

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 478 877**

51 Int. Cl.:

C01B 3/48 (2006.01)

C01B 3/56 (2006.01)

C10J 3/00 (2006.01)

F02C 3/28 (2006.01)

C01B 31/20 (2006.01)

B01D 53/047 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2010 E 10760645 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2014 EP 2485980**

54 Título: **Procedimiento para hacer funcionar un proceso de central de energía IGCC con separación de CO₂ integrada**

30 Prioridad:

30.09.2009 DE 102009043499

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

23.07.2014

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP UHDE GMBH (100.0%)
Friedrich-Uhde-Strasse 15
44141 Dortmund, DE**

72 Inventor/es:

MENZEL, JOHANNES

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 478 877 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para hacer funcionar un proceso de central de energía igcc con separación de CO₂ integrada

5 La invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar un proceso de central de energía IGCC con separación de CO₂ integrada. IGCC son las siglas de la denominación inglesa "Integrated Gasification Combined Cycle", o ciclo combinado con gasificación integrada. Las centrales de energía IGCC son centrales de energía con turbinas de gas y de vapor combinadas a las que se ha acoplado delante una etapa de gasificación de combustibles fósiles, en particular una etapa de gasificación de carbón.

10 La gasificación es un proceso que genera, a partir de combustibles fósiles, un gas de síntesis que contiene CO y H₂. El gas de síntesis se somete a una conversión de CO en la cual se hace reaccionar con vapor de agua el monóxido de carbono contenido en el gas de síntesis para dar dióxido de carbono e hidrógeno. Después de la conversión, el gas de síntesis se compone principalmente de dióxido de carbono e hidrógeno. Mediante lavadores químicos o físicos de gas se puede eliminar el dióxido de carbono del gas de síntesis. El gas de síntesis rico en hidrógeno se quema después en una turbina de gas. Con este concepto para la eliminación de dióxido de carbono, la eficiencia global empeora en cerca de 10 puntos porcentuales con respecto a una central de energía de turbinas de gas y de vapor convencional sin eliminación de CO₂.

15 Es conocido a partir del documento EP 0 262 894 B1 un procedimiento para separar y obtener CO₂ de un combustible que, además de hidrocarburos, contiene H₂ y CO₂, en el cual el gas de alimentación se separa, por medio de una adsorción con oscilación de presión (PSA, siglas de la denominación inglesa "pressure swing adsorption") en una fracción de hidrógeno técnicamente puro y una fracción rica en CO₂, conteniendo la fracción rica en CO₂ también gases combustibles y, en particular, H₂, y siendo quemada la fracción rica en CO₂ procedente de la instalación de PSA en una caldera separada usando oxígeno técnicamente puro. En este caso, el calor residual se puede utilizar, por ejemplo, para la generación de vapor de agua.

25 Es conocido a partir del documento US-2007/017 8035 A1 un procedimiento para hacer funcionar un proceso de central de energía IGCC con separación integrada de CO₂. En el procedimiento conocido se produce a partir de combustibles fósiles un gas de síntesis que contiene CO y H₂, siendo transformada al menos una corriente parcial del gas de síntesis, en una etapa de conversión de CO por medio de vapor de agua, en H₂ y CO₂. El gas de proceso resultante que contiene H₂ y CO₂ es separado mediante adsorción con oscilación de presión (instalación de PSA) en una fracción de hidrógeno técnicamente puro y una fracción rica en CO₂, conteniendo la fracción rica en CO₂ también gases combustibles tales como CO y H₂. El hidrógeno resultante se quema en una turbina de gas utilizada para la generación de energía eléctrica, mientras que el gas de escape de la turbina de gas se aprovecha en una caldera de calor residual para generar vapor de agua, que se expande en un proceso de turbinas de vapor igualmente aprovechado para la generación de energía eléctrica. La fracción rica en CO₂ procedente de la adsorción con oscilación de presión, que es liberada por la reducción de presión cíclica en la instalación de adsorción con oscilación de presión (PSA) y se designa en lo sucesivo como "gas de salida de PSA", se quema en una caldera separada usando oxígeno técnicamente puro. Después se aprovecha mediante intercambio térmico el calor residual del gas de chimenea compuesto de CO₂ y productos de combustión. En el procedimiento conocido, el calor residual del gas de chimenea se utiliza para precalentar la corriente de hidrógeno utilizada en el proceso de turbinas de gas.

40 El documento WO 2006/112 725 A1 describe también un procedimiento con las características antes descritas. La fracción rica en CO₂ procedente de la adsorción con oscilación de presión se utiliza como gas combustible para calentar un reformador de vapor de agua, con el cual se genera gas de síntesis. El gas de chimenea generado durante la combustión se compone esencialmente de CO₂ y vapor de agua. El vapor de agua es separado, y la corriente residual, compuesta esencialmente de CO₂, es llevada a un almacenamiento final o recuperación.

45 La temperatura de los gases de escape de la turbina de gas de un proceso de IGCC habitual se sitúa en unos 600°C. No son posibles temperaturas de gas de escape más altas con las turbinas de gas convencionales, en particular por razones técnicas relacionadas con el material. Por tanto, mediante el aprovechamiento del calor residual de una turbina de gas, al proceso de turbinas de vapor sólo se puede proporcionar un vapor de agua con una temperatura máxima de 550°C. Tampoco se puede utilizar la alta temperatura de gasificación producida durante la generación de gas de síntesis para un mayor sobrecalentamiento del vapor de agua, ya que el gas de síntesis reduce los materiales de la caldera de vapor de agua, lo que daría como resultado un deterioro permanente de la caldera. Un proceso de central de energía IGCC convencional acepta que el proceso de turbinas de vapor es hecho funcionar con parámetros de vapor (presión y temperatura de sobrecalentamiento) que no corresponden al nivel de una central de energía a base de carbón moderna.

50 En este contexto, es misión de la invención mejorar la eficiencia global de una central de energía IGCC con

separación integrada de CO₂.

Es objeto de la invención y solución de esta misión un procedimiento según la reivindicación 1. Partiendo de un procedimiento con las características descritas al principio y en el preámbulo de la reivindicación 1, la misión se resuelve de acuerdo con la invención produciendo, mediante la combustión de la fracción rica en CO₂ generada en la adsorción con oscilación de presión, un gas de chimenea con una temperatura de gas de chimenea superior a 1000 °C que se utiliza para sobrecalentar el vapor de agua producido en la caldera de calor residual acoplada detrás de la turbina de gas y/o para generar un vapor a mayor presión para el proceso de turbinas de vapor, y produciendo a partir del calor residual de la turbina de gas y del calor residual del gas de chimenea generado en la combustión de la fracción rica en CO₂, un vapor de agua a alta presión sobrecalentado con una presión superior a 120 bar y una temperatura superior a 520 °C, preferiblemente superior a 550 °C, para el proceso de turbinas de vapor.

Mediante la combustión efectuada con oxígeno del gas de salida de PSA en una caldera separada se dispone de un gas de chimenea compuesto esencialmente de CO₂ y vapor de agua, con una temperatura superior a 1000 °C. Mediante el aprovechamiento del calor residual de este gas de la chimenea, es posible un sobrecalentamiento del vapor de agua mayor en comparación con los procesos de IGCC habituales, por ejemplo hasta 600 a 700 °C, de manera que, en consecuencia, mediante el modo de proceder de acuerdo con la invención se puede mejorar significativamente la eficiencia del proceso de turbinas de vapor de la instalación de IGCC. Preferiblemente, está previsto un sobrecalentamiento a más de 550 °C. Con esto se compensa, al menos parcialmente, una pérdida inevitable de eficiencia del proceso de turbinas de gas, que es causada por la falta en el gas de síntesis del gas de salida de PSA. Por lo tanto, en el caso de aplicar las enseñanzas de la invención, la eficiencia global de una central de energía IGCC con separación integrada de dióxido de carbono empeora de una manera insignificante en comparación con una central de energía IGCC convencional sin separación de dióxido de carbono.

En el procedimiento de acuerdo con la invención se utiliza una instalación de adsorción con oscilación de presión (PSA) para separar el gas de síntesis convertido en una fracción rica en dióxido de carbono y una fracción rica en hidrógeno. Para ello, el gas de síntesis convertido fluye a alta presión a un primer adsorbedor. El dióxido de carbono contenido en el gas es adsorbido. El hidrógeno tiene escasa interacción con la masa adsorbente y pasa en gran medida sin obstáculo a través del primer equipo de adsorción. Cuando la capacidad de captación del agente adsorbente está agotada, se desvía la corriente de gas de síntesis a un segundo adsorbedor. Mientras, el primer adsorbedor es regenerado mediante el alivio de la presión, con lo que el dióxido de carbono sale del agente adsorbente. El gas que es liberado durante el alivio de presión es denominado "gas de salida de PSA". No se puede evitar que una parte del hidrógeno contenido en el gas de síntesis aportado, por ejemplo 15% de la cantidad de hidrógeno aportada con el gas de síntesis, llegue al gas de salida de PSA, con lo cual empeora la eficiencia de la generación de gas de síntesis. Por lo tanto, el gas de salida de PSA se compone ciertamente en gran medida de dióxido de carbono, pero también contiene porciones de hidrógeno y monóxido de carbono. Debido al alto contenido de dióxido de carbono, el gas de salida de PSA no puede ser utilizado para una combustión térmica convencional con aire.

En el procedimiento de acuerdo con la invención, el gas de salida de PSA rico en CO₂ es quemado con oxígeno técnicamente puro. Puesto que el dióxido de carbono tiene una mayor capacidad calorífica molar que el nitrógeno, se obtiene una temperatura de combustión que, a pesar del empleo de oxígeno puro, corresponde aproximadamente a la temperatura de combustión de un combustible fósil con aire. Por lo tanto, se pueden utilizar hornos convencionales que están diseñados para la combustión de combustibles fósiles con aire.

El gas de chimenea que procede de la combustión del gas de salida de PSA efectuada con oxígeno se compone casi exclusivamente de dióxido de carbono y vapor de agua. Se ha demostrado en este caso que es particularmente ventajoso evitar, ya durante la generación del gas de síntesis, que llegue nitrógeno al gas de síntesis. Preferiblemente, en este caso se utiliza dióxido de carbono para los procesos de transferencia y de purga, en lugar de nitrógeno.

Después de la combustión del gas de salida de PSA rico en CO₂ efectuada con oxígeno técnicamente puro y del aprovechamiento del calor residual de acuerdo con la invención para la mejora de los parámetros de vapor relacionados con el proceso de turbinas de vapor, se enfría el vapor de agua contenido en el gas de chimenea y se condensa, de manera que queda disponible después una fracción de dióxido de carbono puro. Esta última puede ser enviada a un almacenamiento final o bien se puede utilizar para una "recuperación mejorada de petróleo" en donde se introduce a presión el dióxido de carbono en un yacimiento de petróleo, con lo que la presión aumenta y el petróleo residual es forzado hacia la superficie.

Gracias a la utilización de acuerdo con la invención del calor residual, se puede generar sin más un vapor de agua a alta presión, con una presión superior a 200 bar, con el cual se puede hacer funcionar con buena eficiencia el

proceso de turbinas de vapor.

En el marco del proceso de turbinas de vapor, se puede emplear una turbina de vapor que esté configurada con varias etapas y tenga al menos una parte de alta presión y una parte de baja presión. En una turbina de vapor semejante puede estar previsto que por medio del gas de chimenea generado en la combustión de la fracción rica en CO₂, se lleve a cabo un sobrecalentamiento intermedio del vapor de expansión procedente de la parte de alta presión hasta una temperatura superior a 520°C, preferiblemente superior a 550 °C.

Después del procedimiento de acuerdo con la invención, queda una corriente residual que se compone sustancialmente de CO₂. Aquí existe la posibilidad de descargar a través de esclusas una parte del CO₂ generado y, por ejemplo en el caso de la producción de gas de síntesis a partir de combustibles fósiles, emplearlo para el transporte de los combustibles y/o con fines de purga e inertización.

De acuerdo con la invención, el gas de chimenea producido en la combustión de la fracción rica en CO₂ se utiliza para sobrecalentar el vapor de agua generado en la caldera de calor residual acoplada detrás de la turbina de gas y/o para generar un vapor a mayor presión para el proceso de turbinas de vapor. Para lograr un aumento adicional de la eficiencia, el calor residual todavía contenido en la fracción rica en CO₂ se puede utilizar después para precalentar la fracción rica en CO₂ antes de su combustión, y/o para precalentar el oxígeno técnicamente puro aportado para la combustión.

El aprovechamiento térmico del calor que se libera durante la combustión con oxígeno puro del gas de salida de PSA rico en CO₂ tiene lugar preferiblemente en una caldera para generación de vapor de agua. Si la temperatura de combustión durante la combustión del gas de salida de PSA no se corresponde con la temperatura de caldera necesaria, ello se puede corregir mediante diversas medidas que se describen en las reivindicaciones 6 a 13 y se explican a continuación.

Ha resultado ser particularmente ventajoso ajustar la temperatura de combustión por medio de la proporción de gas de síntesis que es alimentado a la conversión de CO. Si la temperatura de caldera es demasiado baja, se reduce la proporción de gas de síntesis que es alimentado a la conversión, de manera que una mayor proporción del gas de síntesis es enviada más allá de la conversión de CO por puenteo parcial de la misma. Si la temperatura de caldera es demasiado alta, se incrementa la proporción de gas de síntesis que es alimentado a la conversión, y una proporción menor del gas de síntesis es enviada más allá de la conversión de CO por puenteo parcial. En el caso de una temperatura de caldera demasiado alta, también es posible someter a conversión todo el gas de síntesis.

La temperatura de combustión puede ser ajustada, además, por medio del grado de transformación en la conversión de CO, estando prevista una conversión de CO de una sola etapa, de dos etapas o de tres etapas. También es posible influir en el grado de transformación por modificación de la temperatura en el reactor de conversión. Cuanto mayor es la transformación de monóxido de carbono en dióxido de carbono, menor es la temperatura de combustión que se obtiene en la combustión del gas de salida de PSA efectuada con oxígeno.

Otra posibilidad para influir en la temperatura de combustión consiste en una recirculación parcial de los gases de combustión que proceden de la combustión del gas de salida de PSA efectuada con oxígeno. Cuanto mayor es la proporción de los gases de combustión que se recircula a la combustión, más disminuye la temperatura de combustión.

Otra variante de procedimiento del procedimiento de acuerdo con la invención prevé que la temperatura del gas de chimenea de la combustión de gas de salida de PSA sea incrementada mediante el aporte de gas de síntesis o el aporte de gas combustible desde otras fuentes de gas combustible. Asimismo es posible, mediante el aporte de una parte de la fracción rica en hidrógeno a la combustión, elevar la temperatura de la reacción de la fracción rica en CO₂ con oxígeno. Además, se pueden aportar a la combustión del gas de salida de PSA efectuada con oxígeno gases de bajo poder calorífico que son generados en el proceso de IGCC.

Ventajosamente, ya durante la preparación del gas de síntesis se lleva a cabo una desulfuración. Además, la desulfuración puede tener lugar antes o después de la conversión de CO. El gas residual generado en la combustión del gas de salida de PSA efectuada con oxígeno se compone entonces casi exclusivamente de dióxido de carbono y vapor de agua, puesto que la desulfuración ya se llevó a cabo durante la preparación del gas de síntesis.

Para que el gas residual generado en la combustión de la fracción rica en CO₂ se componga sustancialmente sólo de dióxido de carbono y agua, preferiblemente ya el gas de síntesis bruto es producido exento de nitrógeno. Ha resultado ventajoso utilizar para la producción de gas de síntesis crudo reacciones de escisión con vapor de agua en las que no participe nada de nitrógeno o bien, en el caso de oxidaciones parciales, utilizar oxígeno puro para

producir el gas de síntesis crudo. Por otra parte, se prefiere utilizar dióxido de carbono en lugar de nitrógeno para procesos de transferencia por esclusa y de purga. Ha resultado particularmente ventajoso en la producción de gas de síntesis mediante gasificación del carbón utilizar dióxido de carbono para el transporte del carbón y las operaciones de purga.

- 5 También se encuentra dentro del marco de la invención renunciar a una desulfuración en la ruta del gas de síntesis y desulfurar el gas de chimenea generado en la combustión de gas de salida de PSA por medio de una desulfuración convencional de gas de chimenea.

- 10 Dado que, en esta variante del procedimiento, el gas de síntesis no es desulfurado, todos los componentes sulfúreos llegan al gas de salida de PSA junto con los demás componentes del gas de salida de PSA. En la combustión de gas de salida de PSA, los componentes sulfúreos se convierten en SO_x . Los componentes de SO_x son separados del gas residual que contiene CO_2 mediante una desulfuración convencional de gas de chimenea, por ejemplo un lavado con caliza con producción de yeso. Como alternativa, también existe la posibilidad de eliminar los componentes sulfúreos contenidos en el gas de salida de PSA antes de la combustión con oxígeno técnicamente puro.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para hacer funcionar un proceso de central de energía IGCC con separación de CO₂ integrada, en donde se produce a partir de combustibles fósiles un gas de síntesis que contiene CO y H₂, en donde se transforma al menos una corriente parcial del gas de síntesis, en una etapa de conversión de CO por medio de vapor de agua, en H₂ y CO₂, en donde se separa el gas de proceso resultante que contiene CO₂ y H₂, mediante una adsorción con oscilación de presión (PSA) en hidrógeno técnicamente puro y una fracción rica en CO₂ que también contiene gases combustibles tales como CO y H₂, en donde se quema el hidrógeno resultante en al menos una turbina de gas utilizada para la generación de energía eléctrica, en donde se aprovecha el gas de escape de la turbina de gas en una caldera de calor residual para generar vapor de agua, que es expandido en un proceso de turbinas de vapor igualmente aprovechado para la generación de energía eléctrica, en donde se quema en una caldera separada con oxígeno técnicamente puro la fracción rica en CO₂ procedente de la adsorción con oscilación de presión, y se aprovecha mediante intercambio térmico el calor residual del gas de chimenea compuesto de CO₂ y productos de combustión, en donde se separa vapor de agua del gas de chimenea resultante de la combustión de la fracción rica en CO₂ y se lleva una corriente residual, compuesta esencialmente de CO₂, a un almacenamiento final o recuperación, caracterizado por que mediante la combustión de la fracción rica en CO₂ resultante de la adsorción con oscilación de presión se genera un gas de chimenea con una temperatura de gas de chimenea superior a 1000°C que se utiliza para sobrecalentar el vapor de agua producido en la caldera de calor residual acoplada detrás de la turbina de gas y/o para generar un vapor a mayor presión para el proceso de turbinas de vapor, y porque a partir del calor residual de la turbina de gas y el calor residual del gas de chimenea generado en la combustión de la fracción rica en CO₂, se produce un vapor de agua a alta presión sobrecalentado con una presión superior a 120 bar y una temperatura superior a 520°C, para el proceso de turbinas de vapor.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se produce un vapor de agua a alta presión con una presión superior a 200 bar para el proceso de turbinas de vapor.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que para el proceso de turbinas de vapor se emplea una turbina de vapor que tiene al menos una parte de alta presión y una parte de baja presión y que por medio del gas de chimenea generado en la combustión de la fracción rica en CO₂, se lleva a cabo un sobrecalentamiento intermedio del vapor de expansión procedente de la parte de alta presión hasta una temperatura superior a 520°C.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que en la producción del gas de síntesis a partir de combustibles fósiles se emplea CO₂ para el transporte de los combustibles y/o con fines de purga y de inertización, a fin de producir el gas de síntesis exento de nitrógeno.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el gas de chimenea generado en la combustión de la fracción rica en CO₂, tras el sobrecalentamiento del vapor de agua producido en la caldera de calor residual acoplada detrás de la turbina de gas o bien tras la producción de un vapor de agua a mayor presión para el proceso de turbinas de gas, se aprovecha para un precalentamiento de la fracción rica en CO₂ antes de su combustión y/o para un precalentamiento del oxígeno técnicamente puro aportado.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la temperatura de combustión en la combustión de la fracción rica en CO₂ es controlada mediante el contenido de gases combustibles en la fracción rica en CO₂.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que se envía en un puenteo una corriente parcial del gas de síntesis más allá de la etapa de conversión de CO y porque mediante el control de la corriente cuantitativa enviada en el puenteo se regula la temperatura de combustión resultante en la combustión de la fracción rica en CO₂.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que para reducir la temperatura del gas de chimenea se recicla una corriente parcial de gas residual desde la fracción rica en CO₂ a la caldera para la combustión de la fracción rica en CO₂.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que la temperatura del gas de chimenea resultante en la combustión de la fracción rica en CO₂ es incrementada por el aporte de gas de síntesis o el aporte

de gas combustible desde otras fuentes de gas combustible.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que se desulfura el gas de síntesis antes de la conversión de CO.

5 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que se desulfura el gas de síntesis después de la conversión de CO.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que los componentes sulfúreos contenidos en el gas de síntesis llegan a la fracción rica en CO₂ producida por reducción de la presión en la adsorción por oscilación de presión, siendo desulfurada la fracción rica en CO₂ antes de la combustión con el oxígeno técnicamente puro.

10 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que los componentes sulfúreos contenidos en el gas de síntesis llegan a la fracción rica en CO₂ producida por reducción de la presión en la adsorción por oscilación de presión y en la combustión de la fracción rica en CO₂ se transforman en SO_x, y porque los componentes de SO_x son separados del gas de chimenea que contiene CO₂ mediante una desulfuración de gas de chimenea.