

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 074**

51 Int. Cl.:

F23C 10/04 (2006.01)

F23L 7/00 (2006.01)

F22B 31/00 (2006.01)

B01D 53/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.02.2012 PCT/FI2012/050089**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.08.2012 WO12104487**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2012 E 12741976 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018 EP 2671024**

54 Título: **Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxicomcombustión**

30 Prioridad:

04.02.2011 FI 20115112

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

30.01.2019

73 Titular/es:

**SUMITOMO SHI FW ENERGIA OY (100.0%)
Metsänneidonkuja 8
02130 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**KUIVALAINEN, REIJO;
ERIKSSON, TIMO y
HOTTA, ARTO**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 698 074 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 de funcionamiento de una caldera de CFB de oxicomustión.

5 **Campo técnico**

La invención se refiere a un procedimiento de funcionamiento de una caldera de lecho fluidizado circulante de oxicomustión según el preámbulo según la reivindicación 1.

10 **Técnica anterior**

La combustión de combustible sólido en un lecho fluidizado de material sólido, tales como lechos fluidizados burbujeantes (BFB) y circulantes (CFB), se sabe que es ventajosa en muchos sentidos. Debido a la baja temperatura del horno y la utilización de sólidos circulantes calientes, se logran muchas características beneficiosas, tales como bajas emisiones de NO_x y SO_x, flexibilidad de combustible y capacidad de utilizar combustible de baja calidad, en un proceso de CFB. La captura de muchas sustancias presentes en o que se originan a partir de reacciones de combustión puede lograrse fácilmente seleccionando el material de lecho utilizado apropiadamente. Por ejemplo, las emisiones de azufre pueden reducirse considerablemente utilizando materiales que reaccionan con azufre para facilitar la captura de azufre.

La combustión en CFB es bien conocida como proceso de combustión con aire, siendo un ejemplo del mismo la publicación CN 1566749 A, que también muestra un procedimiento de implementación de un chorro de fluidización de alta presión fluidización utilizando vapor en lugar de aire en el funcionamiento normal de una caldera. La presión de la fuente de vapor de fluidización es mayor de 60kPa, y el grado de supercalentamiento es de más de 30°C.

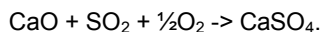
Nuevas regulaciones y otras exigencias que limitan las emisiones de gases relacionados con el denominado efecto invernadero han alentado el desarrollo de nuevas tecnologías dirigidas a disminuir las emisiones de dióxido de carbono a partir de centrales eléctricas que utilizan combustibles carbonosos fósiles. Aunque en la ignición convencional el oxígeno requerido para quemar el combustible se alimenta en forma de aire, en la oxicomustión el aire se reemplaza por una mezcla de oxígeno sustancialmente puro y gas de combustión reciclado, que puede denominarse oxidante.

La oxicomustión se basa en la combustión de combustible carbonoso con oxígeno sustancialmente puro, normalmente, de al menos una pureza del 95%, para presentar dióxido de carbono y agua como componentes principales del gas de escape descargado de la caldera. De ese modo, el dióxido de carbono puede capturarse de manera relativamente fácil, sin tener que separarlo de una corriente de gas que presenta nitrógeno como su componente principal, como cuando se quema el combustible con aire.

Uno de los mecanismos de la captura de azufre en el horno, cuando se utiliza caliza, es tal como sigue. La caliza se calcina en el horno formando óxido de calcio:



El óxido de calcio reacciona con SO₂ formando sulfato de calcio mediante una reacción:



Otro mecanismo conocido es la sulfatación directa con una reacción:



El CaSO₄, al ser un material sólido, puede retirarse del gas por separación. El transcurso de las reacciones depende naturalmente de la temperatura prevalente y particularmente de la presión parcial de CO₂.

CaSO₄, CaCO₃ así como CaO se mezclan eficazmente en el material de lecho de la caldera de CFB y, por tanto, también están presentes en la circulación externa de material sólido de la caldera de CFB. El sulfato de calcio formado puede, por tanto, retirarse del horno junto con las cenizas. Por tanto, un proceso de combustión que utiliza una caldera de lecho fluidizado circulante no necesita necesariamente equipo de reducción de azufre adicional en el canal de gas de escape, o la eficacia de tal equipo puede ser relativamente baja.

Con el fin de mantener la temperatura óptima para lograr bajas emisiones y alta eficacia de combustión dentro del horno de una caldera de CFB, debe proporcionarse una superficie de transferencia de calor suficiente para eliminar calor de los productos de combustión. La superficie de transferencia de calor puede proporcionarse disponiendo un intercambiador de calor de lecho fluidizado (FBHE) en la circulación externa de material sólido,

que enfría los sólidos circulados externamente antes de que regresen de nuevo al horno. Este es el caso también con las calderas de CFB de oxicomustión.

5 El documento US nº 6.505.567 da a conocer un generador de vapor de lecho fluidizado circulante y un procedimiento de funcionamiento del mismo. Se muestra también un intercambiador de calor de lecho fluidizado acoplado a la circulación externa de material sólido. El procedimiento incluye la etapa de introducción de una corriente de alimentación de oxígeno sustancialmente puro en el generador de vapor de lecho fluidizado circulante y la etapa de quemado de un combustible en presencia de la corriente de alimentación de oxígeno sustancialmente puro para producir un gas de combustión que presenta dióxido de carbono y vapor de agua como sus dos elementos constituyentes más grandes en volumen. El procedimiento incluye la etapa de separación del gas de combustión en una parte de producto final y una parte de reciclaje y dirigir la parte de reciclaje del gas de combustión al generador de vapor de lecho fluidizado circulante para contribuir al proceso de combustión en el mismo. La parte de reciclaje del gas de combustión se utiliza también para fluidizar gas en el intercambiador de calor de lecho fluidizado.

15 El documento US nº 4.969.930 divulga un procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxicomustión que comprende un horno en el que el medio fluidizante puede ser una mezcla de vapor acuoso y dióxido de carbono.

20 Se ha descubierto recientemente que en una caldera de CFB de oxicomustión puede producirse un comportamiento desventajoso en el sistema de manipulación de sólidos debido a la presencia de CaO, cuando se logra la fluidización del material sólido utilizando la parte recirculada del gas de combustión que contiene una alta concentración de CO₂. Esto se debe al hecho de que el CaO presenta una tendencia a recarbonarse de nuevo a CaCO₃ en determinadas circunstancias.

25 **Divulgación de la invención**

30 Un objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxicomustión, que soluciona el anteriormente mencionado y otros problemas de la técnica anterior. Un objetivo particular de la invención es proporcionar un procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxicomustión, en el que el gas de combustión recirculante se utiliza como gas de fluidización y se utiliza un agente de reducción de azufre que comprende CaCO₃ para la captura de azufre, y procedimiento que proporciona un funcionamiento fiable de un sistema de manipulación de material sólido externo de la caldera de CFB de oxicomustión y que minimiza el comportamiento desventajoso en el sistema de manipulación de material sólido externo debido a la presencia de CaO en el material sólido, cuando se logra la fluidización utilizando gas que contiene una alta concentración de CO₂.

40 Los objetivos de la invención se cumplen mediante un procedimiento que comprende etapas de disponer un lecho fluidizado circulante en la caldera de CFB de oxicomustión; introducir un gas oxidante en la caldera de CFB a través de la rejilla como gas de fluidización, comprendiendo el gas de fluidización gas de combustión recirculante; introducir un material combustible en el lecho fluidizado circulante; introducir un agente de reducción de azufre que comprende CaCO₃ en el lecho fluidizado circulante; hacer circular el material sólido fuera del horno y proporcionar una circulación externa de material sólido por medio del sistema de manipulación de material sólido externo; fluidizar el material sólido en el sistema de manipulación de material sólido introduciendo un medio fluidizante que comprende gas de combustión recirculante en el sistema de manipulación de material sólido externo. Una cantidad predeterminada de vapor es introducida en el sistema de manipulación de material sólido externo como un componente del medio fluidizante.

50 Según la invención, la cantidad predeterminada de vapor es controlada de manera que la presión parcial de CO₂ en el medio fluidizante se mantenga por debajo de la presión de equilibrio para la recarbonatación de CaO a la temperatura prevalente en el sistema de manipulación de material sólido externo.

55 De este modo, el control y funcionamiento del sistema de manipulación de material sólido externo es fiable puesto que la recarbonatación de CaO a temperaturas por debajo de la temperatura de calcinación en equilibrio se minimiza y los fenómenos desventajosos provocados por una excesiva formación de CaCO₃ en sistema se evitan sustancialmente o al menos se minimizan. Por tanto, se minimiza la posible sinterización/aglomeración del lecho por la formación de CaCO₃. Adicionalmente, puesto que la reacción de recarbonatación de CaO consume CO₂ y la reacción se evita sustancialmente, se evita una pérdida de gas de fluidización por consiguiente sustancialmente.

60 Según una forma de realización de la invención, el vapor en el medio fluidizante es mezclado antes de su introducción en el sistema de manipulación de material sólido externo como medio fluidizante.

65 Según otra forma de realización de la invención, el vapor es uniformemente distribuido en el sistema de manipulación de material sólido externo como medio fluidizante de manera separada de los otros componentes del medio fluidizante introducido en el sistema de manipulación de material sólido externo.

Según aún otra forma de realización de la invención, el vapor en el medio fluidizante durante su introducción es mezclado en el sistema de manipulación de material sólido externo como medio fluidizante.

5 Según una forma de realización adicional de la invención, el vapor se genera como vapor de expansión a partir de agua originalmente a una primera presión y a una primera temperatura despresurizando el agua hasta una segunda presión que es menor que la primera presión antes de la introducción del vapor en el sistema de manipulación de material sólido externo como medio fluidizante.

10 Según aún otra forma de realización de la invención, el vapor se genera como vapor de expansión a partir de agua originalmente a una primera presión y a una primera temperatura despresurizando el agua hasta una segunda presión que es menor que la primera presión durante la introducción del vapor en el sistema de manipulación de material sólido externo como medio fluidizante.

15 La cantidad predeterminada de vapor es mezclada en el medio fluidizante para reemplazar al CO_2 en el medio fluidizante. Se reduce por tanto una alta concentración de CO_2 en el medio fluidizante reemplazando el CO_2 por vapor.

20 De este modo, el control y funcionamiento del bucle de estanqueidad es fiable, puesto que la recarbonatación de CaO a temperaturas por debajo del equilibrio para la temperatura de calcinación se minimiza y los fenómenos provocados por una excesiva formación de CaCO_3 en el bucle de estanqueidad, concretamente la posible sinterización/aglomeración del lecho y la pérdida de gas de fluidización, se evitan por consiguiente sustancialmente.

25 Según una forma de realización de la invención, se transporta material sólido con los gases de combustión a un separador de material sólido y se separa el material sólido de los gases de combustión en el separador de material sólido y el material sólido separado se recicla desde el separador de nuevo hasta el horno a través del sistema de manipulación de material sólido externo. El sistema de manipulación de material sólido externo comprende un bucle de estanqueidad, en el que el material sólido se fluidiza de manera controlable para controlar el flujo del material sólido de nuevo al horno. Se mezcla una cantidad predeterminada de vapor en el medio fluidizante antes de o durante su introducción en el bucle de estanqueidad y la fluidización del material sólido.

35 Según una forma de realización de la invención, el sistema de manipulación de material sólido externo comprende un intercambiador de calor de lecho fluidizado y el material sólido se hace circular fuera del horno de la caldera de CFB al interior de un intercambiador de calor de lecho fluidizado y en el procedimiento se mezcla una cantidad predeterminada de vapor en el medio fluidizante antes de o durante su introducción en el intercambiador de calor de lecho fluidizado para fluidizar el material sólido en el mismo. De este modo, el control y el funcionamiento del intercambiador de calor de lecho fluidizado es fiable puesto que la recarbonatación de CaO se minimiza y los fenómenos provocados por una cantidad excesiva de CaCO_3 se minimizan. Tales fenómenos desventajosos son entre otros una posible sinterización/aglomeración del lecho, pérdida de gas de fluidización y carburación de tubos de superficie de calor en un entorno con alto contenido en CO_2 , se evitan sustancialmente o al menos se minimizan.

45 Según una forma de realización de la invención, el medio fluidizante comprende una primera parte del gas de combustión recirculante, una segunda parte de oxígeno y una tercera parte de vapor; y el procedimiento comprende una etapa de determinación del caudal o cantidad de agente de reducción de azufre que comprende CaCO_3 introducido en el lecho fluidizado circulante; y una etapa de definición de las proporciones relativas de la primera parte, la segunda parte y la tercera parte basándose en el caudal o cantidad determinados de agente de reducción de azufre introducido; e introducir el medio fluidizante que comprende las proporciones relativas definidas de la primera parte, la segunda parte y la tercera parte del gas de combustión recirculante, el oxígeno y el vapor, respectivamente.

50 Además, según una forma de realización de la invención, se determina el contenido en CO_2 del gas de combustión recirculante, que se tiene en cuenta cuando se determina la presión parcial de CO_2 en el medio fluidizante.

55 Según una forma de realización de la invención, la temperatura del material sólido en el sistema de manipulación de material sólido externo se mide directa o indirectamente y la etapa de definición de las proporciones relativas de la primera parte, la segunda parte y la tercera parte comprende la utilización de la información de temperatura de material sólido real.

60 El vapor utilizado, es decir introducido en el sistema de manipulación de material sólido externo, en el procedimiento de la invención está preferentemente supercalentado y la presión está sustancialmente al nivel de presión prevalente en el entorno objetivo. Por ejemplo, la presión del vapor introducido está preferentemente 0,5 - 5 bar por encima de la presión atmosférica y la temperatura es de 140-200°C.

Según una forma de realización de la invención, el vapor se genera utilizando el calor producido en la caldera de CFB de oxicomcombustión.

5 Según otra forma de realización de la invención, el vapor se genera como vapor de expansión.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, la invención se describirá con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que

- 10 • la figura 1 ilustra una caldera de CFB de oxicomcombustión en la que el procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxicomcombustión según una forma de realización de la invención puede ponerse en práctica ventajosamente,
- 15 • la figura 2 ilustra una caldera de CFB de oxicomcombustión en la que el procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxicomcombustión según otra forma de realización de la invención puede ponerse en práctica ventajosamente,
- 20 • la figura 3 ilustra un diagrama a modo de ejemplo del equilibrio para carbonato de calcio y óxido de calcio en función de la presión parcial de CO₂,
- la figura 4 ilustra una caldera de CFB de oxicomcombustión en la que el procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxicomcombustión según aún otra forma de realización de la invención puede ponerse en práctica ventajosamente, y
- 25 • la figura 5 ilustra una caldera de CFB de oxicomcombustión en la que el procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxicomcombustión según aún otra forma de realización de la invención puede ponerse en práctica ventajosamente.

30 Mejor modo de poner en práctica la invención

La figura 1 da a conocer esquemáticamente una caldera 10 de CFB de oxicomcombustión, que también puede denominarse a continuación caldera de CFB. La caldera 10 de CFB comprende un horno 12 con una parte superior que presenta cuatro paredes laterales sustancialmente verticales, una parte inferior que presenta cuatro paredes laterales de las cuales dos son paredes laterales normalmente inclinadas hacia dentro, un conducto de descarga 14 en la parte superior o extremo superior del horno 12 para llevar el gas de combustión y las partículas sólidas suspendidas de ese modo a un separador 16 de material sólido, un paso 18 de gas de combustión dispuesto en el extremo superior del separador 16 de material sólido para retirar el gas de escape del separador 16 de material sólido.

La caldera de CFB también comprende medios 22 de alimentación de combustible dispuestos en una pared lateral del horno, y medios para introducir un agente de reducción de azufre que comprende CaCO₃ en el lecho 24 fluidizado circulante también dispuesto en una pared lateral del horno. La caldera 10 de CFB de oxicomcombustión comprende una rejilla 26 en la sección inferior del horno 12 y una caja de aire 28 dispuesta en conexión con la rejilla. Se introduce medio fluidizante a través de la caja de aire y la rejilla en el horno en el funcionamiento de la caldera de CFB. Hay conductos con válvulas de control dispuestos para introducir al menos gas de reciclaje y oxígeno en la caja de aire 28.

El paso 18 de gas de combustión que se extiende desde el separador 16 de material sólido está provisto de un sistema de tratamiento de gas de combustión 30 que comprende ventajosamente intercambiadores de calor 32 para recuperar calor de los gases de combustión. El paso 18 también está provisto de una ramificación 36 que proporciona una salida conectada a un conducto de reciclaje de gas de combustión 38 a través del cual la parte de reciclaje del gas de combustión está disponible para el horno y/o su equipo auxiliar. El conducto de reciclaje 38 está provisto de un soplador 40 de reciclaje para elevar la presión del gas de combustión de reciclaje hasta un nivel adecuado. En una caldera de CFB de oxicomcombustión, el gas de combustión de reciclaje se utiliza como gas de fluidización, gas de combustión de reciclaje que contiene cantidades considerablemente grandes de CO₂.

Un primer sistema de retorno de material sólido también está dispuesto en el extremo inferior del separador 16 de material sólido para hacer circular material sólido, proporcionando así una circulación externa de material sólido. Este puede considerarse que es el primer sistema de manipulación de material sólido externo 20 en la caldera de CFB de la figura 1. El primer sistema de manipulación de material sólido 20 puede utilizarse para hacer retornar de manera controlable al menos parte del material sólido separado, es decir, material de lecho, de nuevo a la parte inferior del horno 12. En este contexto, el sistema de manipulación de material sólido externo significa una disposición en la que el material de lecho de la caldera de CFB se maneja fuera del horno, comprendiendo el manipulación una etapa de fluidización del material sólido. El separador 16 de material sólido comprende preferentemente uno o más separadores ciclónicos.

Hay también un segundo sistema de manipulación de material sólido externo 21 en la caldera 10 de CFB de la figura 1 que comprende un intercambiador de calor de lecho fluidizado 45 dispuesto próximo al horno 12 que presenta una pared 50 de división común con el horno 12. La pared de división común presenta al menos una
5 abertura de entrada 52 proporcionada que conecta el horno 12 con el intercambiador de calor de lecho fluidizado 45. La al menos una abertura de entrada está dispuesta para permitir el paso de material sólido desde el horno hasta el intercambiador de calor y hacer circular por tanto material sólido fuera del horno proporcionando una circulación externa de material sólido mediante el segundo sistema de manipulación de material sólido. Hay también al menos una abertura de salida 54 en la pared de división. La abertura de salida está en conexión con
10 un sistema de descarga de material sólido 56 y se abre a la parte inferior del horno por encima de la rejilla 26 para reciclar de manera controlable al menos parte del material sólido desde el intercambiador de calor de lecho fluidizado de nuevo hasta la parte inferior del horno 12. El intercambiador de calor de lecho fluidizado 45 está provisto también de una caja de aire 58 que presenta una sección 59 de fluidización diferenciada para el sistema de descarga de material sólido 56. El sistema de descarga de material sólido es en este caso una denominada
15 cámara de elevación, cuyo funcionamiento se controla controlando la introducción de gas de fluidización a través de la sección 59 en la caja de aire.

La caldera 10 de CFB de oxidación está en conexión con una fuente de oxígeno 42 y una fuente de vapor 44 por medio de un conducto de oxígeno 46 y conducto de vapor 48, respectivamente, cuyo propósito se explica
20 a continuación.

El conducto de reciclaje 38 está en comunicación de flujo con caja de aire 28 del reactor de CFB con el fin de alimentar el gas de combustión de reciclaje de nuevo al interior del horno como gas de fluidización. Adicionalmente, el conducto de oxígeno 46 se conecta a la caja de aire 28 y durante el funcionamiento del
25 reactor de CFB de oxidación se alimenta gas oxidante que comprende una mezcla de gas de combustión de reciclaje y el oxígeno al interior del horno al menos en una condición de estado estacionario.

En la caldera de CFB de oxidación, hay dispuesto un lecho fluidizado circulante introduciendo un gas oxidante en la caldera de CFB a través de la rejilla 26. El gas oxidante alimentado a través de la rejilla 26
30 funciona como gas de fluidización. El gas oxidante se alimenta al interior del horno de modo que se mantenga una velocidad de gas suficiente para crear un lecho fluidizado en el mismo de modo que al menos parte del material sólido (material de lecho) se transporta junto con el gas al interior del separador 16 de material sólido. También se alimenta material combustible al interior del lecho fluidizado circulante mediante los medios 22 de alimentación de combustible. El material combustible se quema en el horno con la ayuda del oxígeno en el gas
35 oxidante.

Durante el funcionamiento de la caldera de CFB de oxidación, se introduce un agente de reducción de azufre que comprende CaCO_3 , tal como caliza, en el horno y, por tanto, en el lecho fluidizado circulante. La caliza se calcina en el horno formando óxido de calcio ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$), que reacciona con SO_2 formando
40 sulfato de calcio ($\text{CaO} + \text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$).

El sulfato de calcio, que es un material sólido, puede retirarse del gas mediante separación. CaSO_4 así como CaO se mezclan eficazmente en el material de lecho de la caldera de CFB y, por tanto, están presentes también en la circulación externa de material sólido de la caldera de CFB.
45

En la caldera de CFB mostrada en la figura 1, la trayectoria principal de la circulación externa de material sólido discurre desde el horno 12 hasta el separador 16 de partículas de la caldera 10 de CFB. Las partículas sólidas separadas se conducen adicionalmente desde el separador 16 de partículas al menos parcialmente de nuevo
50 hasta el horno 12 a través del sistema de manipulación de material sólido externo 20. En el sistema de manipulación de material sólido externo 20, la admisión de partículas sólidas de nuevo a la caldera de CFB se controla mediante un bucle de estanqueidad 46 dispuesto en el sistema 20. El funcionamiento del bucle de estanqueidad se controla por medio fluidizante, es decir, introducción de gas en el bucle de estanqueidad.

El medio fluidizante, que se introduce en el bucle de estanqueidad 46, es una mezcla de medio fluidizante gaseoso y una cantidad predeterminada de vapor en el mismo.
55

Ahora, según una forma de realización preferida de la invención, se mezcla una cantidad predeterminada de vapor desde la fuente de vapor 44 en el medio fluidizante antes de su introducción en el sistema de manipulación de material sólido externo como medio fluidizante. De este modo, la recarbonatación de CaO , que se origina a partir del proceso de reducción de azufre presente en la circulación externa de material sólido en el primer sistema de manipulación de material sólido 20, particularmente en el bucle de estanqueidad 46, se minimiza al tiempo que se fluidiza mediante el medio fluidizante. De este modo, el control y el funcionamiento del bucle de estanqueidad es fiable, puesto que la recarbonización de CaO se minimiza y los fenómenos provocados por la cantidad excesiva de CaCO_3 en el bucle de estanqueidad, concretamente la posible sinterización/aglomeración del lecho y la pérdida de medio fluidizante (CO_2) en la reacción de recarbonatación, se evitan por consiguiente
60 sustancialmente.
65

El bucle de estanqueidad 46 está provisto del sistema de fluidización 60, al que está conectado un conducto de gas 62 a través del cual se introduce el medio fluidizante en el sistema de fluidización 60. El conducto de gas está provisto de un dispositivo 64 de mezclado por medio del cual se controla la mezcla del medio fluidizante. La fuente de vapor 44 está en conexión de flujo con el dispositivo 64 de mezclado por medio de un primer conducto de entrada 66 que presenta una válvula de control 68. Además, la fuente de oxígeno 42 está en conexión de flujo con el dispositivo 64 de mezclado por medio de un segundo conducto de entrada 70 que presenta una válvula de control 72. Además, el conducto de reciclaje 38 está en conexión de flujo con el dispositivo 64 de mezclado por medio de un tercer conducto de entrada 74 que presenta una válvula de control 76 dispuesta en el tercer conducto de entrada. El dispositivo 64 de mezclado hace posible controlar la razón de los componentes del gas de fluidización que está disponible a través de los conductos de entrada primero, segundo y tercero. Debe entenderse que al contrario que la presentación de la figura 1, el dispositivo de mezclado puede estar integrado en el sistema de fluidización 60 o el bucle de estanqueidad 46.

En la caldera de CFB mostrada en la figura 1, hay otra trayectoria de circulación externa de material sólido mediante el segundo sistema de manipulación de material sólido 21. Esto comprende un intercambiador de calor de lecho fluidizado externo 45 próximo al horno 12 y finalmente una trayectoria de nuevo al horno. El intercambiador de calor de lecho fluidizado 45 está provisto de una caja de aire 58 con una sección 59 diferenciada para el sistema de descarga de material sólido 56. El medio fluidizante que se introduce en la caja de aire 58 es una mezcla de medio fluidizante gaseoso y una cantidad predeterminada de vapor mezclado antes de la introducción en el intercambiador de calor de lecho fluidizado.

Ahora, correspondientemente al comportamiento en el bucle de estanqueidad, tal como se describió anteriormente, una cantidad predeterminada de vapor desde la fuente de vapor 44 en el medio fluidizante es mezclada antes de su introducción en el sistema de manipulación de material sólido externo, es decir, en la caja de aire 58 como medio fluidizante. De este modo, la recarbonatación de CaO, que se origina a partir del proceso de reducción de azufre que está presente en el intercambiador de calor de lecho fluidizado externo 45 se minimiza al tiempo que se fluidiza mediante el medio fluidizante. De este modo, el control y el funcionamiento del intercambiador de calor de lecho fluidizado 45 es fiable, puesto que la recarbonatación de CaO se minimiza y los fenómenos provocados por una excesiva formación de CaCO₃, concretamente la posible sinterización/aglomeración del lecho, pérdida de gas de fluidización y carburación de tubos de superficies de calor en un entorno con alto contenido en CO₂, se evitan por consiguiente sustancialmente.

El intercambiador de calor de lecho fluidizado externo 45 está provisto de un sistema de fluidización, es decir, la caja de aire 58, 59 a la que está conectada un conducto de gas 80, a través del cual se introduce el medio fluidizante en la caja de aire 58 y su sección 59 diferenciada. El conducto de gas 80 está provisto de un dispositivo 64 de mezclado, por medio del cual se controla la mezcla del medio fluidizante. La fuente de vapor 44 está en conexión de flujo con el dispositivo 64 de mezclado por medio de un primer conducto de entrada 66 que presenta una válvula de control 68. Además la fuente de oxígeno 42 está en conexión de flujo con el dispositivo 64 de mezclado por medio de un segundo conducto de entrada 70 que presenta una válvula de control 72. Además, el conducto de reciclaje 38 está en conexión de flujo con el dispositivo 64 de mezclado por medio de un tercer conducto de entrada 74 que presenta una válvula de control 76 dispuesta en el tercer conducto de entrada. El dispositivo 64 de mezclado hace posible controlar la razón de los componentes del gas de fluidización disponibles a través de los conductos de entrada primero, segundo y tercero.

Según una forma de realización de la invención, la temperatura del material sólido en el sistema de manipulación de material sólido externo se mide directa o indirectamente mediante un sistema de medición de temperatura 82 y la etapa de definición de las proporciones relativas de la primera parte, la segunda parte y la tercera parte comprende la utilización de la información de temperatura de material sólido real. La cantidad predeterminada de vapor es controlada de manera que la presión parcial de CO₂ en el medio fluidizante se mantenga por debajo de la presión de equilibrio para la recarbonatación de CaO a la temperatura medida del material sólido.

La figura 1 también muestra que cada uno de los varios sistemas de manipulación de material sólido o partes de los mismos en los que se requiere fluidización está provisto de un dispositivo 64 de mezclado por sí mismo.

La figura 2 describe esquemáticamente una caldera de CFB de oxidación en la que el procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según una forma de realización de la invención puede ponerse en práctica ventajosamente. En gran medida, es similar a la de la figura 1 y, por tanto, se utilizan números de referencia correspondientes para los elementos correspondientes. La forma de realización de la figura 2 difiere de la de la figura 1 por el hecho de que el sistema de retorno de material sólido en el extremo inferior del separador 16 de material sólido para hacer circular el material sólido y el intercambiador de calor de lecho fluidizado 45 dispuesto próximo al horno 12 están conectados entre sí. Por tanto, queda claro que hay un bucle de estanqueidad en el intercambiador de calor de lecho fluidizado, también. Esto significa que el material sólido separado mediante el separador 16 se dirige al intercambiador de calor de lecho fluidizado. Incluso si no se muestra en la presente memoria, el material sólido puede dirigirse directamente de nuevo al horno o el material separado se enfría en el intercambiador de calor antes de alimentarse de nuevo al horno.

En la figura 2 se muestra también sólo un dispositivo 64 de mezclado que ilustra que según una forma de realización de la invención, la caldera de CFB está provista de sólo un dispositivo 64 de mezclado en el que se mezcla una cantidad predeterminada de vapor 44 en el medio fluidizante, dispositivo de mezclado a partir del cual el medio fluidizante se dirige a cada uno de varios sistemas de manipulación de material sólido o partes del mismo en donde se requiere fluidización.

La figura 3 muestra un diagrama a modo de ejemplo del equilibrio para carbonato de calcio y óxido de calcio en función de la presión parcial de CO₂ y la temperatura. Puede observarse que, por ejemplo, a la temperatura de 800°C la presión parcial de CO₂ debe ser menor de aproximadamente 0,2 atm con el fin de evitar la recarbonatación de CaO. Por tanto, según una forma de realización de la invención, la cantidad predeterminada de vapor mezclado en el medio fluidizante es controlada de manera que la presión parcial de CO₂ en el medio fluidizante se mantenga por debajo de la presión de equilibrio para la recarbonatación de CaO a la temperatura prevalente del medio fluidizante y/o material sólido que va a fluidizarse.

La figura 4 ilustra aún otra forma de realización de la invención. Mayoritariamente es similar a la de la figura 1 y, por tanto, se utilizan números de referencia correspondientes en conexión con características y elementos correspondientes. También funciona en gran medida de manera similar. La diferencia más significativa en la caldera 10 de CFB de oxidación de la figura 4 se refiere al concepto de sistema de manipulación de material sólido externo, y particularmente al medio fluidizante.

En primer lugar, el bucle de estanqueidad 46 está provisto de un sistema de fluidización 60 al que está conectado un conducto de gas 62 a través del cual se introduce el medio fluidizante en el sistema de fluidización 60. El conducto de gas está provisto de un dispositivo 64 de mezclado por medio del cual se forma y se controla la mezcla del medio fluidizante. Debe entenderse que el dispositivo de mezclado puede estar integrado en el sistema de fluidización 60. En esta forma de realización, la fuente de vapor 44 está en conexión de flujo directamente con el sistema de fluidización 60. La disposición está provista de un primer conducto de entrada 66 que presenta una válvula de control 68 para introducir el vapor. La fuente de oxígeno 42 está en conexión de flujo con el dispositivo 64 de mezclado por medio de un segundo conducto de entrada 70 que presenta una válvula de control 72. Además, el conducto de reciclaje 38 está en conexión de flujo con el dispositivo 64 de mezclado por medio de un tercer conducto de entrada 74 que presenta una válvula de control 76 dispuesta en el tercer conducto de entrada. De este modo, el oxígeno se mezcla preferentemente con el gas de combustión reciclado antes de su introducción en el sistema de fluidización 60, es decir el bucle de estanqueidad en este caso.

Según otra forma de realización de la invención, el vapor se introduce como agua a una primera presión y a una primera temperatura y el agua se despresuriza hasta una segunda presión que es menor que la primera presión de una manera tal que se genera vapor de expansión durante la introducción del vapor como medio fluidizante. Esto se representa en la figura 4 mediante una unidad de expansión 110 en la caja de aire 58 o inmediatamente antes de la misma.

También se ilustra en la figura 4 que la fuente de vapor 44 está en conexión de flujo directo con la caja de aire 28 de la caldera 10. De ese modo, el vapor es uniformemente distribuido en el área, a través de la cual se introduce el medio fluidizante en la caldera.

El medio fluidizante del intercambiador de calor de lecho fluidizado 45 comprende una mezcla de medio fluidizante gaseoso y una cantidad predeterminada de vapor mezclado antes de la introducción en el intercambiador de calor de lecho fluidizado. En la forma de realización de la figura 4, la fuente de vapor 44 está en conexión de flujo directamente con la caja de aire 58. El conducto de gas 80 conectado a la caja de aire 58 está provisto de un dispositivo 64 de mezclado por medio del cual la mezcla del medio fluidizante se controla parcialmente. La fuente de vapor 44 está ahora en conexión de flujo separado con la caja de aire 58. Sin embargo, la fuente de oxígeno 42 está en conexión de flujo con el dispositivo 64 de mezclado por medio de un segundo conducto de entrada 70 que presenta una válvula de control 72. Además, el conducto de reciclaje 38 está en conexión de flujo con el dispositivo 64 de mezclado por medio de un tercer conducto de entrada 74 que presenta una válvula de control 76 dispuesta en el tercer conducto de entrada. El dispositivo 64 de mezclado hace posible controlar la razón de los componentes del gas de fluidización alimentado a través de los conductos. El dispositivo de mezclado no tiene que estar separado de la caja de aire, sino que puede estar integrado también con el mismo.

La figura 4 muestra también una forma de realización de la unidad de producción de vapor 100 que sirve como fuente de vapor. La unidad de producción de vapor 100 está dispuesta para recibir calor del gas de combustión que fluye por el paso 18 de gas de combustión. La unidad de producción de vapor comprende una bomba de agua 102 que aumenta la presión del agua hasta un nivel deseado por encima de la presión atmosférica. El agua presurizada se conduce hasta un intercambiador de calor 104 conectado al paso 18 de gas de combustión en el que el agua se evapora y se supercalienta.

La figura 5 ilustra aún otra forma de realización de la invención. Principalmente, es similar a la de la figura 4 y, por tanto, se utilizan números de referencia correspondientes en relación con características y elementos correspondientes. La figura 5 representa otra forma de realización de la unidad de producción de vapor 100, que sirve como fuente de vapor 44. La unidad de producción de vapor 100 también está dispuesta para recibir calor del gas de combustión que fluye en el paso 18 de gas de combustión. Hay un circuito que comprende un tanque 106 de evaporación instantánea en el que se produce vapor de expansión, circuito que se utiliza como fuente de vapor 44. La parte inferior del tanque 106 de evaporación instantánea está conectada al intercambiador de calor 104 y está dispuesta una bomba de agua 102' en el conducto de conexión. La bomba 102' aumenta la presión del agua hasta un nivel deseado por encima de la presión atmosférica. Se conduce agua presurizada hasta un intercambiador de calor 104 conectado al paso 18 de gas de combustión, en el que se calienta el agua. Posteriormente, se introduce el agua presurizada y calentada en el tanque de evaporación instantánea hasta una presión inferior produciendo así vapor de expansión. Hay una entrada para acumular agua 108 en el circuito para compensar el vapor de expansión producido y utilizado. Esto presenta la ventaja de que el agua utilizada para producir vapor de expansión no necesita tratamiento o sólo tratamiento menor, lo que hace que la disposición, por ejemplo, presente un funcionamiento sencillo.

Ha de indicarse que sólo se han descrito unas cuantas de las formas de realización más ventajosa de la invención anteriormente. Por tanto, queda claro que la invención no se limita a las formas de realización descritas anteriormente, sino que puede aplicarse de muchos modos dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por tanto, queda claro que la fuente de vapor puede ser de manera práctica cualquier fuente de vapor de baja presión disponible, como extracción de turbina de vapor, etc. Las características divulgadas en relación con diversas formas de realización pueden utilizarse también en relación con otras formas de realización dentro del alcance de la invención y/o pueden combinarse diferentes conjuntos de las características divulgadas, si se desea y si es técnicamente viable.

25

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de funcionamiento de una caldera (10) de CFB de oxidación que comprende un horno (12) que presenta una rejilla (26) en su sección inferior, un separador (16) de material sólido conectado a la parte superior del horno y un sistema de manipulación de material sólido externo (20, 21), comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:
- disponer un lecho fluidizado circulante en la caldera (10) de CFB de oxidación,
 - introducir un gas oxidante en la caldera de CFB a través de la rejilla (26) como gas de fluidización, comprendiendo el gas de fluidización un gas de combustión recirculante,
 - introducir un material (22) combustible en el lecho fluidizado circulante,
 - introducir un agente (24) de reducción de azufre que comprende CaCO_3 en el lecho fluidizado circulante,
 - hacer circular el material sólido fuera del horno y proporcionar una circulación externa de material sólido por medio del sistema de manipulación de material sólido externo,
 - fluidizar el material sólido en el sistema de manipulación de material sólido externo introduciendo un medio fluidizante que comprende gas de combustión recirculante en el sistema de manipulación de material sólido externo,
- caracterizado por que
- una cantidad predeterminada de vapor (44) es introducida en el sistema de manipulación de material sólido externo como un componente del medio fluidizante, en el que la cantidad predeterminada de vapor es controlada de manera que la presión parcial de CO_2 en el medio fluidizante se mantenga por debajo de la presión de equilibrio para la recarbonatación de CaO a la temperatura prevalente en el sistema de manipulación de material sólido externo.
2. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1, caracterizado por que el vapor es mezclado (64) en el medio fluidizante antes de su introducción en el sistema de manipulación de material sólido externo (20, 21) como medio fluidizante.
3. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1, caracterizado por que el vapor es uniformemente distribuido (64) en el sistema de manipulación de material sólido externo (20, 21) como medio fluidizante de manera separada de los otros componentes del medio fluidizante introducido en el sistema de manipulación de material sólido externo (20, 21).
4. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1, caracterizado por que el vapor es mezclado (64) en el medio fluidizante durante su introducción en el sistema de manipulación de material sólido externo (20, 21) como medio fluidizante.
5. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1, caracterizado por que el vapor es generado como vapor de expansión a partir de agua originalmente a una primera presión y a una primera temperatura despresurizando el agua hasta una segunda presión que es menor que la primera presión antes de la introducción del vapor dentro del sistema de manipulación de material sólido externo como medio fluidizante.
6. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1, caracterizado por que el vapor es generado como vapor de expansión a partir de agua originalmente a una primera presión y a una primera temperatura despresurizando el agua hasta una segunda presión que es menor que la primera presión durante la introducción del vapor en el sistema de manipulación de material sólido externo como medio fluidizante.
7. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1, caracterizado por que el material sólido es transportado con los gases de combustión hasta el separador (16) de material sólido que separa el material sólido de los gases de combustión en el separador de material sólido y el material sólido separado es reciclado desde el separador de nuevo hasta el horno a través del sistema de manipulación de material sólido externo, comprendiendo el sistema de manipulación de material sólido externo un bucle de estanqueidad (46) en el que el material sólido es fluidizado y la cantidad predeterminada de vapor es introducida en el medio fluidizante antes de su introducción en el bucle de estanqueidad.
8. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1, caracterizado por que el material sólido es transportado con los gases de combustión hasta el separador (16) de

- 5 material sólido que separa el material sólido de los gases de combustión en el separador de material sólido y el material sólido separado es reciclado desde el separador de nuevo hasta el horno a través del sistema de manipulación de material sólido externo, comprendiendo el sistema de manipulación de material sólido externo un bucle de estanqueidad (46), en el que el material sólido es fluidizado y la cantidad predeterminada de vapor es introducida en el medio fluidizante durante su introducción en el bucle de estanqueidad.
- 10 9. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el sistema de manipulación de material sólido externo (21) comprende un intercambiador de calor de lecho fluidizado (45) y el material sólido se hace circular fuera del horno (12) al interior de un intercambiador de calor de lecho fluidizado y la cantidad predeterminada de vapor en el medio fluidizante antes de su introducción (58, 60) es mezclada en el intercambiador de calor de lecho fluidizado.
- 15 10. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el sistema de manipulación de material sólido externo (21) comprende un intercambiador de calor de lecho fluidizado (45) y el material sólido se hace circular fuera del horno (12) al interior de un intercambiador de calor de lecho fluidizado y la cantidad predeterminada de vapor es mezclada en el medio fluidizante durante su introducción (58, 60) en el intercambiador de calor de lecho fluidizado.
- 20 11. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1, caracterizado por que el medio fluidizante comprende una primera parte del gas de combustión recirculante, una segunda parte de oxígeno y una tercera parte de vapor; y el procedimiento comprende una etapa de determinación del caudal o cantidad de agente de reducción de azufre introducido que comprende CaCO_3 en el lecho fluidizado circulante; y una etapa de definición de las proporciones relativas de la primera parte, la segunda parte y la tercera parte basándose en el caudal o cantidad determinados de agente de reducción de azufre introducido; e introducir el medio fluidizante que comprende las proporciones relativas definidas de la primera parte, la segunda parte y la tercera parte del gas de combustión recirculante, el oxígeno y el vapor, respectivamente.
- 25 30 12. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 11, caracterizado por que la temperatura del material sólido en el sistema de manipulación de material sólido externo es medida directa o indirectamente y la etapa de definición de las proporciones relativas de la primera parte, la segunda parte y la tercera parte comprende la utilización de la información de temperatura de material sólido real.
- 35 13. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1, caracterizado por que el vapor es generado utilizando el calor producido en la caldera de CFB de oxidación.
- 40 14. Procedimiento de funcionamiento de una caldera de CFB de oxidación según la reivindicación 1, caracterizado por que el vapor es generado como vapor de expansión.

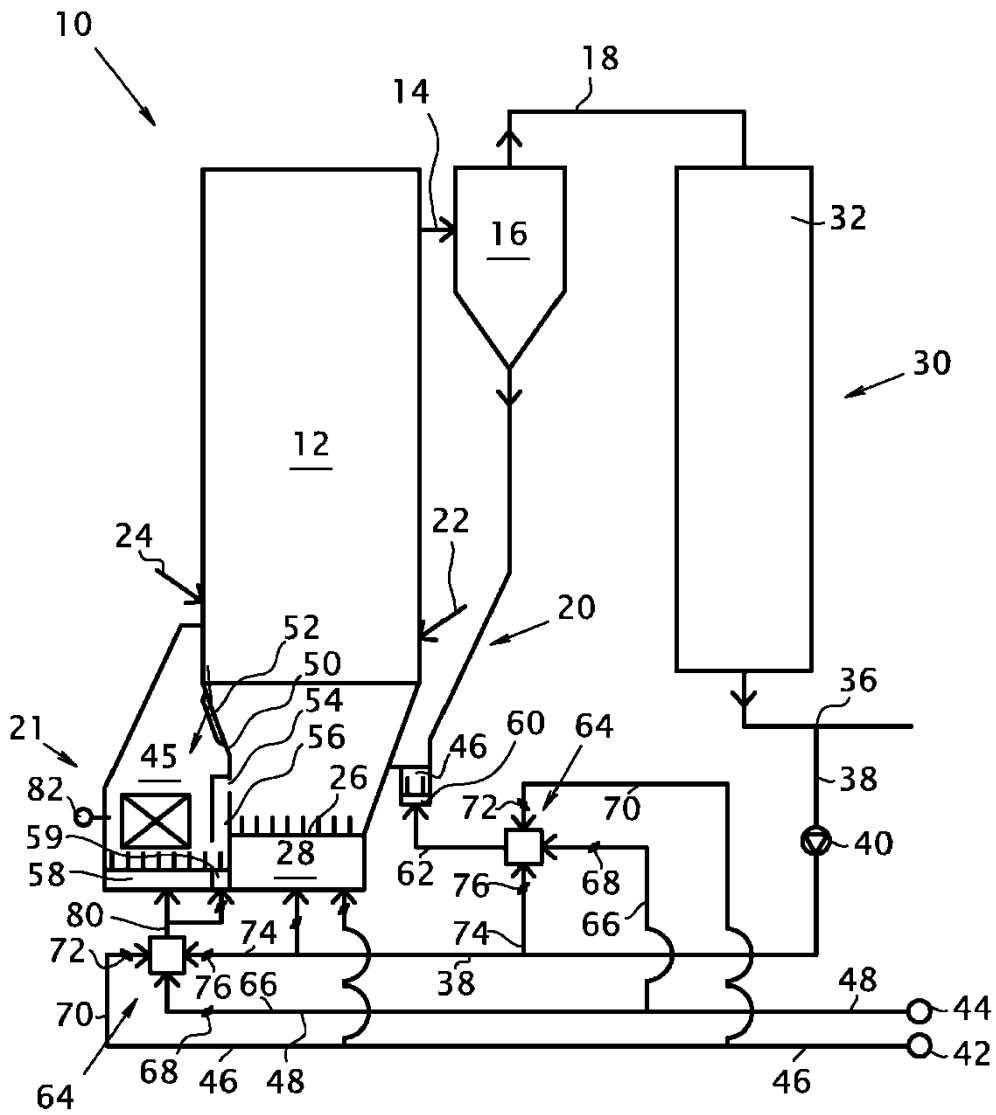


Fig. 1

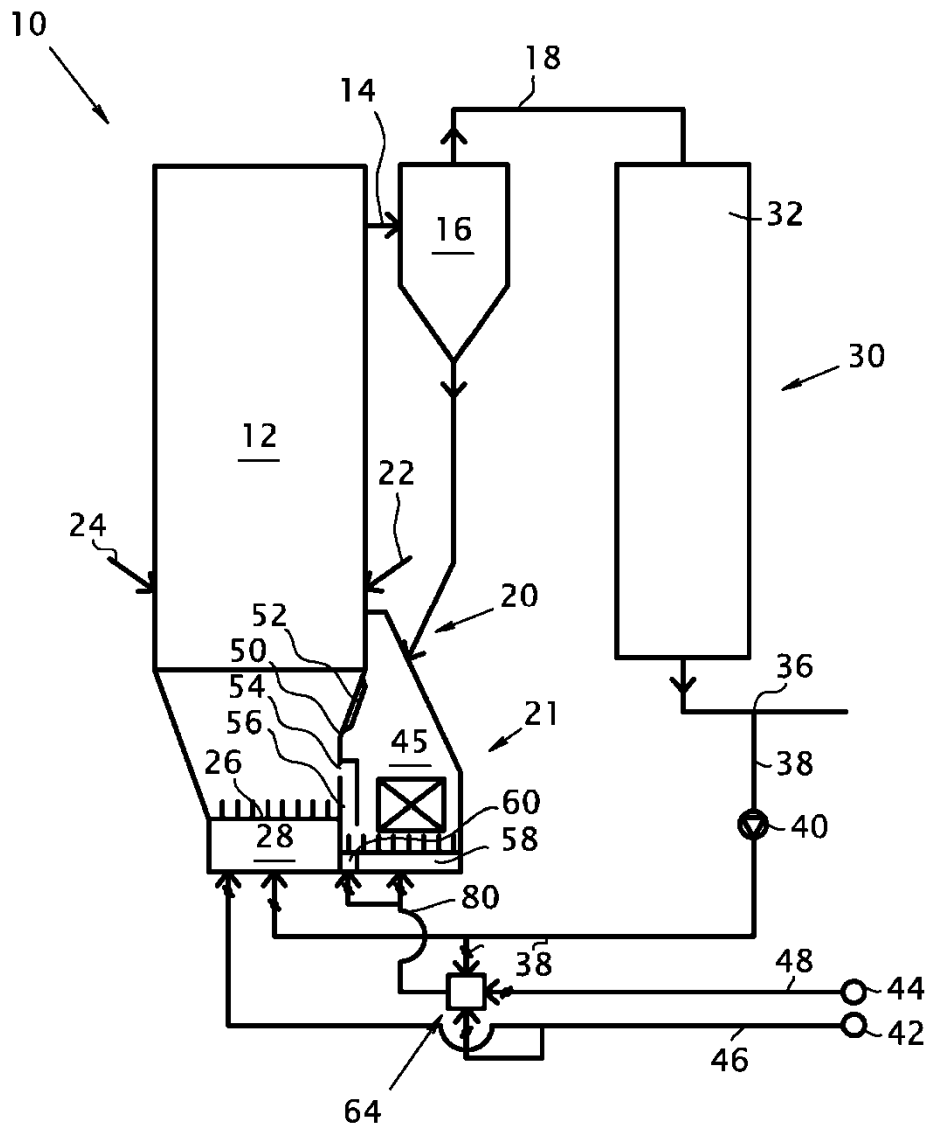


Fig. 2

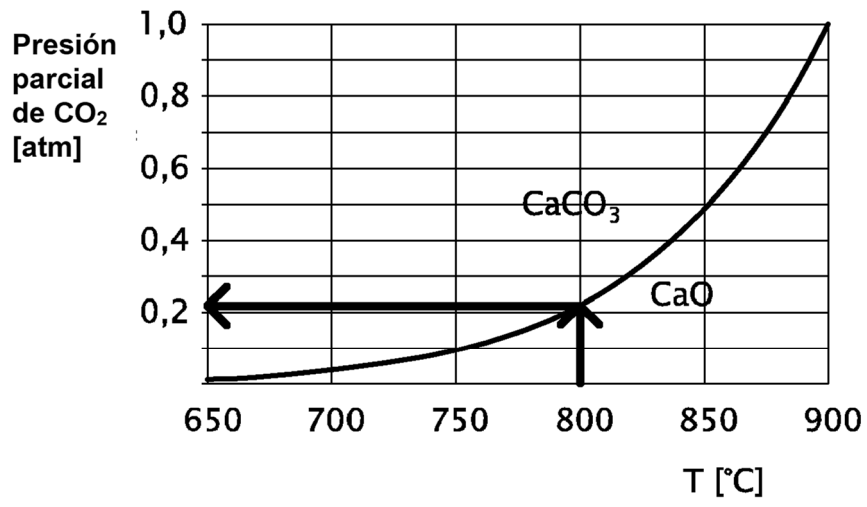


Fig. 3

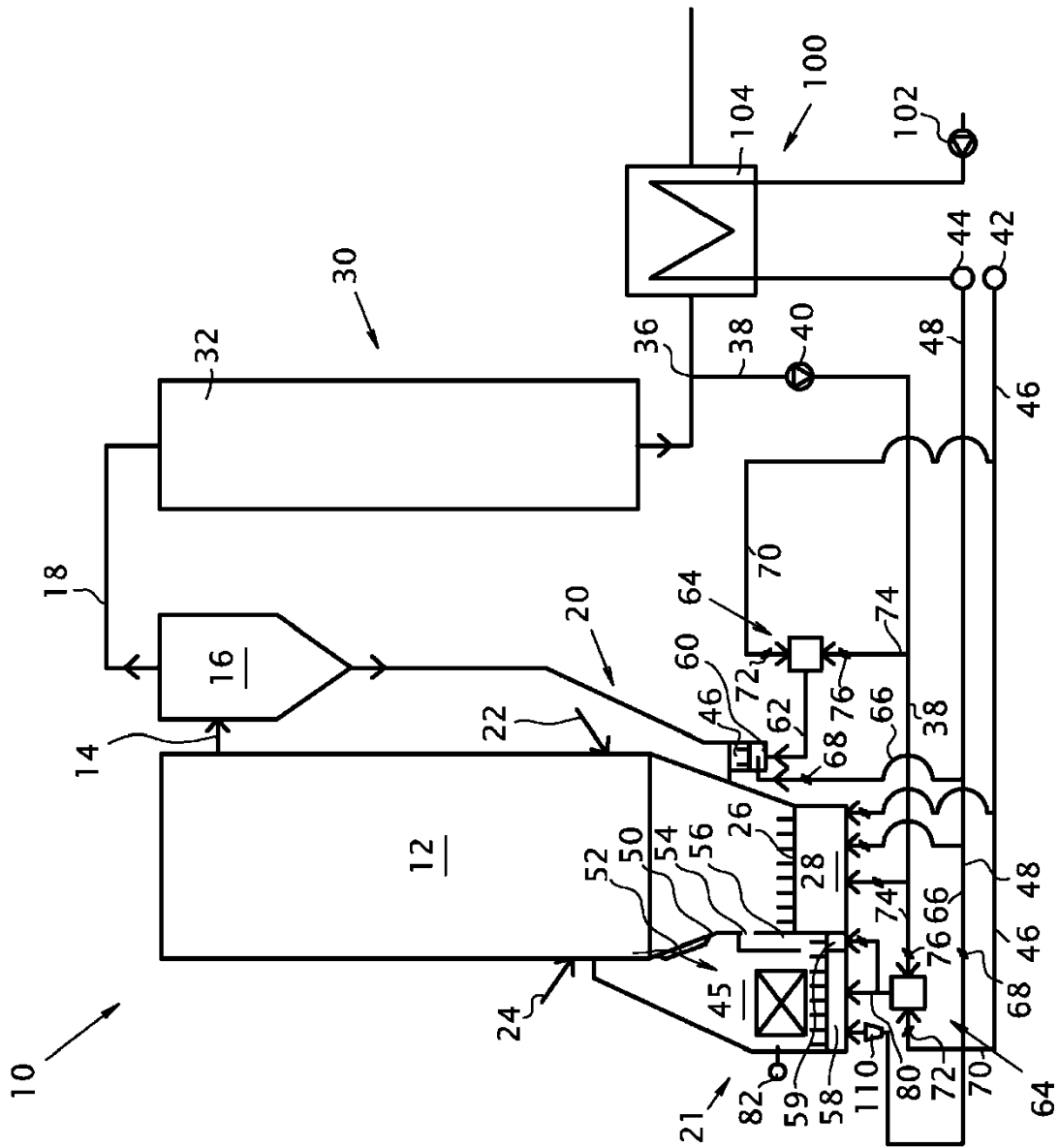


Fig. 4

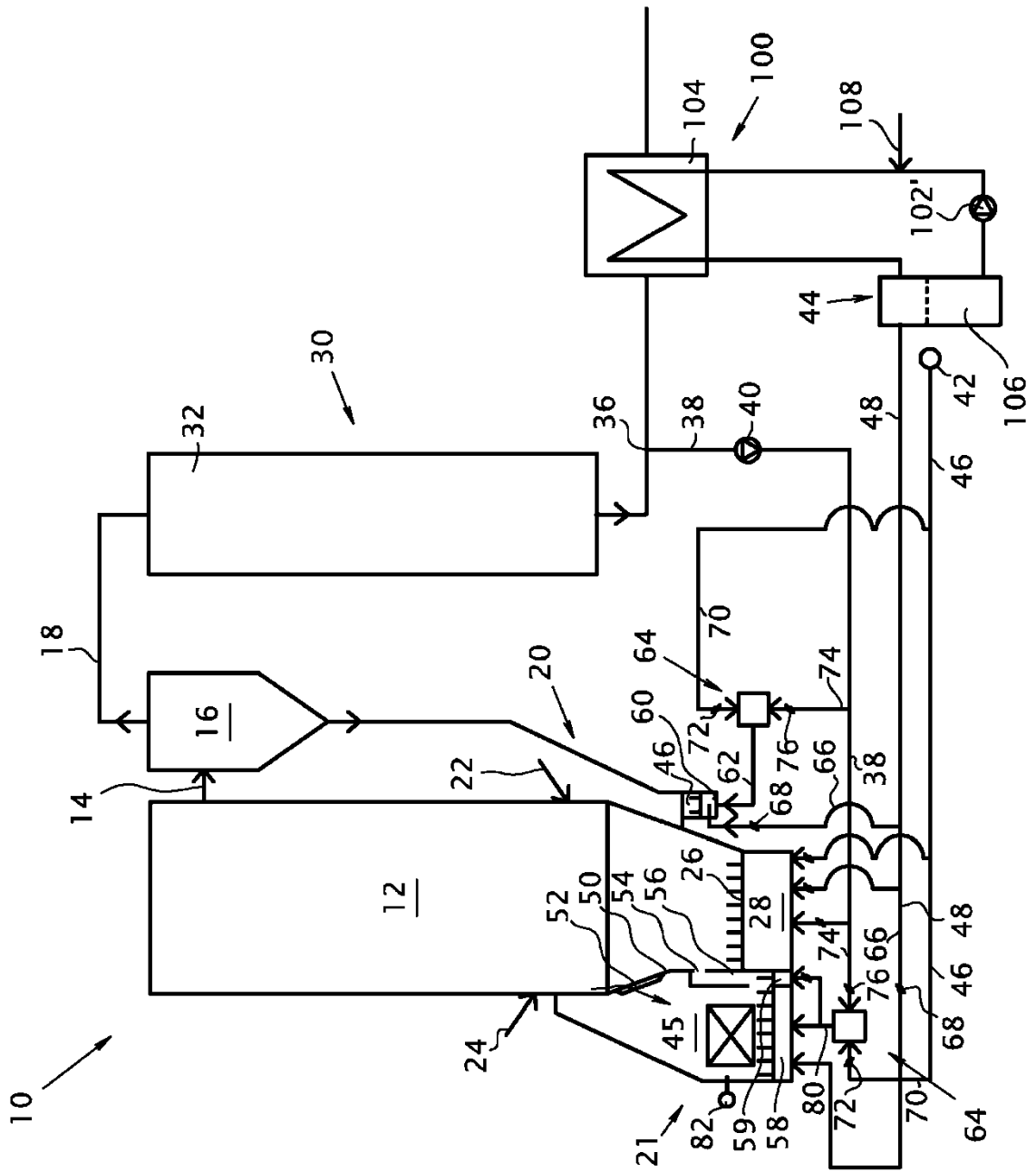


Fig. 5