsortiva de gas integrado puede comprender una etapa inicial de admitir la mezcla de gases de combustión procedente de un combustor de combustible y que comprende al menos componentes de dióxido de carbono y de nitrógeno, como una mezcla de alimentación, en un sistema de separación adsortiva de gas. La mezcla de gases de combustión se puede admitir a continuación en el extremo de entrada de al menos un contactor adsorbente que comprende al menos un material adsorbente. El proceso puede comprender después adsorber al menos una porción del componente de gas de combustión de dióxido de carbono en el material adsorbente. Después de la adsorción, un primer gas producto empobrecido en dicho componente de gas dióxido de carbono con respecto a la mezcla de alimentación se puede recuperar de un extremo de salida del contactor adsorbente. En una realización preferida, la etapa de adsorción puede deseablemente dar como resultado que sustancialmente todo el componente de gas de combustión de dióxido de carbono del gas de combustión se adsorba en el material adsorbente en el sistema de separación adsortiva de gas, de modo que el primer gas producto recuperado del contactor adsorbente puede, de manera deseable, estar sustancialmente libre de dióxido de carbono. En una de tales realizaciones, la eliminación al menos sustancialmente completa del dióxido de carbono de la mezcla de gases de combustión puede ser deseable para permitir que el primer gas producto que se libera como un gas de escape en el medio ambiente esté sustancialmente libre de dióxido de carbono, tal como para reducir las emisiones de carbono resultantes de la operación del combustor de combustible. En una realización de este tipo particular, el primer gas producto puede tener, deseablemente, una concentración de dióxido de carbono que es menor que la concentración de dióxido de carbono ambiente del entorno, tal como inferior a la concentración de dióxido de carbono de 390 ppm aproximadamente de la atmosfera, de manera que el primer gas de escape producto resultante del proceso de adsorción puede eliminar, a efectos netos, el dióxido de carbono de la atmosfera.

En una realización, el proceso de separación adsortiva de gas integrado puede a continuación comprender desorber una primera porción del componente de dióxido de carbono adsorbido en el al menos un material adsorbente mediante el calentamiento del al menos un material adsorbente. Como se ha señalado anteriormente, en una realización, la desorción del dióxido de carbono adsorbido se puede impulsar principalmente térmicamente como un proceso TSA, pero también se puede asistir por uno o más mecanismos de desorción secundarios tales como una desorción por variación de presión, desorción por presión parcial y/o mecanismo de desorción por purga, por ejemplo. A continuación, el proceso puede comprender recuperar un segundo gas producto desorbido enriquecido en dióxido de carbono procedente ya sea del extremo de entrada o salida del contactor adsorbente. Como alternativa, la desorción del dióxido de carbono adsorbido se puede impulsar principalmente mediante uno o más procesos por variación de presión y/o por variación de presión parcial, en combinación o en lugar de un proceso de TSA, por ejemplo.

En una realización preferida, solo una porción del dióxido de carbono adsorbido se desorbe del contactor y se recupera en el segundo gas producto, de modo que al menos una porción del dióxido de carbono permanece adsorbido en el contactor adsorbente. En una realización preferida particular, la porción desorbida de dióxido de carbono recuperada en el segundo gas producto puede comprender solo un tercio del anhídrido de carbono adsorbido total, dejando aproximadamente dos tercios del componente de dióxido de carbono adsorbido en el contactor adsorbente al final de la primera etapa de desorción. Por lo tanto, debido a que solo una porción del dióxido de carbono adsorbido se desorbe en la primera etapa de desorción, la cantidad de energía térmica requerida para su desorción se reduce mucho en comparación con los procesos en los que se desorbe la mayoría o sustancialmente todo el dióxido de carbono adsorbido. En una realización preferida, el vapor se puede utilizar para calentar el material adsorbente y desorber la primera porción de dióxido de carbono tal como por mecanismos de desortivos de calentamiento y/o purga de desplazamiento, y, en consecuencia, una cantidad significativamente reducida de vapor puede deseablemente ser necesaria para desorber solamente aproximadamente un tercio del dióxido de carbono adsorbido del contactor adsorbente. En una de tales realizaciones preferidas, el segundo gas producto desorbido comprende deseablemente dióxido de carbono sustancialmente puro, o en el caso de vapor que se utiliza para purgar el contactor adsorbente durante la desorción, comprende sustancialmente solo dióxido de carbono y vapor. En consecuencia, tal segundo gas producto tiene una concentración de dióxido de carbono altamente deseable y es por tanto adecuado para comprimirse eficazmente (con la exclusión de condensación de cualquier componente de vapor) para su uso y/o almacenamiento tal como para la retención de carbono y otras aplicaciones tales como fines de recuperación de aceite mejorados para reducir la emisiones de carbono de la operación del combustor de combustible.

Después de la primera desorción, el proceso de separación adsortiva de gas integrado puede comprender admitir aire ambiente o, como alternativa, otra corriente de gas de acondicionamiento adecuada en el contactor adsorbente y desorber una segunda porción del componente de dióxido de carbono adsorbido en el al menos un material adsorbente en el contactor para recuperar una corriente de aire o de acondicionamiento enriquecida en dióxido de carbono. En una realización, la desorción de la segunda porción del componente de dióxido de carbono se puede impulsar por al menos uno de un proceso de desorción de TSA, PSA y PPSA. Al menos una porción de la corriente de aire y/o de acondicionamiento enriquecida en dióxido de carbono se recicla después a la entrada de aire del combustor de combustible para pasar a través del combustor para su combustión. En una de tales realizaciones, la corriente de aire enriquecida en dióxido de carbono puede tener deseablemente una concentración de dióxido de carbono más alta que la del aire ambiente, tal como una concentración de dióxido de carbono por encima de la

concentración de dióxido de carbono atmosférico de 400 ppm aproximadamente, por ejemplo. En una realización preferida, el aire ambiente admitido puede deseablemente ser eficaz para desorber la mayoría, o más preferentemente, sustancialmente todo el dióxido de carbono restante adsorbido en el material adsorbente, y reciclar la segunda porción del dióxido de carbono en la entrada de aire de combustión del combustor de combustible.

Un beneficio principal del reciclado de la segunda porción del dióxido de carbono adsorbido a la entrada del combustor de combustible es aumentar la concentración de dióxido de carbono en la mezcla de gases postcombustión que se admite en el sistema de separación adsortiva de gas como la mezcla de alimentación, puesto que el gas de combustión contendrá tanto el dióxido de carbono reciclado, así como el dióxido de carbono generado en el proceso de combustión. Particularmente, en el caso de combustores de combustible donde el contenido de dióxido de carbono de referencia de la mezcla de gases de combustión es relativamente bajo, tales como para turbinas de gas, y en una realización adicional en algunos combustores térmicos de carbón, generadores /calderas de vapor, calentadores de proceso, por ejemplo, un aumento de este tipo en el contenido de dióxido de carbono del gas de combustión puede aumentar , deseablemente, la eficacia de la separación adsortiva de dióxido de carbono en el sistema de separación adsortiva de gas en comparación con una mezcla de gases de combustión no reciclada más diluida en dióxido de carbono. Tal aumento de la eficacia de la separación adsortiva de dióxido de carbono resultante de la mayor concentración de dióxido de carbono en el gas de combustión proporcionado como una mezcla de alimentación en las realizaciones de la presente invención puede permitir, deseablemente, al menos uno de: menos consumo de energía para la desorción del dióxido de carbono adsorbido tal como en forma de menos consumo de vapor u otro fluido de purga o calentamiento de desorción; aumento de la pureza de dióxido de carbono en el segundo gas producto desorbido enriquecido en dióxido de carbono; tamaño y/o coste de capital reducidos del sistema de separación adsortiva, y sistema mejorado de recuperación de dióxido de carbono, por ejemplo.

En una realización particular, la desorción de la segunda porción de dióxido de carbono se realiza principalmente por purga de desplazamiento por el aire ambiente y/u otra corriente de acondicionamiento, y, en tal caso, la energía requerida para la desorción del dióxido de carbono puede ser deseablemente pequeña. Además, en una realización de este tipo preferida, la corriente de aire y/o de acondicionamiento utilizada para desorber la segunda porción del dióxido de carbono puede también enfriarse deseablemente por el efecto del calor de desorción del dióxido de carbono, y por lo tanto puede ser ventajosamente más fría y más densa cuando se recicla a la entrada de aire del combustor que el aire ambiente circundante disponible, lo que puede mejorar , deseablemente, la eficacia del combustor de combustible, como en el caso donde el combustor de combustible opera a presiones supra-atmosférica, tales como combustores de turbina de gas, donde se comprime el aire de combustión antes de la combustión, por ejemplo. En una realización adicional, el aumento de dióxido de carbono en la mezcla de entrada del combustor debido al reciclaje de dióxido de carbono del sistema de adsorción puede proporcionar, deseablemente, una mayor capacidad calorífica de la mezcla de entrada con respecto al aire de entrada ambiente. Tal aumento de la capacidad calorífica de la mezcla de entrada del combustor puede permitir, deseablemente, una disminución de la porción de aire en exceso no quemado de la mezcla de entrada que se requiere para mantener las temperaturas de combustión por debajo de niveles críticos en los combustores de combustible tales como turbinas de gas, por ejemplo, lo que puede aumentar, deseablemente, la eficacia de la turbina de gas debido a la reducción de flujo de masa de entrada o habilitar una mayor tasa de encendido de combustible aumentando de este modo la potencia de salida neta, por ejemplo.

En una realización alternativa donde el combustor de combustible opera a presiones sustancialmente atmosféricas, como en los combustores de carbón, generador/caldera de vapor, o calentadores de proceso, el aire utilizado para desorber la segunda porción del dióxido de carbono puede, en cambio, calentarse por el contactor adsorbente comparativamente caliente y/o material adsorbente durante la etapa de desorción. En tal caso, la corriente de aire de acondicionamiento enriquecida en dióxido de carbono reciclada para la entrada de aire del combustor puede calentarse ventajosamente por encima de la temperatura del aire ambiente, y puede mejorar, deseablemente, la eficacia del combustor de combustible atmosférico.

En una realización adicional, en combustores de combustible que incluyen la transferencia o recuperación de calor de gas de escape de combustión, tales como turbinas de gas de ciclo combinado, plantas de energía térmica, generadores/calderas de vapor, calentadores de proceso, y similares, el aumento de la concentración de dióxido de carbono en el gas de escape post-combustión debido al reciclado de una porción del dióxido de carbono adsorbido para la entrada del combustor puede aumentar también, deseablemente, la capacidad calorífica del gas de escape post-combustión, debido a la mayor capacidad calorífica del dióxido de carbono en comparación con el aire. Un aumento de este tipo en la capacidad calorífica del gas de escape post-combustión puede permitir, deseablemente, una mayor eficacia de transferencia de calor por convección en la porción de transferencia/recuperación de calor del sistema de combustión, tal como en intercambiadores de calor y/o sistemas generadores de vapor de recuperación de calor (HRSG), por ejemplo.

En otra realización adicional, en combustores de combustible que incluyen transferencia o recuperación de calor radiante a partir del gas de escape de combustión, tales como generadores/calderas de vapor, calentadores de proceso, y algunas plantas de energía térmica y similares, el aumento de la concentración de dióxido de carbono en el gas de escape post-combustión debido al reciclado de una porción del dióxido de carbono adsorbido para la entrada del combustor puede aumentar también, deseablemente, la capacidad de transferencia de calor radiante del

gas de escape post-combustión, debido a la espectro de emisión de IR del componente de dióxido de carbono de mayor concentración del gas de escape, en relación con la capacidad de transferencia de calor radiante despreciable del componente de aire del gas de escape. Un aumento de este tipo en la capacidad de transferencia de calor radiante del gas de escape post-combustión puede permitir, deseablemente, una mayor recuperación de calor radiante en la zona radiante de los intercambiadores de calor en tales combustores, por ejemplo.

En otra realización, el aumento en la concentración de dióxido de carbono en el gas de escape post-combustión debido al reciclado de una porción del dióxido de carbono adsorbido para la entrada del combustor puede resultar también deseablemente en una temperatura adiabática de llama inferior de combustión en relación con una mezcla de entrada de menor concentración de dióxido de carbono, que puede, deseablemente, dar como resultado la producción de óxido de nitrógeno reducida en el proceso de combustión. Tales óxidos de nitrógeno reducidos en el gas de combustión pueden ser deseables para mejorar la calidad de las emisiones y/o para reducir los requisitos para los sistemas de tratamiento de emisiones, por ejemplo.

En otra realización de la presente invención, el vapor de agua en forma de vapor utilizado en la desorción de dióxido de carbono del material adsorbente se puede proporcionar para su reciclado para la mezcla de entrada del combustor, tal como para su aplicación en combustores de combustible que implementan inyección de agua en la mezcla de entrada pre-combustión. En una realización de este tipo, se pueden aumentar los requisitos para la inyección de agua pueden disminuirse deseablemente mediante tal uso del vapor de desorción reciclado del proceso de adsorción, y/o recuperación de agua desde las etapas de desorción de purga de vapor, por ejemplo. El presente proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con las realizaciones anteriores puede repetirse después, deseablemente, para proporcionar un método de separación de gas de combustión cíclica continuo o repetido para separar una primera porción del componente de dióxido de carbono de la mezcla de gases de combustión, tal como con fines de retener carbono. En particular, un sistema de separación adsortiva de gas para su operación de acuerdo con el presente método de separación de gas integrado puede comprender, deseablemente, dos o más contactores adsorbentes, a fin de proporcionar una operación gradual del presente método de separación de gas integrado y permitir la separación adsortiva continua y/o semi-continua del gas de combustión del combustor de combustible. En particular, un sistema de separación adsortiva integrado puede comprender tres o más contactores adsorbentes de tal manera que el primer fluido producto se pueda recuperar de un contactor mientras que el segundo fluido de producto desorbido se recupera del segundo contactor, y la corriente de aire de acondicionamiento enriquecida en dióxido de carbono se recupera del tercer contactor. Cualquier disposición mecánica adecuada se puede implementar en el sistema de separación adsortiva integrado para proporcionar y controlar los flujos de fluido requeridos para la implementación del proceso de separación de gas integrado de la presente realización, tal como un sistema de separación adsortiva que utiliza válvulas mecánicas/neumáticas o de otros tipos u otros dispositivos de control de flujo, por ejemplo, para implementar los flujos de fluido de las etapas de los procesos de adsorción de TSA y/o PSA y/o PSA presentes, como son conocidos en la técnica de sistemas que comprenden uno, dos, o tres o más adsorbedores que contienen material adsorbente. En una realización particular, una rueda giratoria o disposición mecánica de rotor donde se encuentran los adsorbedores que contienen el material adsorbente en el componente de giro se puede implementar para proporcionar y controlar los flujos de fluido requeridos para implementar el proceso de separación de gas integrado de la invención, tal como puede ser similar a las utilizadas en una rueda de entalpía giratoria u otra adsorbente, por ejemplo.

En una realización particular, el uno o más contactores adsorbentes pueden comprender contactores adsorbentes de paso paralelo. En una realización de este tipo, dichos contactores adsorbentes de paso paralelo adecuados pueden comprender una pluralidad de pasos de flujo de fluido sustancialmente paralelos orientados en una primera dirección axial entre un extremo de entrada y uno de salida del contactor con el fin de permitir que el fluido fluya a través del contactor, y las paredes celulares que comprenden al menos un material adsorbente situado entre y separando los pasos de flujo de fluido. El contactor adsorbente de paso paralelo puede comprender también deseablemente una pluralidad de filamentos térmicamente conductores y axialmente continuos orientados en la dirección axial del contactor y en contacto directo con el al menos un material adsorbente que se encuentra en o sobre las paredes celulares del contactor. Algunas de tales estructuras de contactores adsorbentes de paso paralelo que pueden ser adecuadas para su uso en la implementación del proceso de separación de gases de combustión integrado de acuerdo con una realización de la presente invención se describen en la solicitud de patente internacional PCT del solicitante en tramitación presentada como PCT/CA2010/000251 el 26 de febrero de 2010, cuyo contenido se incorpora aquí por referencia como si se hubiera formado parte de esta solicitud tal como está actualmente presentada.

La Figura 1 ilustra una vista esquemática de un sistema de separación adsortiva de gas integrado 10 ejemplar para la separación de gases de combustión procedentes de una turbina de gas 30 para su uso de acuerdo con una realización de la presente invención. En una realización, el sistema de separación adsortiva de gas integrado 10 se puede utilizar para implementar el proceso de separación de gases de combustión integrado presente descrito anteriormente. El sistema 10 comprende una turbina de gas 30, tal como una turbina de generación de potencia de gas natural, por ejemplo. La turbina 30 comprende una entrada de aire 36 para admitir aire en la turbina 30 para su mezcla con el combustible 32 en una cámara de combustión para producir una mezcla de gases de combustión o gases de escape que comprende al menos componentes de dióxido de carbono y de nitrógeno que se agotan de la turbina 30.

En una realización preferida del sistema de separación adsortiva de gas integrado 10, la turbina de gas 30 es una turbina de gas de ciclo combinado (CCGT) y comprende también un generador de vapor de recuperación de calor (HRSG) 40 que recibe gas de combustión de la turbina 30 y eleva el vapor que se expande a través de una o más turbinas de expansión de recuperación de calor para recuperar la energía térmica y la potencia del generador. Después de tal uso en el HRSG 40 para generar vapor, el gas de combustión sale del HRSG 40 desde la salida de gas de combustión 41. En una de tales realizaciones, el HRSG 40 puede comprender también una salida de vapor de baja presión 48 para el suministro de vapor a baja presión a una entrada 25 del sistema de separación adsortiva de gas 20. En otra realización preferida, el sistema de separación adsortiva de gas integrado 10 comprende también un enfriador 50 tal como un enfriador de contacto directo 50 que recibe el gas de combustión procedente de la salida 41 del HRSG 40 y enfría el gas de combustión para su uso como una mezcla en la entrada 24 del sistema de separación adsortiva de gas 20.

El sistema de separación adsortiva de gas 20 comprende uno o más contactores adsorbentes, cada uno comprendiendo al menos un material adsorbente adecuado. En una realización preferida, el sistema de separación 20 puede comprender al menos tres contactores adsorbentes 21, 22 y 23. En una realización, un primer contactor 21 puede recibir la mezcla de gases de combustión enfriada en la entrada 24, para la adsorción del componente de dióxido de carbono del gas de combustión en el material adsorbente del contactor 21, para recuperar un primer gas producto, deseablemente, agotado de dióxido de carbono de la salida 29. En una de tales realizaciones, el primer gas producto puede comprender gas de escape sustancialmente libre de dióxido de carbono, tal como, para su liberación al medio ambiente. Un segundo contactor 22 puede desorber una primera porción de dióxido de carbono adsorbida mediante el calentamiento del material adsorbente, tal como mediante la admisión de vapor a baja presión a través de la entrada 25, para recuperar una segunda corriente de gas producto, deseablemente, enriquecida en dióxido de carbono a través de la salida 28. En una realización, la segunda corriente de gas producto puede comprender sustancialmente dióxido de carbono puro y/o dióxido de carbono y vapor (u otro fluido de purga adecuado), que se puede comprimir de manera eficaz, como para su uso y/o almacenamiento, como para la retención de carbono o uso alternativo en la recuperación mejorada de aceite, por ejemplo. Un tercer contactor 23 puede recibir una corriente de purga de aire a través de la entrada 26 tal como para desorber una segunda porción de dióxido de carbono del material adsorbente en el contactor 23, para recuperar una corriente de aire de acondicionamiento de reciclaje enriquecida en dióxido de carbono a través de la salida 27, para su reciclaje en la entrada 36 de la turbina de gas 30 para utilizarse como una porción del aire de combustión que pasa dentro de la turbina 30 para su combustión.

En una realización de este tipo, el primer dispositivo de adsorción 21 adsorbe preferentemente sustancialmente todo el componente de dióxido de carbono del gas de combustión que entra en la entrada 24, lo que da como resultado un primer gas producto recuperado desde la salida 29 que está sustancialmente libre de dióxido de carbono. Además, en una realización preferida, la primera porción de dióxido de carbono desorbido del segundo contactor 22 puede comprender deseablemente no más de la mitad de todo el dióxido de carbono adsorbido del gas de combustión, y más deseablemente puede comprender aproximadamente un tercio de todo el dióxido de carbono adsorbido. De acuerdo con esto, a continuación, la segunda porción de dióxido de carbono desorbido del tercer contactor 23 puede comprender deseablemente no menos de la mitad de todo el dióxido de carbono adsorbido del gas de combustión, y más preferentemente aproximadamente dos tercios de todo el dióxido de carbono adsorbido. En tales realizaciones preferidas, la desorción y reciclaje de preferentemente no menos de la mitad, y más preferentemente de aproximadamente dos tercios de todo el dióxido de carbono adsorbido de nuevo en la entrada 36 de la turbina de gas 30 puede aumentar ventajosamente la concentración de dióxido de carbono en el gas de combustión suministrado al sistema de separación de gas 20, lo que aumenta la eficacia de adsorción de dióxido de carbono en el primer contactor 21 y aumenta también la eficacia de la desorción de la primera porción de dióxido de carbono en el segundo contactor 22, aumentando de este modo la eficacia energética del sistema de separación de gas 20 y disminuyendo el coste de producción del primer y segundo de gases producto empobrecidos y enriquecidos en dióxido de carbono, respectivamente. Además, el reciclado de dióxido de carbono y de aire de nuevo en la entrada de la turbina 36 puede también tener el beneficio de reducir la temperatura del gas de admisión reciclado, debido a la disminución de temperatura del gas de admisión del calor de desorción de la segunda porción de dióxido de carbono, aumentando de este modo el rendimiento de la turbina de gas 30. Además, en una realización, el rendimiento de la etapa de compresión de la turbina 30 se puede aumentar también, deseablemente, debido al aumento de la capacidad calorífica del dióxido de carbono con relación al aire en la porción reciclada del aire que fluye hacia la entrada de la turbina 36.

Las Figuras 2 y 3 ilustran además vistas esquemáticas de un ejemplo de sistema de separación adsortiva de gas integrado 100 para la separación de gases de combustión procedentes de una turbina de gas 300 para su uso de acuerdo con realizaciones de la presente invención. En una realización, el sistema de separación adsortiva de gas integrado 100 se puede utilizar para implementar el presente proceso de separación de gases de combustión integrado descrito anteriormente, similar al sistema de separación de gas ilustrado en la Figura 1. El sistema 100 comprende una turbina de gas 300, tal como una turbina de generación de potencia de gas natural, cuyos ejemplos adecuados pueden incluir turbinas de generación de potencia de gas natural fabricadas por General Electric Company, de Schenectady, Nueva York, EE.UU., por ejemplo. La turbina 300 comprende una entrada de aire 306 para admitir aire en la turbina 300 para su mezcla con combustible 302 (normalmente gas natural que comprende principalmente metano, pero puede incluir cualquier otro combustible gaseoso, de vapor, líquido o combustible en

aire adecuado) en una cámara de combustión para producir un gas de combustión o mezcla de gases de combustión que comprende al menos componentes de dióxido de carbono y nitrógeno que se agotan de la turbina 300, a través de la salida de escape de gases de combustión 304 de la turbina.

En una realización preferida del sistema de separación adsortiva de gas integrado 100, la turbina de gas 300 es una turbina de gas de ciclo combinado (CCGT) y comprende también un generador de vapor de recuperación de calor (HRSG) 400 que recibe gas de combustión desde la salida de escape 304 de la turbina 300 y utiliza el calor del escape de los gases de combustión para producir el vapor que se expande a través de múltiples turbinas de vapor de expansión de recuperación de calor para recuperar energía térmica y potencia del generador. En la presente realización, el HRSG puede comprender deseablemente una turbina de vapor de alta temperatura 402, una turbina de vapor de presión intermedia 404 y una turbina de vapor de baja presión 406 que operan secuencialmente con el fin de extraer energía del vapor producido por el enfriamiento de la salida de gas de combustión de la turbina 300. Después de tal uso en el HRSG 400 para generar vapor, el gas de combustión sale del HRSG 400 desde la salida de gas de combustión 410. En una de tales realizaciones, el HRSG 400 puede comprender también una salida de vapor de baja presión 408 para suministrar vapor de baja presión desde la salida de la turbina de vapor de baja presión 406 hasta una entrada 214 del sistema de separación adsortiva de gas 200. En otra realización preferida, el sistema de separación adsortiva de gas integrado 100 comprende también un enfriador de gas de combustión 220 tal como un enfriador de gas de combustión de contacto directo 220 que recibe el gas de combustión desde la salida 410 del HRSG 400 y enfría el gas de combustión para su uso como una mezcla de alimentación para la entrada 212 del sistema de separación adsortiva de gas 200.

El sistema de separación adsortiva de gas 200 comprende uno o más contactores adsorbentes, cada uno comprendiendo al menos un material adsorbente adecuado. En una realización preferida, el sistema de separación 200 puede comprender al menos tres contactores adsorbentes 202, 204 y 206. En una realización, un primer contactor 202 ejemplar, que en una realización preferida puede comprender un contactor adsorbente de paso paralelo 202 puede recibir la mezcla de gases de combustión enfriada en la entrada 212, para la adsorción del componente de dióxido de carbono del gas de combustión en el material adsorbente del contactor 202, para recuperar un primer gas producto, deseablemente, agotado de dióxido de carbono, desde la salida 222. En una realización de este tipo, el primer gas producto puede, deseablemente, comprender gas de escape de combustión sustancialmente libre de dióxido de carbono, tal como para su liberación al medio ambiente. Un segundo contactor 204 puede desorber una primera porción de dióxido de carbono adsorbido del material adsorbente, tal como mediante el calentamiento del material adsorbente. En una de tales realizaciones, la primera porción de dióxido de carbono se puede desorber calentando el material adsorbente a través de la admisión de vapor a baja presión a través de la entrada 214, para recuperar una segunda corriente de gas producto deseablemente enriquecida en dióxido de carbono a través de la salida 224. En otra realización de este tipo, una fuente alternativa o adicional de calor para calentar el material adsorbente para desorber la primera porción de dióxido de carbono se puede proporcionar mediante el gas de escape de combustión calentado, tal como proviene desde aguas abajo de la turbina de gas 300, por ejemplo. En una realización, la segunda corriente de gas producto puede comprender dióxido de carbono sustancialmente puro y/o dióxido de carbono y vapor (u otro fluido de purga adecuado), que puede comprimirse, deseablemente, de forma eficaz, tal como para su uso y/o almacenamiento, como para la retención de carbono o su uso alternativo en la recuperación de aceite mejorada, por ejemplo. Un tercer contactor 206 puede recibir una corriente de purga de aire a través de la entrada 216 como para desorber una segunda porción de dióxido de carbono del material adsorbente en el contactor 206, para recuperar una corriente de aire de acondicionamiento de reciclaje enriquecida en dióxido de carbono a través de la salida 226, para reciclarse en la entrada 306 de la turbina de gas 300 para utilizarse como al menos una porción del aire de combustión que pasa dentro de la turbina 300 para su combustión.

En una realización de este tipo, el primer contactor adsorbente 202 adsorbe preferentemente sustancialmente todo el componente de dióxido de carbono del gas de combustión que entra en la entrada 212, lo que da como resultado un primer gas producto recuperado de la salida 222 que está sustancialmente libre de dióxido de carbono. Además, en una realización preferida, la primera porción de dióxido de carbono desorbida del segundo contactor 204 puede comprender deseablemente no más de la mitad de todo el dióxido de carbono adsorbido del gas de combustión, y más deseablemente puede comprender aproximadamente un tercio de todo el dióxido de carbono adsorbido. De acuerdo con esto, a continuación, la segunda porción de dióxido de carbono desorbido del tercera contactor 206 puede comprender deseablemente no menos de la mitad de todo el dióxido de carbono adsorbido del gas de combustión, y más preferentemente aproximadamente dos tercios de todo el dióxido de carbono adsorbido. En tales realizaciones preferidas, la desorción y reciclaje de preferentemente no menos de la mitad, y más preferentemente de aproximadamente dos tercios de todo el dióxido de carbono adsorbido de nuevo en la entrada 306 de la turbina de gas 300 puede aumentar ventajosamente la concentración de dióxido de carbono en el gas de combustión suministrado al sistema de separación de gas 200, lo que aumenta la eficacia de adsorción de dióxido de carbono en el primer contactor 202 y aumenta también la eficacia de desorción de la primera porción de dióxido de carbono en el segundo contactor 204, aumentando así la eficacia energética del sistema de separación de gas 200 y disminuyendo el coste de producción del primer y segundo gases producto empobrecidos y enriquecidos en dióxido de carbono, respectivamente. Además, el reciclado de dióxido de carbono y de aire de nueva en la entrada de la turbina 306 puede también tener el beneficio de reducir la temperatura del gas de admisión reciclado, debido a la disminución de la temperatura del gas de admisión del calor de desorción de la segunda porción de dióxido de

carbono, aumentando de este modo la eficacia de la turbina de gas 300. También, en una realización, el rendimiento de la etapa de compresión de la turbina 300 se puede incrementar también deseablemente debido al aumento de la capacidad calorífica del dióxido de carbono con respecto al aire en la porción reciclada del aire que fluye hacia la admisión de la turbina 306 desde el sistema de separación adsortiva de gas 200.

En una realización de la invención anteriormente señalada, el segundo gas producto recuperado de la salida 224 del sistema de separación de gas 200 y enriquecido en dióxido de carbono puede deseablemente conectarse de manera fluida a un sistema de tren de compresión de dióxido de carbono 240. El tren de compresión de dióxido de carbono 240 puede deseablemente ser adecuado para comprimir el segundo gas producto rico en dióxido de carbono, tal como a través de una serie de etapas de compresión secuenciales, para proporcionar gas producto de dióxido de carbono concentrado altamente presurizado y/o licuado 230 como para su exportación a otros usos industriales y/o de retención, como el almacenamiento retenido y/o recuperación mejorada de aceite, por ejemplo.

En una realización particular de la presente invención adaptada para la separación adsortiva de gas de gas de combustión procedente de una turbina de generación de potencia de gas natural de ciclo combinado, el sistema de separación adsortiva de gas puede separar deseablemente aproximadamente un tercio del dióxido de carbono del gas de combustión de la turbina de gas en el primer gas producto rico en dióxido de carbono, de manera que aproximadamente dos tercios del dióxido de carbono del gas de combustión de la turbina se recicla de nuevo en la admisión de la turbina de gas en la corriente de aire de acondicionamiento de reciclaje. En una realización de este tipo que comprende aproximadamente dos tercios del reciclado de dióxido de carbono, la concentración de dióxido de carbono del gas de combustión de la turbina se puede controlar, deseablemente, para ser aproximadamente 12 % de dióxido de carbono, en el que aproximadamente el 4 % del 12 % del contenido de dióxido de carbono se elimina en el segundo gas producto rico en dióxido de carbono (tal como para la retención y/o uso industrial, por ejemplo) y aproximadamente el 8 % del contenido del 12% de dióxido de carbono se recicla de nuevo a la admisión de la turbina. En realizaciones alternativas, la concentración de dióxido de carbono del gas de combustión de la turbina se puede controlar, deseablemente, para ser sustancialmente mayor que el 12 % de dióxido de carbono, tal como hasta aproximadamente el 50 % de dióxido de carbono, por ejemplo, en turbinas que se configuran adecuadamente para tales concentraciones de dióxido de carbono, esto puede ser adicionalmente ventajoso para aumentar aún más la eficacia de separación adsortiva de dióxido de carbono en el sistema de adsorción, y/o aumentar la eficacia de los procesos de combustión y/o de recuperación de calor de la turbina.

La Figura 4 ilustra una vista esquemática de una porción de un sistema de separación adsortiva de gas integrado 400 para la separación de gases de combustión de un proceso de combustión de combustibles fósiles que comprende un generador de vapor de recuperación de calor (HRSG) 402 de acuerdo con una realización de la presente invención. El HRSG 402 del sistema de la Figura 4 comprende tres generadores de vapor de recuperación de calor ejemplares y bucles de baja expansión que incluyen un bucle de vapor de alta presión 404 que recibe agua de alimentación de la caldera (BFW) 403 a una primera presión elevada, y hace pasar el vapor generado a través de expansor de alta presión 406 para capturar la energía adicional del gas de escape del combustor. El HRSG 402 comprende también de manera similar un bucle de vapor de presión media 408 que recibe la BFW desde la fuente 405 a una presión media, y recupera energía del paso de vapor a través de expansor de presión media 410. También, de forma similar, el HRSG 402 comprende además un bucle de vapor de baja presión 414 que recibe la BFW desde la fuente 407 y que hace pasar el vapor generado a través del expansor de baja presión 412.

El HRSG 402 comprende adicionalmente un bucle de presión de muy baja presión auxiliar 416 que recibe la BFW desde la fuente 409 a una presión muy baja. En la realización particular mostrada en la Figura 4, el vapor generado en el bucle de muy baja presión 416 se puede suministrar, deseablemente, al sistema de separación adsortiva (no mostrado), tal como a través de la salida de vapor muy baja presión 420, sin pasar por una etapa de expansión que sigue al bucle 416. En una realización de este tipo, el bucle de vapor de más baja presión 416 puede configurarse deseablemente para proporcionar un suministro de vapor a una presión relativamente más baja que el resto del HRSG 402, como puede ser adecuado solo para su uso de baja presión en el sistema de separación adsortiva de gas (no mostrado) que opera preferentemente sustancialmente a presión ambiente o ligeramente por encima, por ejemplo. El vapor de más baja presión suministrado desde el bucle de vapor de más baja presión 416 ejemplar se puede utilizar deseablemente para proporcionar un fluido de purga de vapor tal como para su uso en la desorción de dióxido de carbono de los adsorbedores del sistema de separación adsortiva, tal como para la desorción de un gas producto enriquecido en dióxido de carbono y/o para su reciclaje en la entrada del combustor de combustible para su combustión, como se ha descrito anteriormente con referencia a otras realizaciones de la invención.

En una realización de este tipo, la generación y el uso de vapor de muy baja presión procedentes del bucle de vapor de más baja presión 416 para desorber el gas adsorbido tal como dióxido de carbono de los adsorbentes del sistema de separación de gas pueden consumir, deseablemente, menos de energía en la generación de tal vapor en el bucle de más baja presión auxiliar 416, en comparación con una realización donde tal vapor de fluido de purga fue generado en otro bucle de mayor presión del HRSG 402, tal como a un nivel de presión elevado dentro de los bucles de generación de vapor de alta, media o baja presión existentes en un HRSG convencional, por ejemplo. En una HRSG convencional de este tipo, una fuente de vapor que se va a utilizar para la desorción en el sistema de separación de gas puede, por ejemplo, recibir vapor de un bucle de vapor de baja presión 414 convencional, lo que puede reducir indeseablemente el vapor disponible para su uso para su expansión en un expansor de baja presión

412, por ejemplo.

En un aspecto alternativo de acuerdo con la presente invención, el proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una realización de la invención puede comprender un proceso de adsorción por cambio de temperatura (TSA) particularmente dirigido a la separación de gas de dióxido de carbono de una mezcla de alimentación de gases de combustión de un combustor de combustible, donde la mezcla de gases de combustión comprende al menos componentes de dióxido de carbono y de nitrógeno. En una de tales realizaciones, el proceso de TSA para la separación de dióxido de carbono se puede adaptar para eliminar al menos una porción del dióxido de carbono del gas de combustión o de escape de una planta de energía térmica, tal como una central eléctrica de carbón o gas natural, por ejemplo, o de un generador/caldera de vapor o calentador de proceso. En tales realizaciones, la eliminación de solo una porción del contenido de dióxido de carbono del gas de combustión que se va a recuperar en el segundo gas producto puede tener deseablemente la ventaja de aumentar la concentración de dióxido de carbono en el gas de combustión que sale del combustor de combustible, de manera que el dióxido de carbono del gas de combustión en el sistema de separación adsortiva de gas puede separarse adsortivamente de forma más eficaz tal como por un proceso de TSA. En otra realización opcional, el proceso de separación adsortiva de gas dióxido de carbono puede basarse fundamentalmente en un proceso de adsorción por variación de presión y/o por variación de presión parcial/purga de desplazamiento, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a otras realizaciones en las que el TSA no es el proceso de adsorción primario pero puede comprender un controlador adsortivo secundario, por ejemplo.

En una realización de la presente invención, un proceso de separación de dióxido de carbono TSA (o como alternativa uno PSA y/o PPSA) puede repetirse deseablemente en cada uno de múltiples contactores adsorbentes de paso paralelo en el sistema de separación adsortiva de gas para proporcionar un método de separación cíclica continuo o repetido para separar una porción del dióxido de carbono de la mezcla de alimentación de gases de combustión, mientras se recicla una porción del dióxido de carbono en la entrada de aire del combustor de combustible. En particular, similar a como se ha descrito anteriormente en otras realizaciones, un sistema de separación adsortiva de gas para su operación de acuerdo con una realización de la presente invención puede comprender deseablemente dos o más de tales contactores adsorbentes de paso paralelo, a fin de proporcionar la operación gradual de un proceso de separación de TSA adecuado (o como alternativa un PSA y/o PPSA) y permitir la separación adsortiva continua y/o semi-continua desde una fuente de la fuente del combustor de combustible de gas de combustión. Como se ha descrito anteriormente, cualquier sistema de separación adsortiva conocido adecuado que utilice válvulas mecánicas/neumáticas o de otro tipo u otros dispositivos de control de flujo, por ejemplo, se puede utilizar para implementar los flujos de gas de las etapas del presente proceso de TSA (o como alternativa uno de PSA y/o PPSA), como se conocen en la técnica de sistemas que comprenden uno, dos, o tres o más adsorbedores que contienen material adsorbente.

Similar a como se ha descrito anteriormente, en una realización de la presente invención, un sistema de separación adsortiva de gas adecuado para implementar el proceso de separación de dióxido de carbono comprende al menos un contactor adsorbente de paso paralelo que comprende, cada uno, una pluralidad de pasos de flujo de fluido sustancialmente paralelos orientados en una primera una dirección axial entre el extremo de entrada y salida del contactor con el fin de permitir que el gas fluya a través del contactor y paredes celulares que comprenden al menos un material adsorbente selectivo de dióxido de carbono situado entre los conductos de flujo de fluido y que los separa. Cada uno de tales contactores adsorbentes de paso paralelo adecuados comprende además una pluralidad de filamentos térmicamente conductores y axialmente continuos orientados en la dirección axial del contactor y en contacto directo con el al menos un material adsorbente de dióxido de carbono comprendido en las paredes celulares del contactor. Como se ha descrito anteriormente, algunas de tales estructuras de contactores adsorbentes de paso paralelo que pueden ser adecuadas para su uso en la implementación del proceso de separación de gases de combustión TSA de acuerdo con una realización de la presente invención se describen en la solicitud de patente internacional PCT del solicitante en tramitación presentada como PCT/CA2010/000251, cuyo contenido se incorpora aquí por referencia como si se hubiera formado parte de esta solicitud tal como está actualmente presentada. En otra realización opcional, el sistema de separación adsortiva de gas puede ser adecuado para la implementación de un proceso de separación de dióxido de carbono basado principalmente en un proceso de adsorción por variación de presión y/o por variación de presión parcial/desplazamiento de purga, tal como se ha descrito anteriormente en referencia a otras realizaciones en las que el TSA no es el proceso de adsorción primario, pero puede comprender un controlador de adsorción secundaria, por ejemplo.

En ciertas realizaciones del presente proceso de separación adsortiva de gas de combustión integrado, cualquier material adsorbente de dióxido de carbono conocido adecuado se puede utilizar en el contactor o contactores adsorbentes del sistema de separación adsortiva para adsorber dióxido de carbono durante la etapa de adsorción del proceso. Tales adsorbentes de dióxido de carbono potencialmente adecuados pueden comprender, pero no se limitan a: adsorbente de carbón activado, soportes adsorbentes impregnados con amina (que comprenden soportes de sílice, carbón activado, alúmina, zeolita, polímero y cerámicos), sal de metal, hidróxido de metal, óxido de metal, zeolita, hidrotalcita, silicalita, materiales adsorbentes con estructura orgánica de metal y estructura de imadazolato zeolítico, y combinaciones de los mismos. En una realización particular, se puede seleccionar un material adsorbente de dióxido de carbono adecuado que puede también ser deseablemente selectivo para la adsorción de dióxido de carbono sobre cualquier otro componente de gas de la mezcla de alimentación de gases de combustión,

por ejemplo.

De manera similar a como se ha descrito anteriormente en otras realizaciones, en una realización de la presente invención, las etapas de un proceso de separación de gas de dióxido de carbono de TSA (o, como alternativa o en combinación con un PPSA) pueden realizarse, deseablemente, bajo condiciones de presión sustancialmente constantes o isobáricas. En una realización particular, la admisión de la mezcla de alimentación de gases de combustión en el contactor adsorbente, la adsorción de dióxido de carbono, la recuperación de una corriente de producto de gases de escape, la desorción de una porción del dióxido de carbono como una segunda corriente de producto de dióxido de carbono, y la recuperación de una segunda porción desorbida de dióxido de carbono en una corriente de acondicionamiento de aire de reciclaje pueden realizarse todos bajo una presión sustancialmente atmosférica, por ejemplo. En una realización alternativa, tales etapas del presente proceso de TSA (o, como alternativa o en combinación con un PPSA) se pueden realizar a una presión elevada sustancialmente constante, tal como en condiciones súper-atmosféricas isobáricas, por ejemplo. En otra realización alternativa, las etapas de admisión, adsorción y recuperación de una corriente de producto de gas de escape del presente proceso de TSA (o, como alternativa o en combinación con un PPSA) pueden realizarse bajo una primera condición de presión sustancialmente constante, tal como una presión por debajo de la atmosférica, por ejemplo, mientras que las etapas de desorción y recuperación de un segundo producto de dióxido de carbono desorbido se pueden realizar a una presión elevada, tal como una presión superior a la atmosférica elevada. En una de tales realizaciones, el contactor adsorbente se puede sellar sustancialmente antes de la etapa de desorción, y el calentamiento del contactor adsorbente realizado durante la etapa de desorción puede dar lugar a aumento de la presión dentro del contactor a medida que el dióxido de carbono adsorbido se desorbe del material adsorbente, aumentando así la presión del contactor a un nivel superior a la atmosférica, por ejemplo. De esta manera el fluido de producto de dióxido de carbono desorbido puede, opcionalmente, recuperarse a una presión deseablemente elevada por encima de la presión a la que se realizaron las etapas de adsorción, a fin de proporcionar una segunda corriente de producto de dióxido de carbono presurizada que puede ser deseable en ciertas aplicaciones, tales como donde puede ser necesaria una compresión adicional del dióxido de carbono para su transporte, almacenamiento, retención o uso industrial.

En otra realización opcional, el sistema de separación adsortiva de gas puede recibir gas de combustión procedente del combustor de combustible (tal de los gases de escape del HRSG de una turbina de gas de ciclo combinado, o de los gases de escape de turbina de una turbina de gas sin HRSG) a una presión elevada por encima de la presión ambiente, tal como para proporcionar suficiente presión para suministrar e impulsar el gas de combustión a través del sistema de separación, por ejemplo. En una de tales realizaciones, el gas de combustión se puede proporcionar al sistema de separación de gas a una presión superior a la atmosférica adecuada, tal como aproximadamente 10 kPa por encima de la presión ambiente, por ejemplo. En una realización particular, la provisión de gas de combustión a una presión suficientemente elevada para proporcionar la conducción del gas de combustión a través del sistema de separación puede permitir deseablemente la eliminación del equipo auxiliar tal como un ventilador de tiro u otro equipo de compresión asociado con el sistema de separación de gas para mover el gas de combustión a través del sistema de separación, por ejemplo, lo que puede reducir deseablemente el consumo de energía del sistema de separación de gas integrado y combustor de combustible.

Se contemplan realizaciones opcionales adicionales del presente proceso y sistema de separación adsortiva de gas integrado inventivos particularmente adaptados para su integración en un generador de potencia de turbina de gas de ciclo combinado de gas natural, que comprenden al menos un reciclaje parcial del dióxido de carbono adsorbido de la corriente de gas de combustión de nuevo en el aire de admisión de la turbina de gas, como puede reverse con otras técnicas de separación de gases que pueden ser conocidas en la técnica.

Las realizaciones ejemplares descritas en la presente memoria no pretenden ser exhaustivas o limitar el alcance de la invención a las formas precisas descritas. Se eligen y describen para explicar los principios de la invención y su aplicación y uso práctico para permitir que otros expertos en la materia comprendan sus enseñanzas.

Como será evidente para los expertos en la materia en vista de la divulgación anterior, son posibles muchas alteraciones y modificaciones en la práctica de la presente invención sin apartarse del alcance de la misma. Por consiguiente, el alcance de la invención se define por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso de separación adsortiva de gas integrado para separar al menos una porción de una mezcla de gases de combustión (32) procedente de un combustor de combustible (30), comprendiendo dicha mezcla de gases de combustión (32) al menos componentes de dióxido de carbono y de nitrógeno, comprendiendo el proceso:

admitir dicha mezcla de gases de combustión (32) en un sistema de separación adsortiva de gas (10);
admitir dicha mezcla de gases de combustión (32) en un extremo de entrada (24) de al menos un contactor adsorbente (20) que comprende al menos un material adsorbente;
adsorber al menos una porción de dicho componente de gas de combustión de dióxido de carbono en al menos uno de dichos materiales adsorbentes;
recuperar un primer gas producto empobrecido en dicho componente de dióxido de carbono con respecto a dicha mezcla de gases de combustión (32) desde un extremo de salida (29) de dicho contactor adsorbente (20);
desorber una primera porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en al menos uno de dichos materiales adsorbentes;
recuperar un segundo gas producto desorbido enriquecido en dicho componente de dióxido de carbono de al menos uno de dichos extremos de entrada (24) y salida (29) de dicho contactor adsorbente (20);
el proceso **está caracterizado por**:

admitir un fluido de acondicionamiento en dicho contactor adsorbente (20) y desorber una segunda porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en al menos uno de dichos materiales adsorbentes para recuperar una corriente de acondicionamiento enriquecida en dióxido de carbono; y
reciclar al menos una porción de dicha corriente de acondicionamiento enriquecida en dióxido de carbono recuperada de dicho contactor adsorbente (20) en una entrada de aire (36) de dicho combustor de combustible (30) para pasar a través de dicho combustor de combustible (30) para su combustión.

2. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha desorción de una primera porción de dicho componente de dióxido de carbono comprende la desorción de una primera porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en al menos uno de dichos materiales adsorbentes mediante al menos uno de:

la desorción por variación térmica calentando al menos uno de dichos materiales adsorbentes;
la desorción por variación de presión; y
la desorción por variación de presión parcial.

3. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que dicho combustor de combustible (30) comprende al menos uno de un combustor encendido por combustible gaseoso, combustible líquido y combustible sólido.

4. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho combustor de combustible (20) comprende al menos uno de:

un combustor de turbina de gas de ciclo combinado;
un combustor de turbina de gas;
un combustor térmico de carbón;
un combustor de generador o caldera de vapor; y
un combustor de calentador de proceso.

5. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicha primera porción de dicho componente de dióxido de carbono comprende un tercio de dicho componente de dióxido de carbono total adsorbido en dicho al menos un material adsorbente, y en el que dicha segunda porción de dicho componente de dióxido de carbono comprende dos tercios de dicho componente de dióxido de carbono total adsorbido en dicho al menos un material adsorbente.

6. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicha mezcla de gases de combustión (32) comprende el 12 % de dióxido de carbono, y en el que dicha primera porción de dicho componente de dióxido de carbono comprende el 4 % de dicha mezcla de gases de combustión (32), y dicha segunda porción de dicho componente de dióxido de carbono reciclado en dicho combustor comprende el 8 % de dicha mezcla de gases de combustión (32).

7. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicho primer gas producto está libre de dióxido de carbono, y dicho segundo gas producto desorbido consiste sustancialmente en dióxido de carbono.

8. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho al menos un contactor adsorbente (20) comprende un contactor adsorbente de paso paralelo,

comprendiendo dicho contactor adsorbente de paso paralelo:

una pluralidad de pasos de flujo de fluido sustancialmente paralelos orientados en una primera dirección axial entre un extremo de entrada y de salida del mismo; y
paredes celulares situadas entre dichos pasos de flujo de fluido que comprenden al menos un material adsorbente.

9. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicho al menos un contactor adsorbente (20) comprende adicionalmente una pluralidad de filamentos térmicamente conductores y axialmente continuos orientados en dicha primera dirección axial y en contacto directo con dicho al menos un material adsorbente, y comprendiendo adicionalmente dicho proceso la transferencia de calor a lo largo de al menos una porción de dichos filamentos térmicamente conductores en una dirección axial de dichos filamentos térmicamente conductores para proporcionar al menos una porción del calor de desorción de dicho componente de dióxido de carbono durante dicha etapa de desorción.

10. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho proceso comprende un proceso de separación adsortiva de gas por variación térmica, y dicha adsorción comprende además adsorber al menos una porción de dicho componente de dióxido de carbono en dicho al menos un material adsorbente a una primera temperatura del material adsorbente y dicha desorción comprende además la desorción de al menos una porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en dicho al menos un material adsorbente calentando dicho material adsorbente a una segunda temperatura del material adsorbente.

11. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho proceso comprende un proceso de separación adsortiva de gas por variación térmica y en el que dicha desorción comprende adicionalmente calentar dicho al menos un material adsorbente utilizando un fluido de proceso calentado admitido en dicho al menos un contactor adsorbente (20), en el que dicho fluido de proceso calentado comprende al menos uno de: vapor, gas de combustión y dióxido de carbono.

12. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho proceso comprende un proceso de separación adsortiva de gas por variación de presión, y dicha adsorción comprende además adsorber al menos una porción de dicho componente de dióxido de carbono en dicho al menos un material adsorbente a una primera presión, y dicha desorción comprende además la desorción de al menos una porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en dicho al menos un material adsorbente a una segunda presión menor que dicha primera presión.

13. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho proceso comprende un proceso de separación adsortiva de gas por variación de presión parcial, y dicha adsorción comprende además adsorber al menos una porción de dicho componente de dióxido de carbono en dicho al menos un material adsorbente a una primera presión parcial del dióxido de carbono, y dicha desorción comprende además la desorción de al menos una porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en dicho al menos un material adsorbente a una segunda presión parcial del dióxido de carbono inferior a dicha primera presión parcial.

14. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho combustor de combustible (30) comprende una turbina de gas de ciclo combinado que comprende, además, un generador de vapor de recuperación de calor (40), y en el que la desorción comprende, además, el calentamiento de dicho al menos un material adsorbente utilizando vapor a partir de dicho generador de vapor de recuperación de calor (40) admitido en dicho al menos un contactor adsorbente.

15. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que dicho proceso comprende un proceso de separación adsortiva de gas por variación térmica, y en el que dicha desorción comprende adicionalmente calentar directamente al menos uno de dichos materiales adsorbentes mediante el suministro de energía térmica a dichos filamentos térmicamente conductores para calentar directamente dichas paredes celulares que comprenden dicho al menos un material adsorbente.

16. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde dichos filamentos térmicamente conductores y axialmente continuos comprenden adicionalmente filamentos eléctricamente conductores y axialmente continuos, y en el que dicha desorción comprende adicionalmente calentar directamente al menos uno de dichos materiales adsorbentes calentando eléctricamente dichos filamentos térmica y eléctricamente conductores para calentar directamente dichas paredes celulares que comprenden dicho al menos un material adsorbente.

17. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que dicho al menos un material adsorbente se selecciona de y cualquier combinación de la lista que comprende: adsorbente de carbón activado; sal de metal; hidróxido de metal; óxido de metal; zeolita; hidrotalcita; silicalita; materiales adsorbentes con estructura orgánica de metal y estructura de imadazolato zeolítico; y soportes adsorbentes impregnados con amina que comprenden sílice, carbón activado, alúmina, zeolita, soportes poliméricos

y cerámicos.

18. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas etapas de admisión, adsorción, recuperación de un primer fluido producto, y de desorción y recuperación de un segundo fluido producto desorbido son isobáricas y se realizan a una de las presiones atmosférica y superior a la atmosférica elevada.

19. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas etapas de admisión, adsorción y recuperación de un primer fluido producto se realizan a presión atmosférica, y en el que dichas etapas de desorción y recuperación de un segundo fluido producto desorbido se realizan a una presión superior a la atmosférica elevada.

20. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha corriente de acondicionamiento enriquecida en dióxido de carbono se calienta entrando en contacto con dicho contactor adsorbente (20) durante dicha desorción de dicha segunda porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en dicho al menos un material adsorbente.

21. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha corriente de acondicionamiento enriquecida en dióxido de carbono se enfría por dicha desorción de dicha segunda porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en dicho al menos un material adsorbente.

22. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, en el que dicha corriente de acondicionamiento enriquecida en dióxido de carbono está enriquecida en dióxido de carbono con respecto a una concentración de dióxido de carbono ambiente en dicho aire.

23. El proceso de separación adsortiva de gas integrado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-22, en el que dicha una concentración de dióxido de carbono de dicho primer gas producto empobrecido en dicho componente de dióxido de carbono es menor que una concentración de dióxido de carbono ambiental de dicho aire.

24. Un sistema de separación adsortiva de gas integrado (10) para separar al menos una porción de una mezcla de gases de combustión (32), comprendiendo dicha mezcla de gases de combustión (32) al menos componentes de dióxido de carbono y de nitrógeno, comprendiendo el sistema:

un combustor de combustible (30) que comprende una entrada de aire (36) del combustor, una cámara de combustión y una salida de gas de combustión, en el que dicho gas de combustión comprende al menos componentes de dióxido de carbono y de nitrógeno;
un separador adsortivo de gas (20) que comprende al menos un contactor adsorbente que tiene un extremo de entrada (25) y uno de salida (27), en el que dicho separador adsortivo de gas (20) se conecta de forma fluida a dicho combustor de combustible (30) para recibir dicho gas de combustión como una mezcla de gas de alimentación (32) en dicho extremo de entrada (25) de dicho al menos un contactor adsorbente y adsorber al menos una porción de dicho componente de dióxido de carbono en al menos un material adsorbente comprendido en dicho contactor adsorbente;
estando el sistema de separación adsortiva de gas integrado **caracterizado por**:

un conducto de fluido de reciclado de gas de combustión que se conecta de forma fluida a dicho separador adsortivo de gas (20) y a dicha entrada de aire (36) del combustor, y adaptado para recibir un gas de reciclaje de combustión desorbido que comprende al menos una porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en dicho material adsorbente, y hacer retornar dicho gas de reciclaje de combustión desorbido a dicha entrada de aire (36) del combustor.

25. El sistema de separación adsortiva de gas integrado (10) de acuerdo con la reivindicación 24, en el que dicho separador adsortivo de gas (20) comprende adicionalmente:

al menos un contactor adsorbente de paso paralelo que comprende:

una pluralidad de pasos de flujo de fluido sustancialmente paralelos orientados en una primera dirección axial entre un extremo de entrada y uno de salida del mismo; y
paredes celulares situadas entre dichos pasos de flujo de fluido que comprenden al menos un material adsorbente.

26. El sistema de separación adsortiva de gas integrado (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 24 y 25, en el que dicho separador adsortivo de gas (20) comprende adicionalmente una pluralidad de filamentos térmicamente conductores y axialmente continuos orientados en dicha dirección axial y en contacto directo con dicho al menos un material adsorbente.

27. El sistema de separación adsortiva de gas integrado (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones

24 o 25, en el que dicho combustor de combustible (30) comprende al menos uno de:

un combustor de turbina de gas de ciclo combinado;
un combustor de turbina de gas;
un combustor térmico de carbón;
un combustor de generador o caldera de vapor; y
un combustor de calentador de proceso.

28. El sistema de separación adsortiva de gas integrado (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 27, en el que dicho combustor de combustible (30) comprende un combustor de turbina de gas de ciclo combinado que comprende, además, un generador de vapor de recuperación de calor (40) y un conducto de suministro de vapor conectado de forma fluida a dicho generador de vapor de recuperación de calor (40) y que se puede operar para suministrar vapor a dicho separador adsortivo de gas (20) para su introducción en dicho al menos un contactor adsortivo para desorber al menos una porción de dicho componente de dióxido de carbono adsorbido en dicho al menos un material adsorbente.

29. El sistema de separación adsortiva de gas integrado (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 28, en el que dicho al menos un material adsorbente se selecciona de y cualquier combinación de la lista que comprende: adsorbente de carbón activado; sal de metal; hidróxido de metal; óxido de metal; zeolita; hidrotalcita; silicalita; materiales adsorbentes con estructura orgánica de metal y estructura de imadazolato zeolítico; y soportes adsorbentes impregnados con amina que comprenden sílice, carbón activado, alúmina, zeolita, soportes poliméricos y cerámicos.

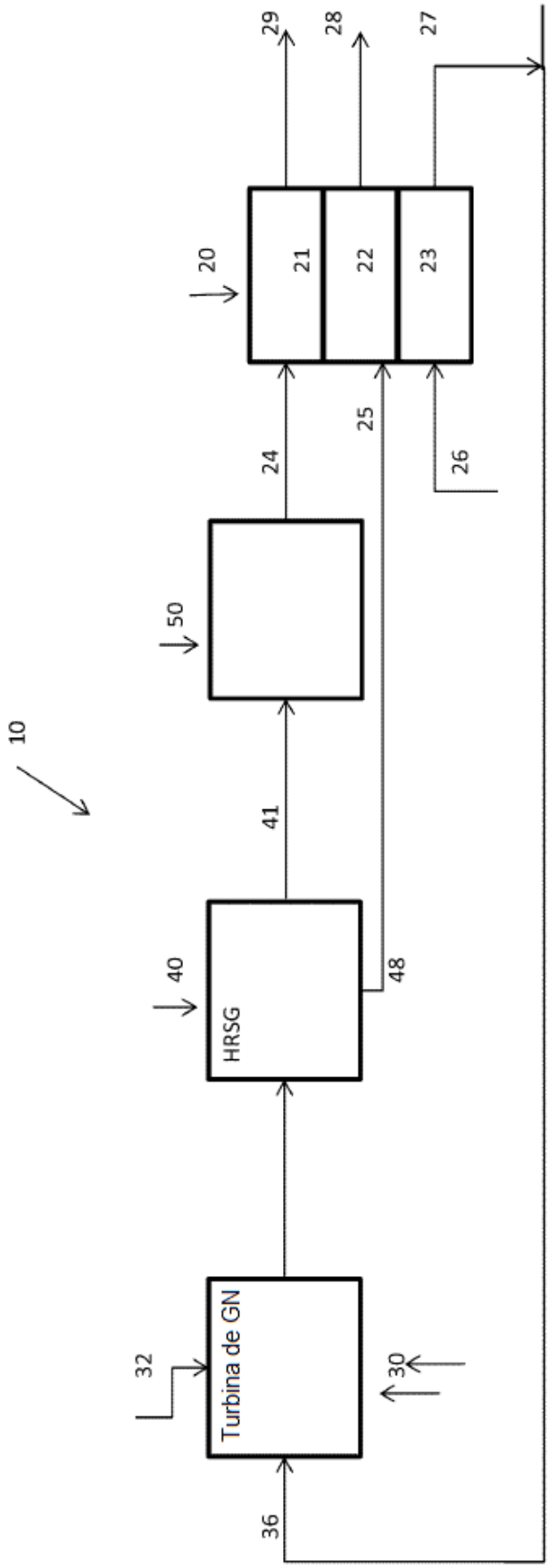
10
32
Turbina de GN
30
36
40
HRSG
41
48
50
24
25
20
21
22
23
26
29
28
27

Figura 1

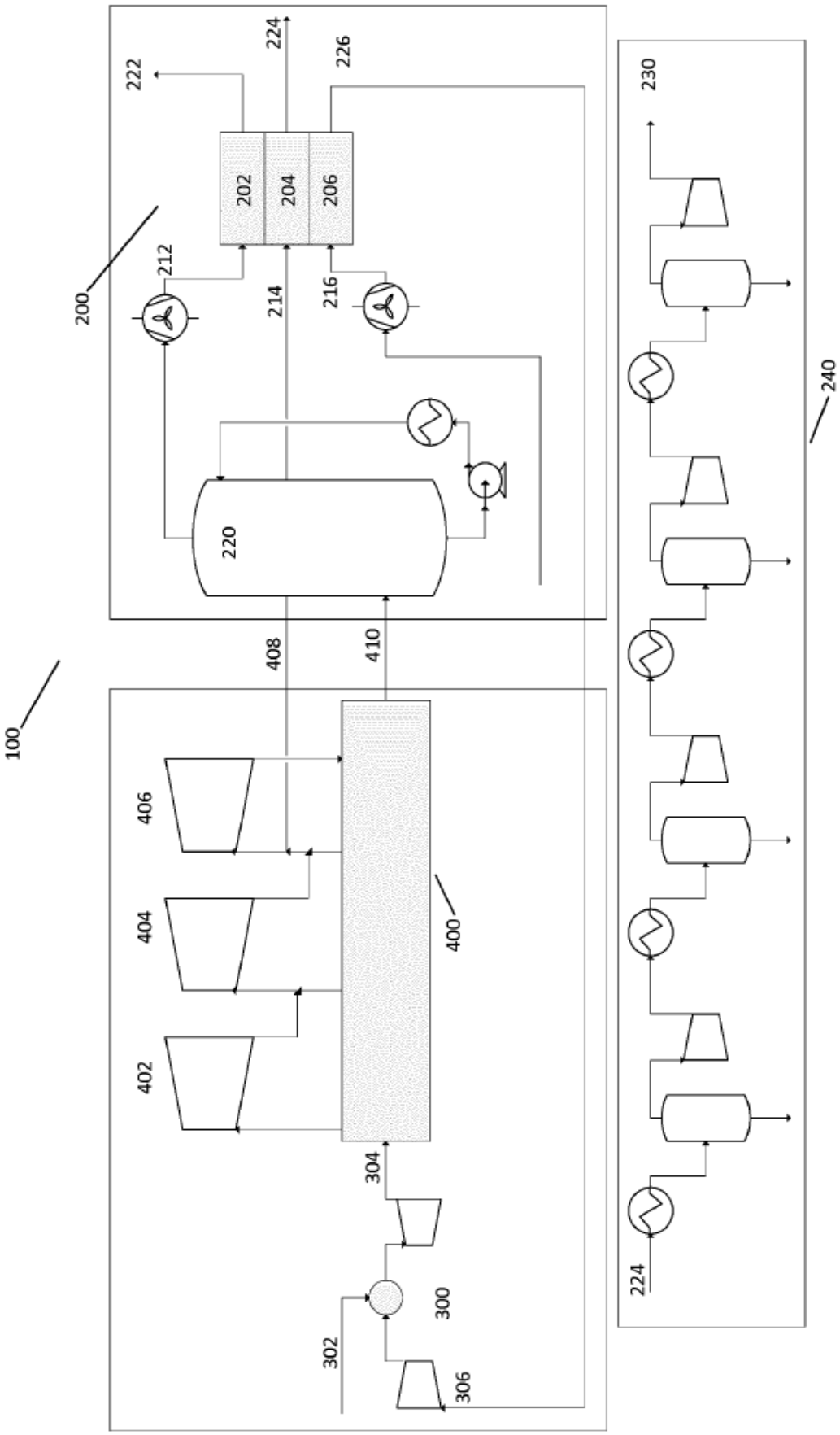
100
200
202
204
206
212
214
216
220
222
224
226
230
240
300
302
304
306
400
402
404
406
408
410

FIG. 2

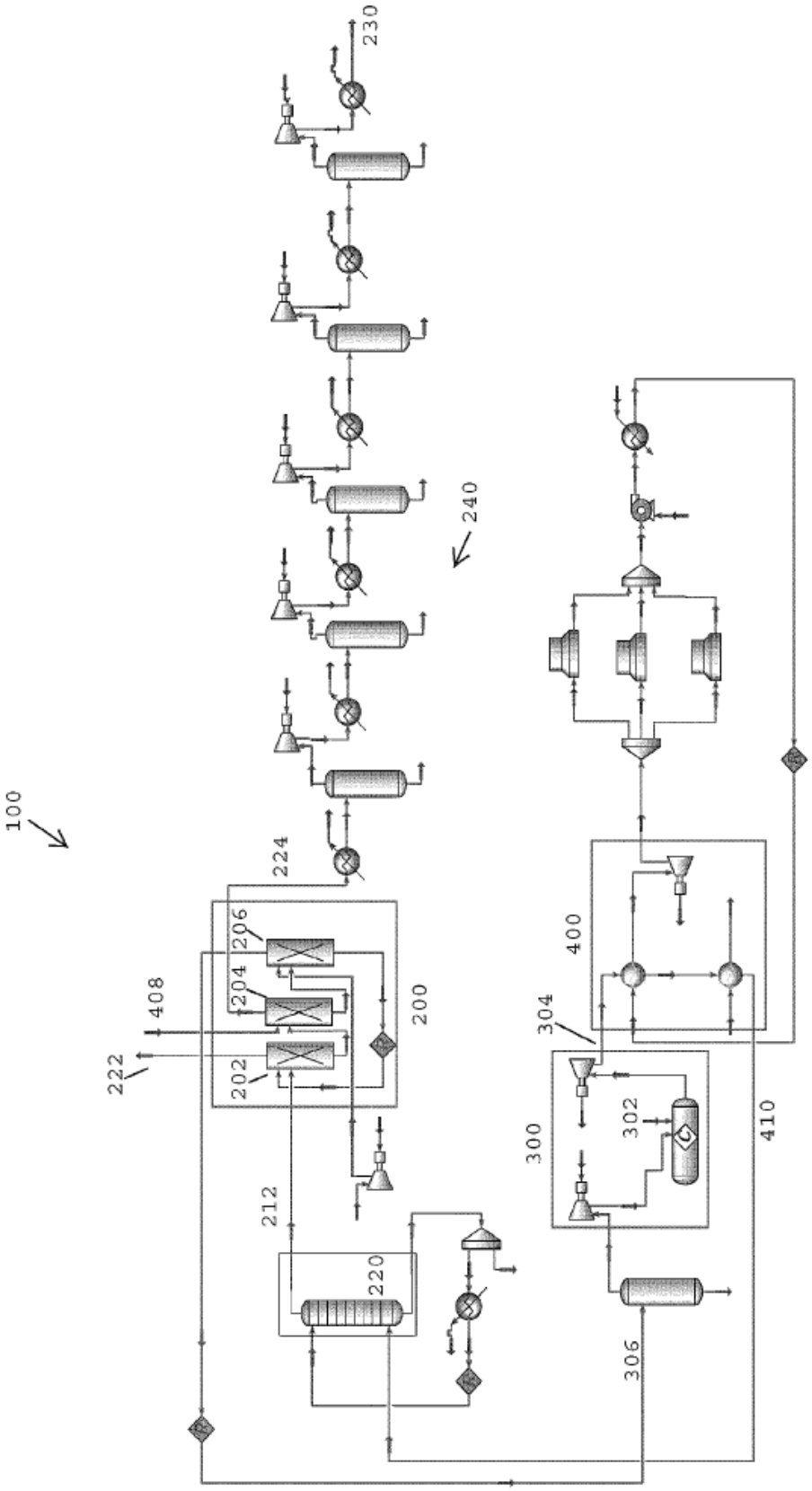
100
230
240
224
206
204
202
408
222
200
212
220
400
304
300
302
410
306

FIG. 3

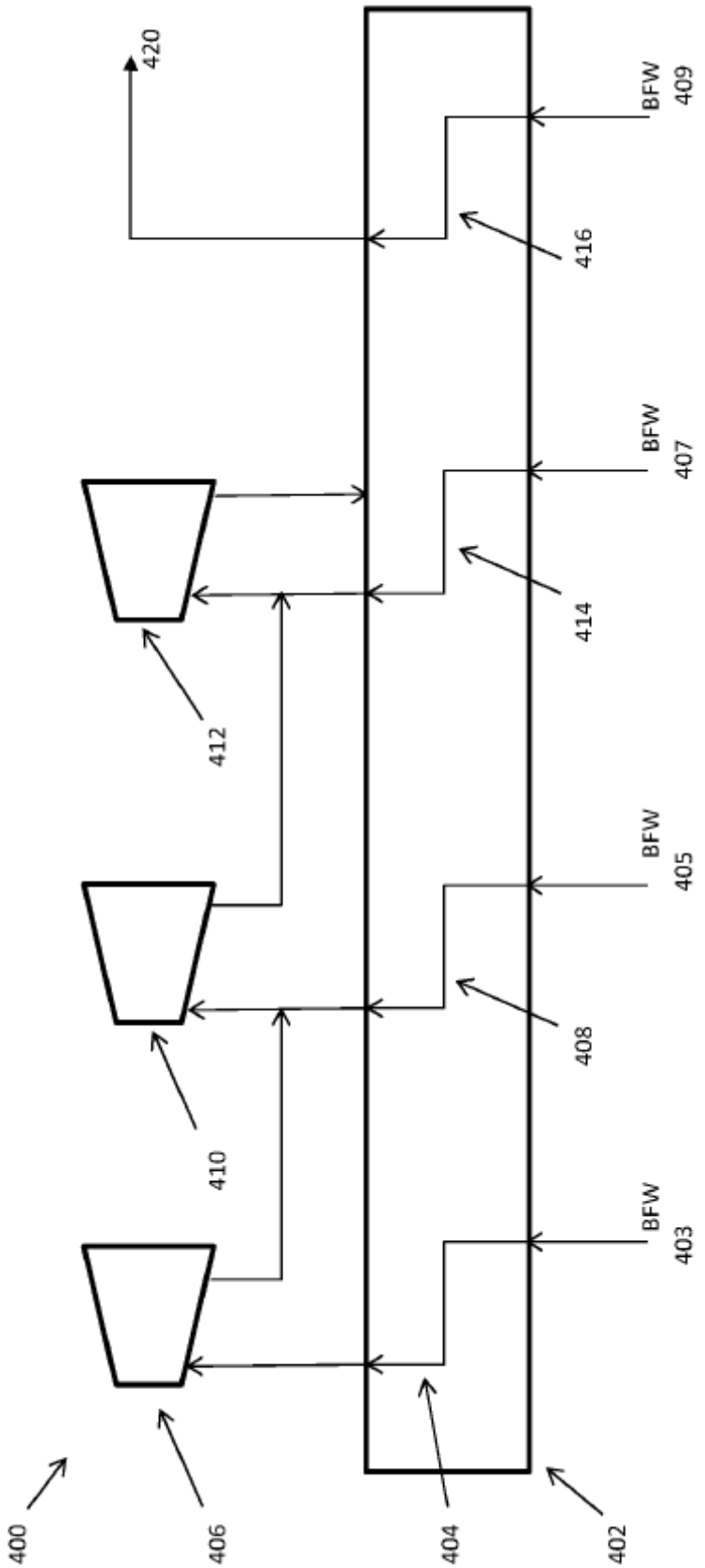
400
406
404
402
410
412
408
414
416
420
BFW
403
BFW
405
BFW
407
BFW
409

FIG. 4