

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 542 975**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/00** (2006.01)  
**B01D 53/75** (2006.01)  
**C01B 31/20** (2006.01)  
**F23J 15/00** (2006.01)  
**F23J 15/06** (2006.01)  
**F25J 3/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2011 E 11150940 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2015 EP 2476475**

54 Título: **Un método de depuración de un gas que contiene dióxido de carbono, y un sistema de purificación de dióxido de carbono**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.08.2015**

73 Titular/es:  
**ALSTOM TECHNOLOGY LTD (100.0%)**  
**Brown Boveri Strasse 7**  
**5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:  
**STALLMANN, OLAF**

74 Agente/Representante:  
**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 542 975 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**

Un método de depuración de un gas que contiene dióxido de carbono, y un sistema de purificación de dióxido de carbono.

Campo de la Invención

- 5 La presente invención se refiere a un método de depuración de un gas rico en dióxido de carbono generado en una caldera que quema un combustible en presencia de un gas que contiene oxígeno gaseoso.

La presente invención se refiere adicionalmente a un sistema de purificación de gases para depurar un gas rico en dióxido de carbono generado en un sistema de la caldera que comprende una caldera para quemar un combustible en presencia de un gas que contiene oxígeno gaseoso.

10 Antecedentes de la Invención

En la combustión de un combustible, tal como carbón, petróleo, turba, residuos, etc., en una planta de combustión, tal como una central de energía eléctrica, se genera un gas de proceso caliente, comprendiendo dicho gas de proceso, entre otros componentes, dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Con las exigencias ambientales crecientes, se han desarrollado diversos procesos para separar el dióxido de carbono del gas de proceso. Uno de tales procesos es el denominado proceso oxi-fuel. En un proceso oxi-fuel, un combustible como tal como uno de los combustibles arriba mencionados, se quema en presencia de un gas pobre en nitrógeno. El oxígeno gaseoso, que es proporcionado por una fuente de oxígeno, se suministra a una caldera en la cual el oxígeno gaseoso oxida el combustible. En el proceso de combustión oxi-fuel, se produce un gas de chimenea rico en dióxido de carbono, que puede ser eliminado a fin de reducir la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera.

- 15 20 Antes de ser eliminado, es necesario depurar el dióxido de carbono gaseoso. WO 2010/021053 da a conocer un sistema de depuración de gas en el cual un gas de proceso caliente generado en una caldera se somete a separación de los óxidos de nitrógeno, el polvo, y el dióxido de azufre. El gas de proceso caliente, que es un gas rico en dióxido de carbono, se somete luego a un paso de separación de mercurio para depurar el gas rico en dióxido de carbono antes de la eliminación del mismo.

- 25 EP 1.790.614 A1 da a conocer una planta para purificación de gas de chimenea en la cual un gas de chimenea se comprime y se enfría luego, después de lo cual se suministra a una columna para separación de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y mercurio por absorción. El gas resultante se comprime luego adicionalmente y se enfría para ser suministrado después a una segunda columna para separación final de NO<sub>x</sub> y por último a un secador.

- 30 FR 2.918.578 da a conocer un método para purificación de una corriente de gas que comprende comprimir la corriente de gas, separar las impurezas contenidas en la corriente de gas utilizando cambiadores de calor y separadores y recuperar una corriente rica en CO<sub>2</sub>. Adicionalmente, se separan también de la corriente de gas NO<sub>x</sub> y/o agua.

Sumario de la Invención

- 35 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de depuración de un gas de chimenea rico en dióxido de carbono generado en una caldera que quema un combustible en presencia de un gas que contiene oxígeno gaseoso, siendo el método más eficiente que el método de la técnica anterior.

Este objeto se consigue por medio de un método de depuración conforme a la reivindicación 1.

- 40 Una ventaja de este método es que tanto la adsorción del mercurio como la separación del vapor de agua pueden realizarse a temperaturas eficaces para la operación respectiva. Adicionalmente, no hay necesidad alguna de calentar el gas entre las dos operaciones, reduciendo con ello el consumo de energía.

- 45 Conforme a una realización, el paso de enfriamiento del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono a una primera temperatura comprende enfriar a una primera temperatura que es más alta que la temperatura del punto de rocío con respecto al vapor de agua del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono. Una ventaja de esta realización es que se evita la condensación del vapor de agua en el adsorbedor de mercurio. Dicha condensación podría ser perjudicial para la eficiencia y la vida del adsorbedor de mercurio y los materiales activos utilizados en él.

- 50 Conforme a una realización, el paso de enfriamiento del gas a una primera temperatura comprende enfriar el gas a una primera temperatura que es 5 a 30°C más alta que la temperatura del punto de rocío con respecto al vapor de agua del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono. El enfriamiento a una temperatura inferior a 5°C por encima de la temperatura del punto de rocío es menos atractivo, dado que el riesgo de condensación del vapor de agua aumenta. El enfriamiento a una temperatura más de 30°C por encima de la temperatura del punto de rocío es también menos atractivo, dado que la eficiencia de la adsorción de mercurio disminuye.

5 Conforme a una realización, el paso de enfriamiento ulterior del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono a una segunda temperatura, que es menor que la primera temperatura, comprende enfriar a una segunda temperatura que es más baja que la temperatura del punto de rocío con respecto al vapor de agua del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono. Una ventaja de esta realización es que se produce cierta condensación del vapor de agua, lo cual aumenta la eficiencia del secador situado aguas abajo.

10 Conforme a una realización, el paso de enfriamiento ulterior del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono comprende enfriar a una segunda temperatura que es 0 a 40°C más alta que la temperatura de formación de hidratos de dióxido de carbono del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono. El enfriamiento a una temperatura que es más baja que la temperatura de formación de hidratos de dióxido de carbono es menos atractivo, dado que la formación de hidratos de dióxido de carbono sólido puede ser perjudicial para la operación de un refrigerante en el que tiene lugar el paso de enfriamiento ulterior del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono. El enfriamiento a una temperatura más de 40°C por encima de la temperatura de formación de hidratos de dióxido de carbono es también menos atractivo, dado que la eficiencia de adsorción del vapor de agua en el secador de gas se hace menos eficiente, dando como resultado la necesidad de un secador innecesariamente grande y costoso.

20 Conforme a una realización, el paso de compresión del gas de chimenea rico en dióxido de carbono implica calentar, por medio de la compresión del gas, el gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono a una temperatura que es mayor que la primera temperatura. Una ventaja de esta realización es que el calor de compresión se utiliza para obtener una temperatura inicial, a partir de la cual el gas puede enfriarse a las temperaturas primera y segunda. Por tanto, no es necesario calentamiento adicional alguno durante la operación normal.

25 Conforme a una realización, la compresión del gas de chimenea rico en dióxido de carbono implica calentar, por medio de la compresión del gas, el gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono a una temperatura de 60 a 270°C. Una ventaja de esta realización es que a menudo es alcanzable una temperatura de 60 a 270°C como resultado de la compresión por un compresor que opera eficientemente para comprimir el gas de chimenea rico en dióxido de carbono. Una temperatura menor que 60°C después de la compresión significa a menudo que la compresión ha dado como resultado una presión bastante baja del gas comprimido. Por tanto, serían necesarias más etapas de compresión. Una temperatura mayor que 270°C después de la compresión a menudo que la compresión ha sido menos eficiente energéticamente, dando como resultado pérdidas de calor excesivas.

30 Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un sistema de purificación para depurar un gas de chimenea rico en dióxido de carbono generado en una caldera que quema un combustible en presencia de un gas que contiene oxígeno gaseoso, siendo el sistema de purificación más eficiente que los sistemas de la técnica anterior.

Este objeto se consigue por medio de un sistema de purificación de gas conforme a la reivindicación 7.

35 Una ventaja de este sistema de purificación es que el mismo es muy eficiente con relación a los costes de inversión y operación. No es necesario incluir un calentador separado, y los requerimientos de potencia de calentamiento son limitados.

40 Conforme a una realización, el sistema de purificación comprende adicionalmente un sistema de control que comprende un sensor que mide la temperatura del gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado aguas abajo del primer refrigerante de gas, comprendiendo el sistema de control adicionalmente un dispositivo de control que controla el primer refrigerador de gas teniendo en cuenta la temperatura de medida. Una ventaja de esta realización es que la misma hace posible controlar muy exactamente la temperatura de operación del adsorbedor de mercurio.

45 Conforme a una realización, el sistema de purificación comprende una trampa de agua dispuesta entre el segundo refrigerante de gas y el secador de gas para recoger agua líquida procedente del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono enfriado adicional. Una ventaja de esta realización es que la carga de agua en el secador de gas puede reducirse. Por tanto, el tamaño del secador de gas puede minimizarse, proporcionando todavía el mismo contenido de agua residual en el gas de chimenea rico en dióxido de carbono que abandona el secador de gas.

50 Conforme a una realización, el sistema de purificación de gas comprende un sistema de calentamiento para dirigir un gas calentado a través del adsorbedor de mercurio antes de la puesta en marcha del sistema de purificación de gas. Una ventaja de esta realización es que el riesgo de condensación de vapor de agua dentro del adsorbedor de mercurio durante la puesta en marcha se reduce.

Objetos y características adicionales de la presente invención resultarán evidentes a partir de la descripción y las reivindicaciones.

#### Breve Descripción de los Dibujos

55 La invención se describirá a continuación con mayor detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

Fig. 1 es una vista lateral esquemática del sistema de la caldera.

Fig. 2 es una vista lateral esquemática de una unidad de compresión y purificación del gas.

Fig. 3 es una vista lateral esquemática de una unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio.

Fig. 4 es una vista lateral esquemática de un proceso de separación criogénica de dióxido de carbono.

## 5 Descripción de las Realizaciones Preferidas

Fig. 1 es una representación esquemática de un sistema de la caldera 1, como se ve desde un lado de la misma. El esquema de caldera 1 comprende, como componentes principales, una caldera 2, que es en esta realización una caldera oxi-fuel, un sistema de generación de energía eléctrica por turbina de vapor, indicado esquemáticamente como 4, y un sistema de depuración de gas 6. El sistema de depuración de gas 6 comprende un dispositivo de eliminación de partículas, que puede ser, por ejemplo, un filtro de tela o un precipitador electrostático 8, y un sistema de separación de dióxido de azufre, que puede ser un lavador húmedo 10.

Un combustible, tal como carbón, petróleo, o turba, está contenido en un almacenamiento de combustible 12, y puede suministrarse a la caldera 2 por una tubería de suministro 14. Una fuente de oxígeno gaseoso 16 es operativa para proporcionar oxígeno gaseoso de una manera que es conocida per se. La fuente de oxígeno gaseoso 16 puede ser una planta de separación de aire operativa para separar oxígeno gaseoso del aire, una membrana de separación de oxígeno, un tanque de almacenamiento, o cualquier otra fuente para proporcionar oxígeno gaseoso al sistema de la caldera 1. Un conducto de suministro 18 es operativo para dirigir el oxígeno gaseoso producido, que comprende típicamente 90-99,9% en volumen de oxígeno, O<sub>2</sub>, a la caldera 2. Un conducto 20 es operativo para dirigir el gas de chimenea recirculado, que contiene dióxido de carbono, a la caldera 2. Como se indica en Fig. 1, el conducto de suministro 18 une el conducto 20 aguas arriba de la caldera 2, de tal modo que el oxígeno gaseoso y el gas de chimenea recirculado, que contiene dióxido de carbono, pueden llegar a mezclarse uno con otro para formar una mezcla gaseosa que contiene típicamente alrededor de 20-50% en volumen de oxígeno gaseoso, siendo el resto principalmente dióxido de carbono y vapor de agua, aguas arriba de la caldera 2. Dado que prácticamente no entra cantidad alguna de aire en la caldera 2, prácticamente no existe nitrógeno gaseoso alguno suministrado a la caldera 2. En la operación práctica, menos de 3% en volumen del volumen de gas suministrado a la caldera 2 es aire, el cual entra principalmente en el sistema de la caldera 1 como fuga de aire por ejemplo, por la caldera 2 y el sistema de depuración de gas 6. La caldera 2 es operativa para quemar el combustible, es decir es suministrada por la tubería de suministro 14, en presencia del oxígeno gaseoso, mezclado con el gas de chimenea recirculado, que contiene dióxido de carbono, que debe suministrarse por el conducto 20. Un tubo de vapor 22 es operativo para dirigir vapor, que se produce en la caldera 2 como resultado de la combustión, al sistema 4 de generación de potencia eléctrica por turbina de vapor, que se operativo para la generación de potencia en forma de energía eléctrica.

Un conducto 24 es operativo para dirigir el gas de chimenea rico en dióxido de carbono generado en la caldera 2 al dispositivo de eliminación de polvo 8. Por "gas de chimenea rico en dióxido de carbono" se entiende que el gas de chimenea que sale de la caldera 2 por el conducto 24 contendrá al menos 40% en volumen de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>. A menudo más de 50% en volumen del gas de chimenea que sale de la caldera 2 será dióxido de carbono. Típicamente, el gas de chimenea que sale de la caldera 2 contendrá 50-80% en volumen de dióxido de carbono. El resto del "gas de chimenea rico en dióxido de carbono" será aproximadamente 15-40% en volumen de vapor de agua (H<sub>2</sub>O), 2,7% en volumen de oxígeno (O<sub>2</sub>), dado que a menudo se prefiere un ligero exceso de oxígeno en la caldera 2, y en total aproximadamente 0-10% en volumen de otros gases, con inclusión principalmente de nitrógeno (N<sub>2</sub>) y argón (Ar), dado que rara vez puede evitarse por completo cierta fuga de aire.

El gas de chimenea rico en dióxido de carbono generado en la caldera 2 puede comprender típicamente contaminantes en la forma de, por ejemplo, partículas de polvo, ácido clorhídrico, HCl, óxidos de azufre, SO<sub>x</sub>, y metales pesados, con inclusión de mercurio, Hg, que debe eliminarse, al menos parcialmente, del gas de chimenea rico en dióxido de carbono antes de la evacuación del dióxido de carbono.

El dispositivo de eliminación de polvo 8 elimina la mayor parte de las partículas de polvo del gas de chimenea rico en dióxido de carbono. Un conducto 26 es operativo para dirigir el gas de chimenea rico en dióxido de carbono desde el filtro de tela 8 al lavador húmedo 10 del sistema de depuración del gas 6. El lavador húmedo 10 comprende una bomba de circulación 28 que es operativa para circular, en una tubería de circulación de lodo 30, un líquido de absorción, que comprende por ejemplo piedra caliza, del fondo del lavador húmedo 10 a una serie de toberas 32 dispuestas en la porción superior del lavador húmedo 10. Las toberas de lodo 32 son operativas para distribuir finamente el líquido de absorción en el lavador húmedo 10 a fin de conseguir un contacto satisfactorio entre el líquido de absorción y el gas de chimenea que es dirigido al lavador húmedo 10 por la vía del conducto 26 y que fluye sustancialmente en dirección vertical hacia arriba dentro del lavador húmedo 10 para efectuar una separación eficiente del dióxido de azufre, SO<sub>2</sub>, y otros gases ácidos del gas de chimenea rico en dióxido de carbono.

Un gas de chimenea rico en dióxido de carbono al menos parcialmente depurado abandona el lavador húmedo 10 por un conducto 34 que dirige el gas de chimenea a un punto de división del gas 36, en donde el gas de chimenea rico en dióxido de carbono al menos parcialmente depurado se divide en dos flujos, a saber un primer flujo, que por

la vía del conducto 20 se recircula de nuevo a la caldera 2, y un segundo flujo, que por la vía de un conducto 38 se dirige a un sistema de purificación de gas en la forma de una unidad de compresión y purificación de gas (GPU) 40 del sistema de la caldera 1. En la GPU 40, el gas de chimenea depurado rico en dióxido de carbono se depura ulteriormente y se comprime para su desecho. El dióxido de carbono comprimido abandona por tanto la GPU 40 por un conducto 41 y es transportado lejos para su evacuación, a lo que se hace referencia a veces como "secuestación de CO<sub>2</sub>". El primer flujo, que se hace recircular de nuevo a la caldera 2 por el conducto 20, comprende típicamente 50-75% en volumen del flujo total del gas de chimenea rico en dióxido de carbono parcialmente depurado que abandona el lavador húmedo 10. El segundo flujo, que comprende típicamente 25-50% en volumen del flujo total del gas de chimenea rico en dióxido de carbono parcialmente depurado que sale del lavador húmedo 10, se dirige por tanto, en este caso, por el conducto 38, a la GPU 40, que se describirá con mayor detalle más adelante en esta memoria.

Fig. 2 ilustra la GPU 40 con mayor detalle. Se apreciará que la ilustración de Fig. 2 es esquemática, y que una GPU puede comprender dispositivos adicionales para la purificación del gas, etc.

La GPU 40 comprende al menos un compresor que tiene al menos una, y típicamente 2 a 10 etapas de compresión para comprimir el gas de chimenea depurado rico en dióxido de carbono. Cada etapa de compresión podría estar dispuesta como una unidad separada. Como alternativa, y como se ilustra en Fig. 2, varias etapas de compresión podrían ser operadas por una impulsión común. La GPU 40 de Fig. 2 comprende un compresor 40' que tiene una primera etapa de compresión 42, una segunda etapa de compresión 44, y una tercera etapa de compresión 46. Las etapas de compresión primera a tercera 42, 44, 46 forman juntas una unidad de compresión a baja presión 48 de la GPU 40. Las etapas de compresión 42, 44, 46 están conectadas a un eje de impulsión común 50 que es impulsado por un motor 52 del compresor 40'.

La GPU 40 comprende al menos una unidad de refrigeración intermedia del sistema de purificación del gas y de adsorción de mercurio 54 que está dispuesta aguas abajo de una de las etapas de compresión 42, 44, 46. En la realización de Fig. 2, la unidad de refrigeración intermedia y de adsorción de mercurio 54 está dispuesta aguas abajo de la tercera etapa de compresión 46, es decir, aguas abajo de la unidad de compresión a baja presión 48. Se apreciará que la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 podría haberse dispuesto también aguas abajo de la primera etapa de compresión 42, o aguas abajo de la segunda etapa de compresión 44. También es posible disponer más de una unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 en la GPU, por ejemplo una unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio aguas abajo en la segunda etapa de compresión 44, y una unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 aguas abajo de la tercera etapa de compresión 46. Todavía adicionalmente, es posible también disponer una unidad de refrigeración intermedia 56, que tiene la funcionalidad de refrigeración intermedia de la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 pero que carece de la funcionalidad de adsorción de mercurio de la misma, aguas abajo de alguna, o de la totalidad, de las etapas de compresión que no tienen unidad alguna de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 dispuesta aguas abajo de ella(s). Por tanto, pueden estar dispuestas unidades de refrigeración intermedia 56 aguas abajo de la primera y la segunda etapas de compresión 42, y 44 de la GPU 40 de Fig. 2. Una unidad opcional de refrigeración intermedia 56 de este tipo se ilustra aguas abajo de la primera etapa de compresión 42.

El gas de chimenea depurado rico en dióxido de carbono entra en la GPU 40 por el conducto 38 y se introduce en la primera etapa de compresión 42. Un conducto 58 dirige, opcionalmente a través de la unidad de refrigeración intermedia 56, el gas comprimido de la primera etapa de compresión 42 a la segunda etapa de compresión 44. Un conducto 60 dirige, opcionalmente por una unidad de refrigeración intermedia no representada, el gas comprimido de la segunda etapa de compresión 44 a la tercera etapa de compresión 46. Un conducto 62 dirige el gas comprimido de la tercera etapa de compresión 46 a la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54.

Las partes principales de la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 son un primer refrigerante de gas 64, un adsorbedor de mercurio 66, un segundo refrigerante de gas 68, y un secador de gas 70. El adsorbedor de mercurio 66 es operativo para eliminar al menos una porción del contenido de mercurio del gas comprimido. El secador de gas 70 sirve para eliminar al menos una porción del contenido de vapor de agua del gas comprimido. Las partes de la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 se describirán con mayor detalle más adelante en esta memoria con referencia a Fig. 3.

Un conducto 72 dirige el gas comprimido, del que se ha eliminado al menos una porción de su contenido de mercurio y vapor de agua, desde la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 a unidades opcionales adicionales de la GPU 40. Ejemplo de tales unidades opcionales adicionales de la GPU 40 incluyen una unidad de eliminación de gases incondensables, por ejemplo una unidad de licuación de CO<sub>2</sub> 73, en la cual el gas se enfría en un cambiador de calor, denominado a menudo caja fría, para causar la licuación del dióxido de carbono de tal modo que el dióxido de carbono puede separarse de los gases, tales como nitrógeno, que no se licúan a la misma temperatura que el dióxido de carbono. Adicionalmente, la GPU 40 puede comprender una unidad de compresión a alta presión 74 dispuesta aguas abajo, como se ve con respecto a la dirección de transporte del dióxido de carbono, de la unidad de licuación de CO<sub>2</sub> 73, y que comprende una o más etapas de compresión para comprimir el dióxido de carbono a una presión adecuada para su secuestación. Después de la compresión del gas

en la unidad de compresión a alta presión 74, el dióxido de carbono comprimido, que puede estar en un estado supercrítico o líquido, se dirige, por el conducto 41, a un sitio de secuestro de CO<sub>2</sub> 76.

Fig. 3 describe la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 con mayor detalle. El gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono en la tercera etapa de compresión 46 entra en la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 por el conducto de conexión fluida 62. El gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono puede, inmediatamente aguas abajo de la tercera etapa de compresión 46, tener una presión de 10-60 bar absolutos y, típicamente, una temperatura de 60 a 270°C, que es una temperatura inicial de dicho gas a la cual la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 debe realizar sus operaciones. En un ejemplo, el gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono que sale de la tercera etapa de compresión 46 puede tener una temperatura de inicio de 120°C y una presión de 35 bar absolutos.

El gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono entra, por el conducto de conexión fluida 62, en el primer refrigerante de gas 64. Un circuito de medio de enfriamiento 78 está conectado al primer refrigerante de gas 64 para hacer circular un medio de refrigeración, tal como aire de refrigeración, agua de refrigeración, aceite de refrigeración, u otro medio de refrigeración adecuado, en el primer refrigerante de gas 64. Como alternativa adicional, el primer refrigerante de gas 64 podría estar refrigerado por aire. El gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado abandona el primer refrigerante de gas 64 por el conducto de conexión fluida 80. Un sensor de temperatura 82 está dispuesto en el conducto 80 para medir la temperatura de gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado. Un regulador o válvula 84 está dispuesto en el circuito del líquido refrigerante 78 para controlar el flujo del medio de refrigeración al primer refrigerante de gas 64. El sensor de temperatura 82 controla la válvula 84 para suministrar una cantidad adecuada de medio refrigerante. Típicamente, el sensor de temperatura 82 controla el flujo del medio de refrigeración al primer refrigerante de gas 64 a fin de obtener un gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado comprimido rico en dióxido de carbono y enfriado que tiene una primera temperatura que es 5 a 30°C superior a la temperatura del punto de rocío con respecto al agua del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono. La temperatura del punto de rocío es aquella temperatura de una mezcla de gases a la cual el vapor de agua comienza a condensarse en agua líquida. El agua líquida podría ser perjudicial para la función del adsorbente de mercurio 66 situado aguas abajo, y, por tanto, el gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado se enfría preferiblemente a una primera temperatura que es superior a la temperatura del punto de rocío. El adsorbente de mercurio 66 tiende a operar más eficientemente cuanto más baja es la temperatura, y, por tanto, es preferible enfriar a una primera temperatura que no es mayor que 30°C por encima de la temperatura del punto de rocío con respecto al agua del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono refrigerado. En un ejemplo, el gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado que sale del primer refrigerante de gas 64 tiene una primera temperatura de 60°C, una temperatura que es 10°C superior a la temperatura del punto de rocío con respecto al agua de 50°C del gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado en cuestión.

El gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado se dirige por el conducto de conexión fluida 80 al adsorbente de mercurio 66. El adsorbente de mercurio 66 está provisto de un relleno 86 que comprende un adsorbente de mercurio que tiene afinidad para el mercurio. El adsorbente puede ser, por ejemplo, carbono activado impregnado con azufre, u otro material que es, como tal, conocido por su afinidad para el mercurio. Por tanto, a medida que el gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado pasa a través del relleno 86, al menos una porción del contenido de mercurio del gas será adsorbida en el adsorbente de mercurio del relleno 86.

El gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado, del que se ha eliminado al menos una porción de su contenido de mercurio, se dirige, por el conducto de conexión fluida 88, al segundo refrigerante de gas 68. Típicamente no existirá compresor u otro dispositivo de calentamiento de gas alguno dispuesto entre el adsorbente de mercurio 66 y el segundo refrigerante de gas 68. Un circuito de líquido refrigerante 90 está conectado al segundo refrigerante de gas 68 para circulación de un medio de refrigeración, tal como una mezcla glicol-agua, una mezcla amoníaco-agua, un medio refrigerante orgánico, u otro refrigerante adecuado, en el segundo refrigerante de gas 68. El medio refrigerante del circuito del líquido refrigerante 90 tiene una temperatura más baja que el gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado. Por tanto, en el segundo refrigerante de gas 68 se realiza una refrigeración adicional del gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado. El gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicional abandona el segundo refrigerante de gas 68 por el conducto de conexión fluida 92. Un sensor de temperatura 94 está dispuesto en el conducto 92 para medir la temperatura del gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicional. Una válvula 96 está dispuesta en el circuito líquido refrigerante 90 para controlar el flujo de medio refrigerante al segundo refrigerante de gas 68. El sensor de temperatura 94 controla la válvula 96 para suministrar una cantidad adecuada de medio refrigerante. Típicamente, el sensor de temperatura 94 controla el flujo de medio refrigerante al segundo refrigerante de gas 68 a fin de obtener un gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicional que tiene una segunda temperatura, que es menor que la primera temperatura arriba mencionada, y que es 0 a 40°C superior a la temperatura de formación de hidratos de dióxido de carbono del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono. La temperatura de formación de hidratos de dióxido de carbono es aquella temperatura de una mezcla de gases que comprende dióxido de carbono y vapor de agua a la cual comienza a formarse un hidrato sólido de dióxido de carbono y agua, véase por ejemplo Tamman, G. & Krige, G. J. (1925): "Equilibrium pressures of gas hydrates." Zeit. Anorg. und Allgem. Chem., 146, pp. 179-195. La formación de hidratos sólidos de dióxido de carbono sería perjudicial para la

- función del segundo refrigerante de gas 68, y, por tanto, el gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicionalmente se enfría preferiblemente a una segunda temperatura que es superior a la temperatura de formación de hidratos de dióxido de carbono. Más preferiblemente, el gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicionalmente se enfría a una sola temperatura que es superior a la temperatura de formación de hidratos de dióxido de carbono, y que es inferior a la temperatura del punto de rocío con respecto al agua del gas de chimenea rico en dióxido de carbono. Por causar una condensación de algo del vapor de agua, y separar preferiblemente el líquido formado con ello en un separador gas-líquido como se describe más adelante en esta memoria, la carga de vapor de agua residual que tiene que ser separada por el secador de gas 70 se reduce. La carga de vapor de agua residual que tiene que ser separada por el secador de gas 70 se reduce aún más cuanto menor es la temperatura, dando como resultado un equipo secador de menores dimensiones. Por tanto, es preferible enfriar a una segunda temperatura que no es más de 40°C superior a la temperatura de formación de hidratos de dióxido de carbono del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono y enfriado adicionalmente. En un ejemplo, el gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicionalmente tiene una segunda temperatura de 15°C, una temperatura que es 9°C superior a la temperatura de formación de hidratos de dióxido de carbono de 6°C del gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicionalmente en cuestión.
- El gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicionalmente se dirige por el conducto de conexión fluida 92 a un separador gas-líquido opcional 98. El separador gas-líquido 98 separa gotitas de agua, generadas como efecto de la condensación causada por el enfriamiento ulterior del gas en el segundo refrigerante de gas 68, respecto del gas remanente. Las gotitas de agua se recogen en una porción inferior 100 del separador gas-líquido 98. Un medidor de nivel 102 mide la cantidad de líquido en el separador gas-líquido 98. Una tubería de drenaje 104 dispuesta en la porción inferior 100 del separador gas-líquido 98 está provista de una válvula 106. El medidor de nivel 102 controla la válvula 106, y ordena a la válvula 106 abrirse cuando el nivel del líquido en el separador gas-líquido 98 es demasiado alto. Cuando la válvula 106 se abre, el líquido se trasiega del separador gas-líquido 98 a una planta de tratamiento de agua 108 por la tubería de descarga 104.
- El gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicionalmente se dirige luego desde el separador gas-líquido 98 al secador de gas 70 por un conducto de conexión fluida 110. El secador de gas 70 está provisto de un relleno 112 que comprende un adsorbente de vapor de agua, al que se hace referencia también como desecante, que tiene afinidad para el vapor de agua. El desecante puede ser, por ejemplo, gel de sílice, sulfato de calcio, cloruro de calcio, arcilla montmorillonita, tamices moleculares, u otro material que es conocido como tal para su uso como desecante. Por tanto, a medida que el gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicionalmente pasa a través del relleno 112, al menos una porción del contenido de vapor de agua del gas se adsorberá en el desecante del relleno 112.
- El gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicionalmente, del que se ha separado al menos una porción de su contenido de vapor de agua, se dirige, por el conducto de conexión fluida 114, a un filtro opcional 116. El filtro 116 está provisto de una inserción de filtración 118, que puede tener la forma de bolsas de tela, redes filtrantes metálicas, tubos cerámicos, y otros dispositivos que son conocidos per se para eliminación eficiente de partículas sólidas de un gas. Tales partículas podrían, por ejemplo, proceder del material adsorbente del relleno 86 del adsorbedor de mercurio 66, y/o del desecante del relleno 112 del secador de gas 70. El material particulado puede causar desgaste en las etapas de compresión o bloqueo de la unidad de licuación de CO<sub>2</sub>, y, por tanto, puede ser conveniente separar cualquier material particulado del gas por medio del filtro 116 antes de dirigir el gas a la unidad de licuación del CO<sub>2</sub> 73 y la unidad de compresión a alta presión 74, ilustrada en Fig. 2, por el conducto de conexión fluida 72.
- En un ejemplo, el gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicionalmente que sale de la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 por el conducto 72 tiene una temperatura de 15°C, y una presión absoluta sólo ligeramente inferior a 30 bar absolutos, dado que una ligera caída de presión es normal cuando el gas pasa a través de la unidad 54. El gas tiene también un contenido reducido de mercurio y vapor de agua. Un gas de este tipo es adecuado para tratamiento ulterior en la unidad de licuación de CO<sub>2</sub> 73 y la unidad de compresión a alta presión 74, y para ser enviado eventualmente a la secuestración de dióxido de carbono 76 por el conducto 41, como se ilustra en Fig. 2. Por ejemplo, el cambiador de calor, conocido también como caja fría, de la unidad de licuación de CO<sub>2</sub> 73 puede estar hecho en muchos casos de aluminio. El aluminio puede reaccionar con el mercurio de manera indeseada. Por eliminación del mercurio del gas de chimenea rico en dióxido de carbono en el adsorbedor 66, aguas arriba de la unidad de licuación de CO<sub>2</sub> 73, dichos problemas se evitan, o al menos se minimizan. Adicionalmente, en algunos casos es necesario también eliminar mercurio del dióxido de carbono para cumplir la especificación requerida para la secuestración de CO<sub>2</sub> 76.
- Volviendo a Fig. 3, la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 está provista de un sistema de regeneración y calentamiento 120 para la regeneración intermitente de la capacidad de adsorción de vapor de agua del secador de gas 70. El sistema de regeneración y calentamiento 120 se utiliza también para pre-calentamiento del adsorbedor de mercurio 66 en la puesta en marcha. Un conducto de suministro 122 está dispuesto para suministrar un gas de regeneración al sistema 120. El gas de regeneración es preferiblemente un gas inerte que no reacciona con los rellenos 86 y 112. Ejemplos de gases adecuados incluyen nitrógeno, dióxido de carbono puro, procedente por ejemplo del conducto 41, u otro gas inerte que, preferiblemente, retiene una baja cantidad de mercurio y vapor de agua. Preferiblemente, se utiliza como gas de regeneración un gas residual inerte, que comprende usualmente

nitrógeno como uno de sus constituyentes principales, separado del dióxido de carbono en la unidad de licuación de CO<sub>2</sub> 73. El sistema de regeneración 120 comprende un calentador 124 que está adaptado para calentar el gas de regeneración. Un circuito de calentamiento 126 está conectado al calentador 124 para hacer circular un medio de calentamiento, tal como vapor, en el calentador 124. El gas de regeneración calentado abandona el calentador 124 por el conducto de conexión fluida 128. Un sensor de temperatura 130 está dispuesto en el conducto 128 para medir la temperatura del gas de regeneración calentado. Una válvula 132 está dispuesta en el circuito de calentamiento 126 para controlar el flujo del medio de calentamiento al calentador 124. El sensor de temperatura 130 controla la válvula 132 para suministrar una cantidad adecuada del medio de calentamiento. Para pre-calentamiento del material del relleno 86 del adsorbedor de mercurio 66 en la puesta en marcha, el calentador 124 puede calentar típicamente el gas de regeneración a una temperatura de aproximadamente 40-80°C. Para regeneración del material del relleno 112 del secador de gas 70, el calentador 124 puede calentar típicamente el gas de regeneración a una temperatura de aproximadamente 120-300°C.

En los conductos 88 y 8, respectivamente, están dispuestas válvulas de aislamiento del adsorbedor de mercurio 134, 136. Durante una secuencia de pre-calentamiento, las válvulas 134-136 están cerradas para aislar el adsorbedor de mercurio 66, y el gas de regeneración calentado se suministra al adsorbedor de mercurio 66 desde el sistema de regeneración y calentamiento 120 por un conducto 138 que está conectado en conexión fluida con el conducto 128. El gas de regeneración calienta el material del relleno 86. El mercurio se combina firmemente con el material del relleno 86, lo que significa que prácticamente nada o casi nada de mercurio se libera del relleno 86 durante el precalentamiento del mismo. El gas de regeneración agotado abandona el adsorbedor de mercurio 66 por un conducto 140. El gas de regeneración agotado, que no contiene concentración alguna o sólo una concentración muy baja de mercurio, puede liberarse a la atmósfera.

Cuando el relleno 86 ha adsorbido mercurio conforme a su capacidad de adsorción, las válvulas 134, 136 se cierran, y el relleno agotado 86 se reemplaza con relleno 86 fresco.

En los conductos 114 y 110 respectivamente están dispuestas válvulas de aislamiento del secador de gas 142, 144. Durante una secuencia de regeneración, las válvulas 142, 144 están cerradas para aislar el secador de gas 70, y el gas de regeneración calentado se suministra al secador de gas 70 desde el sistema de regeneración y calentamiento 120 por un conducto 146 que está conectado en conexión fluida con el conducto 128. El gas de regeneración calienta el material del relleno 112 y causa una desorción de vapor de agua. El gas de regeneración agotado, que contiene vapor de agua desorbido, abandona el secador de gas 70 por un conducto 148. Dado que el adsorbedor de mercurio 66 está instalado aguas arriba del secador de gas 70, no es adsorbida cantidad alguna de mercurio, o sólo una cantidad de mercurio muy pequeña, en el material del relleno 112 del secador de gas 70. Así pues, nada, o prácticamente nada de mercurio es desorbido durante la regeneración del secador de gas 70. El gas de regeneración agotado que procede del secador de gas 70 está muy depurado con respecto a mercurio y puede, por tanto, liberarse a la atmósfera.

Se apreciará que cuando las válvulas 134, 136 están cerradas, no puede pasar cantidad alguna de gas rico en dióxido de carbono a través del adsorbedor de mercurio 66. De acuerdo con una realización, la GPU 40 puede estar provista de dos adsorbedores de mercurio paralelos 66, encontrándose uno de dichos adsorbedores paralelos 66 en operación mientras el otro adsorbedor paralelo sufre reemplazamiento del relleno 86. De acuerdo con otra realización, el gas de chimenea rico en dióxido de carbono podría emitirse a la atmósfera durante el reemplazamiento del relleno 86.

Se apreciará también que cuando las válvulas 142, 144 están cerradas, no puede pasar cantidad alguna de gas rico en dióxido de carbono a través del secador de gas 70. Conforme a una realización, la GPU 40 puede estar provista de dos secadores de gas paralelos 70, encontrándose uno de dichos secadores de gas paralelos 70 en operación mientras el otro secador de gas paralelo 70 sufre regeneración. Conforme a otra realización, el gas de chimenea rico en dióxido de carbono podría emitirse a la atmósfera durante la regeneración del relleno 112 del secador de gas 70.

En la puesta en marcha de un sistema de la caldera 1, ilustrado en Fig. 1, la mayoría de las partes del sistema de la caldera 1, con inclusión de la mayoría de las partes de la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 54 están frías, lo que significa que las mismas tienen típicamente una temperatura de alrededor de 0-25°C, dependiendo de la temperatura ambiente. Tales temperaturas bajas plantean el riesgo de que la temperatura del gas en el interior del adsorbedor de mercurio 66 llegue a ser inferior, durante la fase de puesta en marcha, a la temperatura del punto de rocío con respecto al agua, lo cual podría dar como resultado la condensación indeseada de agua líquida en el interior del relleno 86. Para evitar dicha condensación de agua, se utiliza el sistema de regeneración y calentamiento 120, como se ha mencionado anteriormente en esta memoria, para pre-calentamiento del adsorbedor de mercurio 66 antes de la inicialización de la puesta en marcha de la GPU 40. Este pre-calentamiento podría realizarse utilizando el sistema de regeneración y calentamiento 120 para dirigir un gas caliente, tal como nitrógeno gaseoso caliente, un gas de dióxido de carbono depurado caliente, o un gas residual caliente, por ejemplo un gas residual que contenga gases incondensables tales como nitrógeno y oxígeno, con una temperatura de, por ejemplo, 40-80°C, al adsorbedor de mercurio 66 por los conductos 128 y 138 a fin de conseguir un pre-calentamiento del relleno 86, para evitar cualquier formación de gotitas de agua en el relleno 86 durante la fase de puesta en marcha.

Fig. 4 ilustra un sistema de purificación de gas en la forma de una unidad de separación de dióxido de carbono 240 de acuerdo con una realización alternativa. Muchas de las características de la unidad de separación de dióxido de carbono 240 son similares a las características de la unidad de compresión y purificación de gas 40, y se han asignado a dichas características similares de Fig. 4 los mismos números de referencia que los de Fig. 1. La unidad de separación de dióxido de carbono 240 difiere de la unidad de compresión y purificación de gas 40 ilustrada en Fig. 1 en que el dióxido de carbono se separa de otros gases, tales como aire y nitrógeno, por medio de un proceso criogénico. En un proceso criogénico, un gas de chimenea rico en dióxido de carbono se comprime y se enfría a temperaturas tan bajas que el dióxido de carbono se licúa. La separación de otros gases, que hierven a temperaturas inferiores al dióxido de carbono, y a los que se hace referencia a veces como "gases incondensables" puede realizarse entonces. Ejemplos de gases incondensables incluyen nitrógeno, oxígeno y argón. Ejemplos de procesos criogénicos para separación y recuperación de dióxido de carbono se dan a conocer en US 2008/0173584 y US 2010/0215566.

Volviendo a Fig. 4, la unidad de separación de dióxido de carbono 240 comprende, como sus unidades principales, un compresor de gas 240', ilustrado con una etapa de compresión 246, una unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 254, y una unidad de separación criogénica 243. El compresor de gas 240', puede ser similar al compresor 40' descrito anteriormente en esta memoria con referencia a Fig. 2, y está impulsado por un motor 52. El gas comprimido se dirige, por un conducto 262, a un primer refrigerante de gas 64 de la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 254. El primer refrigerante de gas 64 enfría el gas a una primera temperatura, de manera similar a como se ha descrito anteriormente en esta memoria con referencia a Fig. 3, después de lo cual el gas comprimido enfriado se dirige, por un conducto 80 al adsorbedor de mercurio 66. En el adsorbedor de mercurio 66, el mercurio es adsorbido del gas de manera similar a la descrita anteriormente en esta memoria con referencia a Fig. 3. El gas comprimido enfriado se dirige luego, por el conducto 88, a un segundo refrigerante de gas 68. El segundo refrigerante de gas 68 enfría el gas ulteriormente a una segunda temperatura, de manera similar a como se ha descrito anteriormente en esta memoria con referencia a Fig. 3. El gas comprimido y enfriado adicionalmente se dirige luego, por el conducto 92, a un secador de gas 70. En el secador de gas 70, el vapor de agua es adsorbido del gas de manera similar a como se ha descrito anteriormente en esta memoria con referencia a Fig. 3. Opcionalmente, la unidad de refrigeración intermedia y adsorción de mercurio 254 puede comprender además un separador gas-líquido, y/o un filtro y/o un sistema de regeneración de los tipos descritos en Fig. 3.

El gas abandona el secador de gas 70 por el conducto 272 y entra en la unidad de separación criogénica 243. En la unidad de separación criogénica 243 el dióxido de carbono se separa de los gases incondensables. Por tanto, una corriente rica en dióxido de carbono, que comprende típicamente dióxido de carbono licuado, abandona la unidad de separación criogénica 243 por el conducto 241 y puede transportarse lejos para secuestro del dióxido de carbono. Una corriente de gases incondensables abandona la unidad de separación criogénica 243 por el conducto 245, y puede liberarse a la atmósfera.

Una unidad de separación criogénica 243 puede comprender típicamente una denominada caja fría 247. La caja fría 247 puede ser un cambiador de calor multi-paso, que puede estar hecho de aluminio, en el cual pueden realizarse el calentamiento y enfriamiento de diversas corrientes en la unidad de separación criogénica 243. De acuerdo con una opción, un circuito de líquido refrigerante 290 está conectado al segundo refrigerante de gas 68 para realizar el enfriamiento del gas a la segunda temperatura. El circuito del líquido refrigerante 290 podría estar conectado a la caja fría 247, como se indica en Fig. 4, para utilizar la capacidad de refrigeración de la caja fría 247 cuando se enfría el fluido refrigerante que circula en el circuito del líquido refrigerante 290.

El aluminio, que puede estar incluido como parte de la estructura de la caja fría 247, puede reaccionar con el mercurio de manera indeseable. Por eliminación del mercurio del gas de chimenea rico en dióxido de carbono en el adsorbedor 66, aguas arriba de la caja fría 247 de la unidad de separación criogénica 243, se evitan tales problemas, o al menos se minimizan. Adicionalmente, en algunos casos es necesario también eliminar el mercurio del dióxido de carbono para cumplir la especificación requerida para la secuestro del dióxido de carbono.

Se apreciará que numerosas variantes de las realizaciones arriba descritas son posibles dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Se ha descrito anteriormente en esta memoria el modo en que un sistema de purificación de gas que incluye un compresor 40', 240', un primer refrigerante de gas 64, un adsorbedor de mercurio 66, un segundo refrigerante de gas 68, y un secador de gas 70, puede estar integrado como parte de una GPU 40, como se ilustra en Figs. 2-3, o puede combinarse con una unidad de separación criogénica 243, como se ilustra en Fig. 4. Se apreciará que un sistema de purificación de gas de este tipo, y un método de operación del mismo, pueden integrarse también en otros tipos de procesos, en los que existe necesidad de eliminar mercurio y vapor de agua de un gas de chimenea rico en dióxido de carbono. Adicionalmente, el sistema de purificación de gas del tipo arriba mencionado puede estar integrado también en otras partes de la GPU 40 y combinado de otras maneras con la unidad de separación criogénica 243 distintas de las descritas anteriormente en esta memoria.

Para resumir, un sistema de purificación de gas 40 para depuración de un gas de chimenea rico en dióxido de carbono generado en una caldera que quema un combustible en presencia de un gas que contiene oxígeno gaseoso comprende:

un compresor 40' para comprimir el gas de chimenea rico en dióxido de carbono,

un primer refrigerante de gas 64 para enfriar el gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono,

un adsorbedor de mercurio 66 dispuesto aguas abajo del primer refrigerante de gas 64 para separar al menos una porción del contenido de mercurio del gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado,

5 un segundo refrigerante de gas 68 dispuesto aguas abajo del adsorbedor de mercurio 66 para enfriamiento ulterior del gas de chimenea comprimido rico en dióxido de carbono, y

un secador de gas 70 para separar al menos una porción del contenido de agua del gas de chimenea rico en dióxido de carbono comprimido enfriado adicionalmente.

10 Si bien la invención se ha descrito con referencia a cierto número de realizaciones preferidas, debe entenderse que la invención no se limita a las realizaciones particulares descritas como el modo óptimo contemplado para realización de esta invención, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, el uso de los términos primero, segundo, etc. no denota orden de importancia alguno, sino que más bien los términos primero, segundo, etc. se utilizan para distinguir un elemento de otro.

15

**REIVINDICACIONES**

1. un método de depuración de un gas de chimenea que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono generado en una caldera (2) que quema un combustible en presencia de un gas que contiene oxígeno gaseoso, comprendiendo el método
- 5 comprimir el gas de chimenea que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono, y a continuación
- enfriar el gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono a una primera temperatura, y a continuación
- 10 dirigir el gas de chimenea comprimido y enfriado que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono a través de un adsorbedor de mercurio (66) para eliminar al menos una porción del contenido de mercurio de gas de chimenea comprimido y enfriado que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono, y a continuación
- enfriar adicionalmente el gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono a una segunda temperatura, que es inferior a la primera temperatura, y a continuación
- 15 dirigir el gas de chimenea comprimido y enfriado adicionalmente que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono a través de un secador (70) para eliminar al menos una porción del contenido de agua del gas de chimenea comprimido y enfriado adicionalmente que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono, caracterizado por que
- 20 el paso de enfriamiento del gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono a una primera temperatura comprende enfriar a una primera temperatura que es más alta que la temperatura del punto de rocío con respecto al vapor de agua del gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono.
2. Un método conforme a la reivindicación 1, que comprende adicionalmente enfriar a una primera temperatura que es 5 a 30°C superior a la temperatura del punto de rocío con respecto al vapor de agua del gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono.
- 25 3. Un método conforme a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el paso de enfriamiento ulterior del gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono a una segunda temperatura que es inferior a la primera temperatura, comprende enfriar a una segunda temperatura que es inferior a la temperatura del punto de rocío con respecto al vapor de agua del gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono.
- 30 4. Un método conforme a la reivindicación 3, que comprende adicionalmente enfriar a una segunda temperatura que es 0 a 40°C más alta que la temperatura de formación de hidratos de dióxido de carbono del gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono.
- 35 5. Un método conforme a una cualquiera de las reivindicaciones que anteceden, en donde el paso de compresión del gas de chimenea que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono implica calentar, por medio de la compresión del gas, el gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono a una temperatura que es mayor que la primera temperatura.
- 40 6. Un método conforme a la reivindicación 5, que comprende adicionalmente calentar, por medio de la compresión del gas, el gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono a una temperatura de 60 a 270°C.
7. El sistema de purificación de gases para realización del método de la reivindicación 1 que comprende:
- un compresor (40'; 240') para comprimir el gas de chimenea que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono,
- 45 un primer refrigerante de gas (64) dispuesto aguas abajo, como se ve en la dirección de flujo del gas de chimenea que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono, del compresor (40'; 240') para enfriar el gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono a una primera temperatura que es superior a la temperatura del punto de rocío con respecto al vapor de agua del gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono,
- 50 un adsorbedor de mercurio (66) dispuesto aguas abajo del primer refrigerante de gas (64) para separar al menos una porción del contenido de mercurio del gas de chimenea comprimido y enfriado que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono,

un segundo refrigerante de gas (68) dispuesto aguas abajo del adsorbedor de mercurio (66) para enfriamiento ulterior del gas de chimenea comprimido que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono, y

- 5 un secador de gas (70) dispuesto aguas abajo del segundo refrigerante de gas (68) para eliminar al menos una porción del contenido de agua del gas de chimenea comprimido y enfriado adicionalmente que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono, caracterizado por que comprende adicionalmente un sistema de control (82, 84) que comprende un sensor (82) que mide la temperatura del gas de chimenea comprimido y enfriado que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono aguas abajo del primer refrigerante de gas (64),  
10 comprendiendo adicionalmente el sistema de control un dispositivo de control (84) que controla el primer refrigerante de gas (64) teniendo presente la temperatura medida.

8. Un sistema de purificación de gas de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende adicionalmente una trampa de agua (98) dispuesta entre el segundo refrigerante de gas (68) y el secador de gas (70) para recoger agua líquida procedente del gas de chimenea comprimido y enfriado adicionalmente que contiene al menos 40% en volumen de dióxido de carbono.

- 15 9. Un sistema de purificación de gas conforme a una cualquiera de las reivindicaciones 7-8, que comprende adicionalmente un sistema de calentamiento (120) para dirigir un gas caliente a través del adsorbedor de mercurio (66) antes de la puesta en marcha del sistema de purificación de gas.

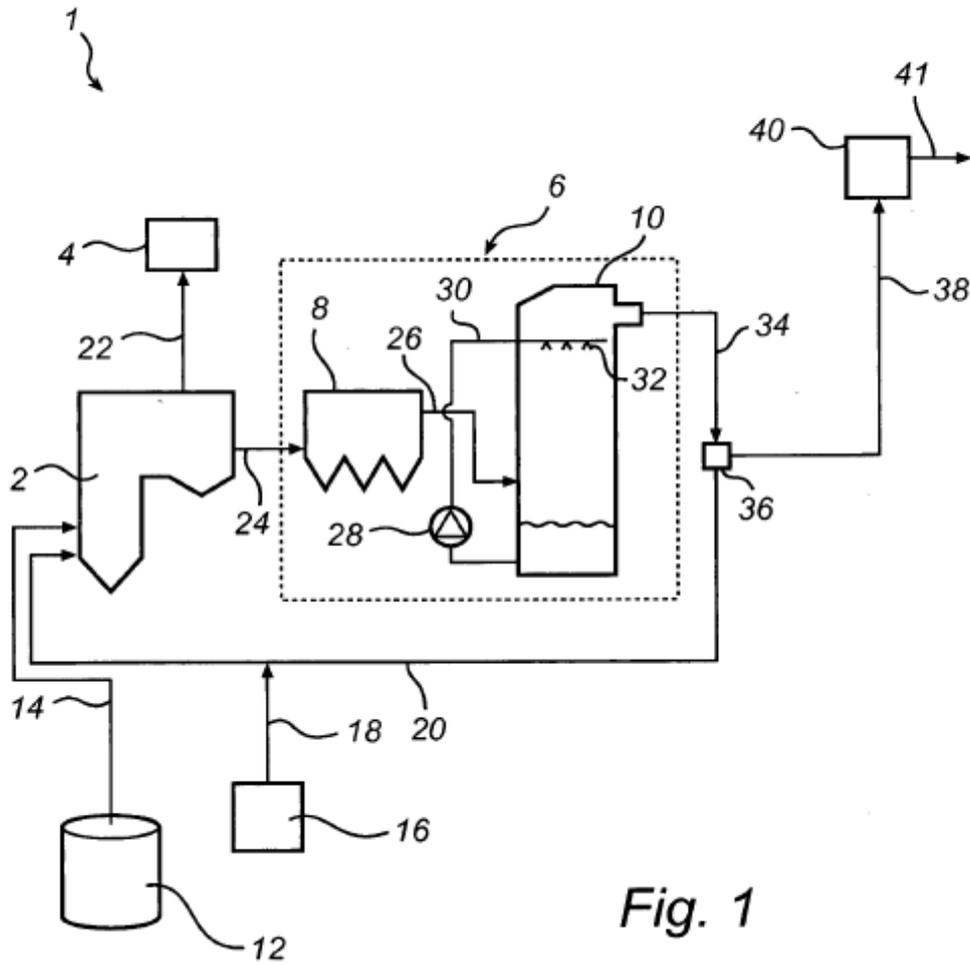


Fig. 1



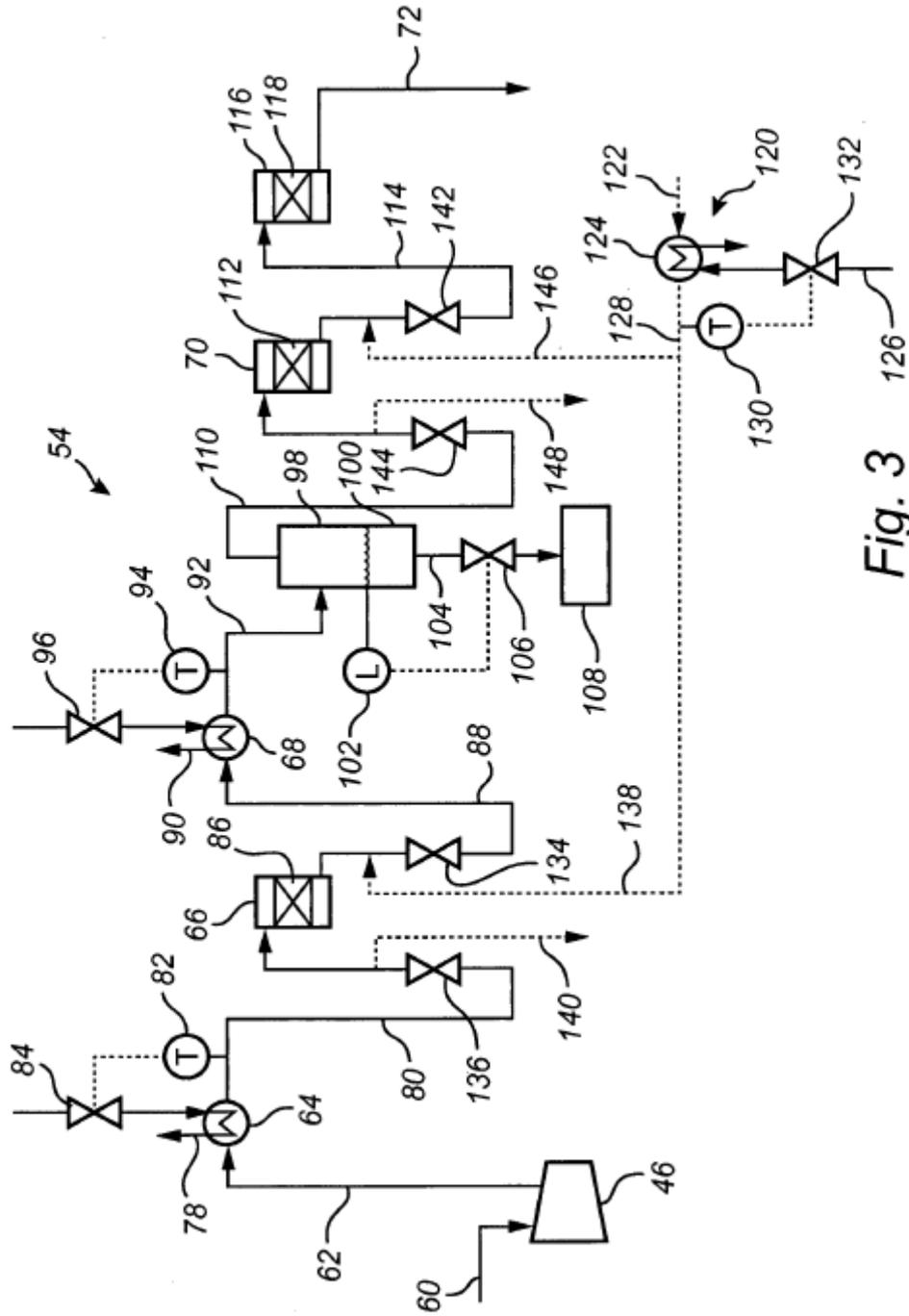


Fig. 3

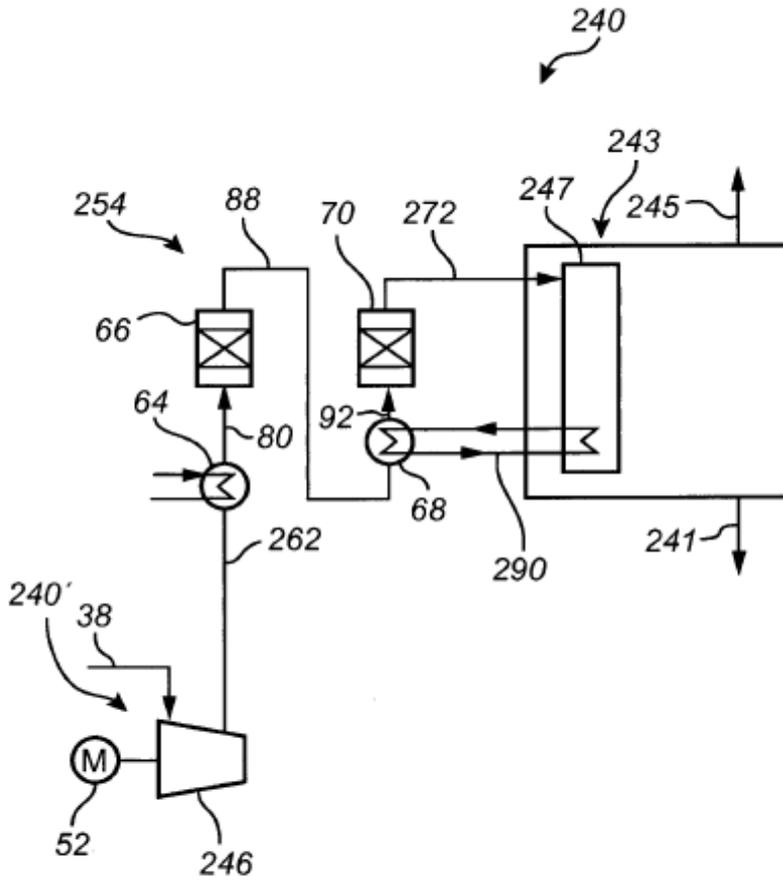


Fig. 4