

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 061**

51 Int. Cl.:

C04B 2/12

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.07.2021** **PCT/EP2021/068842**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.01.2022** **WO22017796**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2021** **E 21748796 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2024** **EP 4182281**

54 Título: **Horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente y procedimiento para calcinar roca carbonatada**

30 Prioridad:

20.07.2020 DE 102020004372

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

28.10.2024

73 Titular/es:

MAERZ OFENBAU AG (33.3%)

Richard-Wagner-Str. 28

8002 Zürich, CH;

THYSSENKRUPP AG (33.3%) y

THYSSENKRUPP POLYSIUS GMBH (33.3%)

72 Inventor/es:

PIRINGER, HANNES

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 984 061 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

Horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente y procedimiento para calcinar roca carbonatada

5 La invención se refiere a un horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (horno de cuba GGR) así como a un procedimiento para calcinar y enfriar material, tal como rocas carbonatadas, con un horno de cuba GGR que presenta un ventilador de alta presión.

10 La calcinación de roca carbonatada en un horno de cuba GGR se conoce desde hace aproximadamente 60 años. Un horno de cuba GGR de este tipo, conocido por ejemplo por el documento WO 2011/072894 A1, presenta dos cubas verticales, paralelas que funcionan cíclicamente, en donde solo en una cuba, la respectiva cuba de calcinación, se calcina, mientras que la otra cuba funciona como cuba de regeneración. A la cuba de calcinación se alimentan el gas de oxidación en corriente continua con el material y el combustible, en donde los gases de escape calientes que se producen a este respecto junto con el aire de refrigeración calentado, alimentado desde abajo, se conducen a través del canal de desbordamiento hacia la cuba de gases de escape, donde los gases de escape se descargan hacia arriba en contracorriente con respecto al material y a este respecto precalientan el material. El material se añade habitualmente desde arriba junto con el gas de oxidación en la cuba, en donde se inyectan combustibles en la zona de calcinación.

20 El material que va a calcinarse pasa habitualmente en cada cuba una zona de precalentamiento para precalentar el material, una zona de calcinación que sigue a esta, en la que se calcina el material y una zona de enfriamiento que sigue a esta, en la que se alimenta aire de refrigeración al material caliente.

25 Los gases de proceso, tal como por ejemplo gases de combustión, aire de refrigeración y aire de combustión, se introducen habitualmente en la cuba de calcinación con una presión de 300 a 400 mbar. Hasta ahora, esta presión de transporte se ha generado mediante un soplador de émbolo rotativo o de un compresor de tornillo, que presentan un grado de acción de aproximadamente el 60 % al 70 %. Los sopladores de émbolo rotativo o los compresores de tornillo, en particular, tienen la ventaja esencial de que suministran una cantidad de aire estrictamente proporcional al número de revoluciones, que sólo varía muy ligeramente en función de la contrapresión. Otra ventaja es que puede descargarse el aire en el ambiente antes de cambiar a la otra cuba del horno y a este respecto se reduce el consumo de energía de los sopladores de émbolo rotativo o de los compresores de tornillo. Es desventajoso en bajo grado de acción. En particular cuando se utilizan gases de combustión con un bajo poder calorífico, tal como por ejemplo los gases de escape de los altos hornos, es necesario comprimir grandes flujos volumétricos. La compresión de los gases de proceso consume mucha energía y se desea reducir el consumo de energía de un horno de cuba GGR.

35 Partiendo de esto, el objetivo de la presente invención es proporcionar un horno de cuba GGR y un procedimiento para calcinar roca carbonatada con un horno de cuba GGR, que presenten un menor requerimiento de energía para comprimir los gases de proceso que los conocidos hornos de cuba GGR y procedimientos para calcinar roca carbonatada con un horno de cuba GGR.

40 Este objetivo se resuelve de acuerdo con la invención mediante un dispositivo con las características de la reivindicación de procedimiento independiente 1 y mediante un procedimiento con las características de la reivindicación de dispositivo independiente 8. Perfeccionamientos ventajosos resultan de las reivindicaciones dependientes.

45 Según un primer aspecto, la invención comprende un procedimiento para calcinar y enfriar material, tal como rocas carbonatadas, en un horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente con dos cubas, que se hacen funcionar alternativamente como cuba de calcinación y como cuba regenerativa, en donde el material fluye a través de una zona de precalentamiento, al menos una zona de calcinación y una zona de enfriamiento hasta una salida de material. Al menos un flujo de gas se comprime mediante un ventilador de alta presión y se introduce en el horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente.

55 El horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente presenta al menos dos cubas, que están dispuestas preferentemente en paralelo una con respecto a otra y de manera vertical. Las cubas pueden accionarse alternativamente como cuba de calcinación y como cuba regenerativa, en donde cada cuba presenta en dirección de flujo del material una zona de precalentamiento para precalentar el material, una zona de calcinación para calcinar el material y una zona de enfriamiento para enfriar el material. Cada cuba presenta preferentemente una entrada de material para introducir material que va a calcinarse en la cuba, en donde se encuentra la entrada de material en particular en el extremo superior de la respectiva cuba, de modo que el material caiga en la respectiva cuba debido a la gravedad.

60 En el caso del combustible se trata, por ejemplo, de un gas de combustión, como el gas de alto horno, con un valor calorífico inferior a 6,6 MJ/Nm³ o gas natural. Por ejemplo, el combustible se añade a la zona de precalentamiento o la zona de calcinación de la respectiva cuba.

65 La compresión de los flujos de gas, que se alimentan a la cuba, en particular a la cuba de calcinación, se realiza de

acuerdo con la invención por medio de uno o una pluralidad de ventiladores de alta presión. En el caso de un ventilador de alta presión se trata preferentemente de un ventilador que está configurado de manera que comprime el flujo de gas hasta una presión de aproximadamente 300 mbar a 500 mbar, en particular 400 mbar. El ventilador de alta presión está configurado preferentemente como ventilador axial o como ventilador radial con un impulsor atravesado axial o radialmente, que preferentemente gira en una carcasa. El número de revoluciones del ventilador de alta presión se ajusta preferentemente a través de un convertidor de frecuencia conectado con este. A diferencia de un compresor convencional, tal como por ejemplo un soplador de émbolo rotativo, el compresor de alta presión presenta una curva característica, en particular una curva característica de presión-volumen o curva de rendimiento, que no discurre de manera lineal.

Un ventilador de alta presión de este tipo ofrece la ventaja de un consumo de energía muy bajo en comparación con los compresores alternativos, en donde se genera a la vez de forma eficaz una sobrepresión de aproximadamente 400 mbar en la cuba. La invención se basa en el conocimiento de que un ventilador de alta presión también ofrece suficiente seguridad de funcionamiento en un proceso de cambio, en donde se cambia la función de la cuba de calcinación y de la cuba regenerativa, y garantiza una caída de presión suficiente en la cuba accionada como cuba de calcinación durante un proceso de cambio.

De acuerdo con una primera forma de realización, en el caso del flujo de gas compactado por medio del uno o la pluralidad de ventiladores de alta presión se trata de un flujo de aire de refrigeración que se introduce en la zona de enfriamiento, un flujo de aire de combustión que se introduce en la zona de precalentamiento y/o la zona de calcinación y/o de un flujo de gas de combustión que se introduce en la zona de precalentamiento y/o la zona de calcinación. Igualmente es concebible que un flujo de aire de refrigeración, que se dirige a lo largo de la pared exterior de la cuba, preferentemente por la parte inferior del revestimiento refractario de la zona de calcinación, se comprima por medio del uno o la pluralidad de ventiladores de alta presión.

Cada cuba presenta preferentemente una pluralidad de lanzas de quemador que se extienden en la zona de precalentamiento y, en particular, en la zona de calcinación de la respectiva cuba y sirven para conducir, por ejemplo, gas de combustión y/o un gas de oxidación, tal como aire o aire enriquecido con oxígeno u oxígeno puro.

De acuerdo con otra forma de realización, para cambiar entre el funcionamiento de una cuba como cuba de calcinación y el funcionamiento de la cuba como cuba regenerativa, se realizan preferentemente al menos las siguientes etapas de procedimiento:

- a. finalizar la alimentación de combustible en la cuba accionada como cuba de calcinación y
- b. reducir el número de revoluciones del ventilador de alta presión en como máximo del 50 % al 65 %, y/o cerrar un dispositivo de cierre entre el ventilador de alta presión y la cuba, de modo que fluye en la cuba menos o ningún flujo de gas comprimido por medio del respectivo ventilador de alta presión.
- c. alimentar combustible en la otra de las dos cubas. Por la otra de las dos cubas ha de entenderse la cuba que no se acciona como cuba de calcinación en la etapa a., preferentemente la cuba que se ha accionado como cuba regenerativa antes del cambio.

Según un conocimiento de los inventores, una reducción del número de revoluciones del ventilador de alta presión en como máximo del 50 % al 65 % ya es suficiente para llevar a cabo el proceso de cambio entre el funcionamiento de una cuba como cuba de calcinación y como cuba regenerativa sin causar daños por sobrepresión del horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente. Preferentemente, las etapas a. y b. se llevan a cabo aproximadamente de forma simultánea.

En el caso del dispositivo de cierre se trata, por ejemplo, de una tapa o una válvula, en donde el dispositivo de cierre está configurado preferentemente de manera que, en una posición cerrada, reduce o impide completamente un flujo de gas desde el respectivo ventilador de alta presión hacia la cuba. Además, en la posición cerrada del dispositivo de cierre, se reduce o se impide completamente un flujo de gas entre el ventilador de alta presión y el entorno. Preferentemente, durante el proceso de cambio no se abre ningún dispositivo de expansión, tal como tapas o válvulas, en las tuberías de aire de combustión y/o tuberías de aire de refrigeración hacia la cuba, para liberar el aire de combustión o el aire de refrigeración al entorno. Debido a ello se evita una emisión de polvo de cal al aire ambiente.

El cierre del dispositivo de cierre permite una rápida y eficaz reducción de la presión dentro de la cuba, de manera que se posibilita un cambio rápido entre el funcionamiento de la cuba como cuba de calcinación y la cuba regenerativa. Preferentemente, el dispositivo de cierre se cierra de manera que el flujo de gas introducido en la cuba por medio de los ventiladores de alta presión se reduce en al menos aproximadamente del 50 % al 65 %.

La reducción del número de revoluciones de los ventiladores de alta presión de acuerdo con la etapa de procedimiento b. se realiza preferentemente durante un intervalo de tiempo de aproximadamente 10 a 30 segundos, en particular 20 segundos. A continuación del intervalo de tiempo, el ventilador de alta presión se hace funcionar preferentemente con el número de revoluciones reducido.

El cierre del dispositivo de cierre de acuerdo con la etapa de procedimiento b. se realiza preferentemente durante un

espacio de tiempo de aproximadamente 1 a 5 segundos, en particular 3 segundos. Preferentemente, el número de revoluciones de los ventiladores de alta presión no se reduce o únicamente se reduce ligeramente, tal como por ejemplo en del 10 % al 30 %, en el caso de un cierre de los dispositivos de cierre.

5 De acuerdo con otra forma de realización, para cambiar entre el funcionamiento de una cuba como cuba de calcinación y el funcionamiento de la cuba como cuba regenerativa, se realizan al menos las siguientes etapas de procedimiento:

- a. finalizar la alimentación de combustible en la cuba accionada como cuba de calcinación,
- 10 b. reducir la cantidad de gas hacia el ventilador de alta presión por medio de un regulador de remolino dispuesto en el respectivo ventilador de alta presión,
- c. cerrar un dispositivo de cierre entre el ventilador de alta presión y la cuba, de modo que entre en la cuba menos o ningún flujo de gas comprimido por medio del respectivo ventilador de alta presión,
- d. abrir una válvula de descarga dispuesta aguas abajo del ventilador de alta presión para descargar el gas comprimido por medio del ventilador de alta presión de la tubería y
- 15 e. alimentar combustible en la otra de las dos cubas.

En dirección de flujo del gas aguas arriba del ventilador de alta presión está dispuesto preferentemente un dispositivo de medición de flujo para determinar la cantidad de gas, en particular de aire, que fluye a través de la tubería hacia el ventilador de alta presión por unidad de tiempo. El ventilador de alta presión presenta preferentemente un regulador de remolino que está configurado para regular el remolino del flujo de gas y está dispuesto en particular en la entrada de gas del ventilador de alta presión. Por ejemplo, el regulador de remolino presenta una pluralidad de aletas guiadoras a través de las cuales fluye el flujo de gas. Los ángulos de ataque de las aletas guiadoras pueden ajustarse preferentemente, de modo que el remolino del flujo de gas que entra en el ventilador de alta presión puede ajustarse cambiando el ángulo de ataque de las aletas guiadoras.

25 Un dispositivo de medición de la presión está dispuesto preferentemente a aguas abajo del ventilador de alta presión y está configurado para determinar la presión dentro de la tubería aguas abajo del ventilador de alta presión. Aguas abajo del ventilador de alta presión, por ejemplo, está colocada una válvula de descarga que, en una posición abierta, permite que un flujo de gas desde la tubería, por ejemplo, al entorno, y, en una posición cerrada, no permite ningún flujo de gas desde la tubería. La válvula de descarga está dispuesta, por ejemplo, aguas arriba del dispositivo de medición de la presión. Un dispositivo de cierre descrito ya anteriormente está dispuesto preferentemente en dirección de flujo del gas detrás del dispositivo de medición de la presión.

35 En la etapa b, la cantidad de gas se reduce, por ejemplo, en al menos del 50 % al 65 %. La reducción de la cantidad de gas se realiza preferentemente por medio del regulador de remolino, en particular a través de una modificación de los ángulos de ataque de las aletas guiadoras del regulador de remolino. Preferentemente, el número de revoluciones del ventilador de alta presión se mantiene esencialmente constante durante el proceso de cambio o se reduce sólo ligeramente, en particular en como máximo del 10 % al 30 %.

40 Preferentemente, la cantidad de gas que fluye a través de la tubería hacia el ventilador de alta presión se determina por medio del dispositivo de medición de flujo. La anchura de apertura de la válvula de descarga puede ajustarse preferentemente de forma continua. Preferentemente, la anchura de apertura de la válvula de descarga y/o del regulador de remolino se ajusta en función de la cantidad de gas determinada por medio del dispositivo de medición de flujo. Preferiblemente, se determina de antemano un valor teórico para la cantidad de gas.

45 Si el valor determinado de la cantidad de gas supera el valor teórico predeterminado, el regulador de remolino, en particular el ángulo de ataque de las aletas guiadoras, se ajusta de tal manera que se reduce la cantidad de gas que entra en el ventilador de alta presión. Si el valor determinado de la cantidad de gas queda por debajo del valor teórico predeterminado, el regulador de remolino, en particular el ángulo de ataque de las aletas guiadoras, se ajusta de tal manera que se eleva la cantidad de gas que entra en el ventilador de alta presión.

50 Si el valor determinado de la cantidad de gas supera el valor teórico predeterminado, se eleva preferentemente la anchura de apertura de la válvula de descarga. Si el valor determinado de la cantidad de gas queda por debajo del valor teórico predeterminado, se reduce la anchura de apertura de la válvula de descarga.

55 El circuito descrito ofrece la ventaja de que no es necesaria una reducción del número de revoluciones del ventilador de alta presión. Más bien, la cantidad de aire hacia el ventilador de alta presión se reduce y, preferentemente, se reduce hasta un mínimo. Un número de revoluciones esencialmente constante del ventilador de alta presión evita de forma eficaz las tensiones mecánicas en el ventilador de alta presión causadas por las fluctuaciones del número de revoluciones.

60 De acuerdo con otra forma de realización, a continuación o simultáneamente con la etapa b), se realiza un aumento del número de revoluciones de un ventilador de gases de escape para el transporte del gas de escape del horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente, de modo que la cantidad de gas de escape descargado de la cuba, en particular de la cuba regenerativa, se incrementa y, preferentemente, se facilita la descarga de gas de escape de la cuba. Esto proporciona una rápida caída de presión dentro de las cubas del horno GGR. Por ejemplo, el

número de revoluciones de los ventiladores de gases de escape se incrementa en aproximadamente del 5 % al 30 %, en particular del 15 %.

De acuerdo con otra forma de realización, a continuación de la etapa b y/o a continuación del aumento del número de revoluciones del ventilador de gases de escape, se abre el dispositivo de cierre de los gases de escape en la tubería de gases de escape para conducir gases de escape desde la cuba accionada como cuba de calcinación. Preferiblemente, cada cuba presenta una salida de gases de escape, que está conectada con una tubería de gases de escape y con el ventilador. Preferentemente, a cada salida de gases de escape está asignada un dispositivo de cierre de gases de escape, tal como por ejemplo una tapa o una válvula, colocado preferentemente en la tubería de gases de escape, que impide en la posición cerrada un flujo de gas de escape desde la cuba respectiva hacia la tubería de gases de escape y en la posición abierta lo permite. En el funcionamiento, en particular en el funcionamiento de calcinación, del horno de cuba GGR, exclusivamente está abierto preferentemente el dispositivo de cierre de gases de escape, que está asignado a la salida de gases de escape de la cuba accionada como cuba regenerativa. Durante el cambio, el dispositivo de cierre de gases de escape, que está asignado a la salida de gases de escape de la cuba accionada como cuba de calcinación, se abre preferentemente de manera adicional. Preferentemente, para el cambio se abren todos los dispositivos de cierre de gases de escape de la tubería de gases de escape. Esto proporciona adicionalmente una rápida pérdida de presión dentro de la cuba de calcinación. En particular, el dispositivo de cierre de gases de escape se abre tan pronto como la presión dentro de la cuba, especialmente dentro de la cuba de calcinación, haya quedado por debajo de un valor límite predeterminado. En el caso del valor límite se trata, por ejemplo, de aproximadamente 100 mbar a 300 mbar, preferentemente 200 mbar.

De acuerdo con otra forma de realización, el material calcinado se descarga del horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente mediante un sistema de descarga, en donde el sistema de descarga presenta una salida de material y un acumulador intermedio, que sigue a esta, con otra salida de material y en donde el material se descarga continuamente desde el horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente durante el funcionamiento de una cuba como cuba de calcinación y no se realiza ninguna descarga de material desde el horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente durante el cambio entre el funcionamiento de una cuba como cuba de calcinación y el funcionamiento de la cuba como cuba regenerativa. Por ejemplo, la etapa a. comprende el cierre del sistema de descarga, en particular al menos de una o todas las salidas de material del sistema de descarga.

De acuerdo con otra forma de realización, se determina la presión dentro de la cuba y se abre la salida de material para descargar material calcinado de la cuba accionada como cuba de calcinación, cuando la presión haya quedado por debajo de un valor límite predeterminado. Debido a ello se impide una salida del polvo de cal al entorno a través de la salida de material debido a la sobrepresión. Preferentemente, se determina la presión dentro de la cuba de calcinación. En el caso del valor límite se trata, por ejemplo, de 20 mbar. Opcionalmente, a continuación de la etapa b y antes de la etapa c. se abre la salida de material para descargar material de la cuba accionada como cuba de calcinación, de modo que el material calcinado se descarga de la cuba de calcinación. En el caso de la salida de material se trata, por ejemplo, de tapas que pueden abrirse y cerrarse, en particular de forma automática o manual, preferentemente de forma continua. A continuación, preferentemente al mismo tiempo o antes de la etapa c, la salida de material se cierra de nuevo, preferentemente, tras un intervalo de tiempo predeterminado. A continuación de esto, se invierte el funcionamiento de la cuba, en donde se introduce el combustible y el aire de combustión en la cuba regenerativa previa.

Igualmente es concebible que un dispositivo de expansión, tal como por ejemplo una válvula o una tapa para liberar el flujo de gas al entorno, se abra dentro de la tubería de aire de combustión y/o de la tubería de aire de refrigeración cuando la presión determinada supere un determinado valor límite. Preferentemente, el dispositivo de expansión se abre a continuación de la etapa b, en particular a continuación de la reducción del número de revoluciones del ventilador de alta presión o el cierre del dispositivo de cierre. En el caso del valor límite se trata, por ejemplo, de 100 mbar a 300 mbar, preferentemente 200 mbar. El dispositivo de expansión presenta preferentemente una posición cerrada en la que permite un flujo de gas desde el ventilador hacia la cuba y una posición abierta en la que impide un flujo de gas entre el ventilador y la cuba y permite un flujo de gas desde el ventilador más allá de la respectiva tubería hacia el entorno.

El procedimiento para calcinar y enfriar material en un horno de cuba regenerativa de corriente continua y contracorriente, en particular el cambio entre el funcionamiento de una cuba como cuba de calcinación y el funcionamiento de la cuba como cuba regenerativa, comprende una pluralidad de variantes que se han descrito anteriormente. En resumen, a continuación se mencionan a modo de ejemplo al menos tres variantes para el cambio del funcionamiento:

Una primera variante para el cambio del funcionamiento comprende:

- a. finalizar la alimentación de combustible en la cuba accionada como cuba de calcinación y al mismo tiempo,
- b. reducir el número de revoluciones del ventilador de alta presión en como máximo del 50 % al 65 %, y/o cerrar un dispositivo de cierre entre el ventilador de alta presión y el horno, de modo que fluya en la cuba menos o ningún flujo de gas comprimido por medio del respectivo ventilador de alta presión, de modo que disminuya la sobrepresión en el horno y

c. abrir el dispositivo de cierre de gases de escape asignado a la cuba de calcinación, cuando una presión en la cuba de calcinación se ha quedado por debajo de 200 mbar, preferentemente para descargar la sobrepresión residual que se encuentra en el horno en dirección del filtro de gases de escape y a continuación

d. abrir y cerrar la salida de material para descargar material de la cuba de calcinación y a continuación

e. alimentar gas de oxidación en la cuba que se hace funcionar en consecuencia como cuba de calcinación,

f. cerrar el dispositivo de cierre de gases de escape en la cuba del horno que en consecuencia se hace funcionar como cuba de calcinación y a continuación

g. abrir los dispositivos de cierre entre los ventiladores de alta presión y el horno así como aumentar el número de revoluciones de los ventiladores de alta presión, de modo que los gases necesarios para la combustión y el enfriamiento se encuentren a disposición de nuevo en la cantidad correcta y

h. alimentar combustible en la cuba de calcinación.

Otra variante difiere de la primera variante descrita en que la etapa c se sustituye por la apertura de los dispositivos de expansión en la tubería de aire de combustión y/o de aire de refrigeración, cuando la presión en la cuba queda por debajo de un valor de 200 mbar con el fin de descargar al entorno la sobrepresión residual que se encuentra en la cuba.

Otra variante difiere de la primera variante descrita en que se omite la etapa d, en donde la etapa a comprende el cierre del sistema de descarga y el sistema de descarga se vuelve a abrir al mismo tiempo o a continuación de la etapa h.

La invención comprende además un horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente para calcinar y enfriar material, tal como rocas carbonatadas, con dos cubas que pueden accionarse alternativamente como cuba de calcinación y como cuba regenerativa, en donde cada cuba presenta en dirección de flujo del material una zona de precalentamiento para precalentar el material, una zona de calcinación para calcinar el material y una zona de enfriamiento para enfriar el material, el horno de cuba GGR presenta al menos un ventilador de alta presión que está configurado y dispuesto para comprimir un flujo de gas introducido en el horno de cuba GGR.

Las formas de realización y ventajas descritas anteriormente con referencia al procedimiento para calcinar y enfriar material, tal como rocas carbonatadas, en un horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente igualmente se aplican al horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente de acuerdo con el dispositivo. De acuerdo con una forma de realización, el horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente presenta una entrada de aire de combustión para introducir aire de combustión y/o un gas de combustión en la zona de precalentamiento y/o la zona de calcinación, y una entrada de aire de refrigeración para introducir aire de refrigeración en la zona de enfriamiento, en donde la entrada de aire de combustión y/o la entrada de aire de refrigeración están conectadas con en cada caso un ventilador de alta presión, en particular de manera que el compresor de alta presión comprime el aire de refrigeración y el aire de combustión. Además, el horno de cuba GGR presenta preferentemente una tubería anular de aire de refrigeración para conducir aire de refrigeración a través de la parte inferior del revestimiento refractario de la zona de calcinación, en donde la tubería anular de aire de refrigeración está conectada con un ventilador.

Preferentemente el horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente presenta un dispositivo de control/regulación, que está conectado con una entrada de combustible para introducir gas de combustión en la cuba y está configurado de manera que prevé un estado de funcionamiento para cambiar entre el funcionamiento de una cuba como cuba de calcinación y el funcionamiento de la cuba como cuba regenerativa y de manera que detiene la alimentación de gas de combustión a través de la entrada de combustible en este estado de funcionamiento.

La entrada de combustible se forma preferentemente por las lanzas de quemador o la entrada de aire de combustión. La alimentación de gas de combustión se ajusta preferentemente a través de dispositivos de dosificación conectados con la entrada de combustible, tal como tapas o válvulas. Preferentemente, el dispositivo de control/regulación está conectado con los dispositivos de dosificación para ajustar la alimentación de gas de combustión en la cuba.

En particular, el dispositivo de control/regulación está conectado con el ventilador de alta presión y está configurado de manera que reduce el número de revoluciones del ventilador de alta presión en como máximo del 50 % al 65 % en el estado de funcionamiento del cambio.

Opcionalmente cada cuba presenta una salida de gases de escape para descargar gases de escape de la cuba respectiva, en donde la salida de gases de escape está conectada con un ventilador y en donde el dispositivo de control/regulación está configurado de manera que eleva el número de revoluciones del ventilador en el estado de funcionamiento del cambio.

El aumento del número de revoluciones del ventilador en la tubería de gases de escape se realiza preferentemente a continuación de o al mismo tiempo que la reducción del número de revoluciones del ventilador de alta presión. El ventilador está configurado, por ejemplo, como ventilador de baja presión o como ventilador de media presión, de modo que este genera en particular una presión de aproximadamente 20 mbar a 40 mbar, preferentemente 30 mbar. Además, la salida de gases de escape está conectada preferentemente con un filtro de gases de escape dispuesto

aguas arriba del ventilador para filtrar el polvo del gas de escape.

Preferentemente cada salida de gases de escape está conectada con el ventilador a través de una tubería de gases de escape, en donde al menos un dispositivo de cierre de gases de escape está dispuesto en la tubería de gases de escape, que está conectado con el dispositivo de control/regulación y en donde el dispositivo de control/regulación está configurado de manera que abre el dispositivo de cierre de gases de escape en el estado de funcionamiento del cambio a continuación del aumento del número de revoluciones del ventilador. En particular, el dispositivo de cierre de gases de escape está conectado con el dispositivo de control/regulación de manera que este abre el dispositivo de cierre de gases de escape cuando la presión dentro de la cuba, en particular de la cuba de calcinación, determinada por medio del dispositivo de medición de la presión, haya quedado por debajo de un valor límite predeterminado. En el caso del valor límite se trata, por ejemplo, de aproximadamente 100 mbar a 300 mbar, preferentemente 200 mbar.

En particular, cada cuba presenta una salida de material para descargar el material calcinado de la cuba respectiva y un dispositivo de medición de la presión para determinar la presión dentro de la cuba, en donde el dispositivo de control/regulación está conectado con la salida de material y el dispositivo de medición de la presión y está configurado de manera que abre la salida de material cuando la presión determinada queda por debajo de un valor límite predeterminado.

De acuerdo con otra forma de realización, cada cuba presenta un sistema de descarga con una salida de material para descargar el material calcinado de la respectiva cuba y un acumulador intermedio, que sigue a la salida de material, con otra salida de material.

El sistema de descarga presenta preferentemente dos salidas de material dispuestas una detrás de la otra, que están configuradas por ejemplo como tapas, en donde está dispuesto un acumulador intermedio entre las salidas de material. Esta salida de material en forma de esclusa permite una descarga del material de la cuba respectiva en caso de sobrepresión en las cubas del horno sin que el polvo de cal pase al entorno. Además, a los sistemas de descarga de las dos cubas les sigue preferentemente una tolva para alojar el material.

Por ejemplo, a cada ventilador de alta presión está asignado un dispositivo de cierre que, en una posición cerrada, impide un flujo de gas desde el respectivo ventilador de alta presión hacia la cuba y en donde el dispositivo de control/regulación está conectado con el dispositivo de cierre y está configurado de manera que mueve el dispositivo de cierre a la posición cerrada en el estado de funcionamiento del cambio.

Preferentemente, el dispositivo de cierre se cierra a continuación de o al mismo tiempo que la reducción del número de revoluciones del ventilador de alta presión. El dispositivo de cierre es, por ejemplo, una tapa o una válvula y preferentemente está configurado de manera que, en una posición cerrada, impide un flujo de gas desde el ventilador respectivo, en particular el ventilador de alta presión, hacia la cuba. Preferentemente, la tubería de aire de combustión y las tuberías de aire de refrigeración presentan en cada caso un dispositivo de cierre que está conectado posteriormente con el ventilador respectivo. En la posición cerrada del dispositivo de cierre, este impide preferentemente un flujo de gas desde la tubería respectiva hacia el entorno.

Descripción de los dibujos

La invención se explica con más detalle a continuación mediante varios ejemplos de realización con referencia a las figuras adjuntas.

La figura 1 muestra una representación esquemática de un horno de cuba GGR en una vista en sección de acuerdo con un ejemplo de realización.

La figura 1a muestra una representación esquemática de la sección A de la figura 1 de acuerdo con un ejemplo de realización.

La figura 2 muestra una representación esquemática de un horno de cuba GGR en vista en sección de acuerdo con otro ejemplo de realización.

La figura 1 muestra un horno de cuba GGR 10 con dos cubas 12 paralelas y alineadas verticalmente. Las cubas 12 del horno de cuba GGR 10 están construidas de manera esencialmente idéntica, de modo que en la figura 1 únicamente una de las dos cubas 12 está dotada de número de referencia y en lo que sigue sólo se describe una de las dos cubas en aras de la simplicidad. Cada cuba 12 presenta en cada caso una entrada de material 14 para introducir material que va a calcinarse en la respectiva cuba 12 del horno de cuba GGR. En el caso del material que va a calcinarse se trata en particular de piedra caliza. Las entradas de material 14 están dispuestas, a modo de ejemplo, en el extremo superior de la respectiva cuba 12, de modo que el material cae en la cuba 12 a través de la entrada de material 14 debido a la gravedad.

Cada cuba 12 presenta además una entrada de aire de combustión 16 en su extremo superior para introducir aire de combustión o gas de combustión. En el caso del aire de combustión se trata, por ejemplo, de aire, aire enriquecido

con oxígeno u oxígeno puro. En el caso del gas de combustión se trata, por ejemplo, de gas de alto horno u otro gas de combustión con un valor calorífico inferior a 6,6 MJ/Nm³. Además, cada cuba 12 presenta una salida de gases de escape 18 para descargar gases de escape del horno desde la respectiva cuba 12.

- 5 En el extremo inferior de cada cuba 12 hay una salida de material 20 para descargar el material calcinado en la respectiva cuba 12. En el caso de la salida de material 20 se trata, por ejemplo, de tapas que pueden abrirse y cerrarse, en particular de forma automática. El material calcinado se conduce, por ejemplo, hacia una tolva 22, que se encuentra junto a las salidas de material 20 de las cubas 12. A modo de ejemplo, la tolva 22 está configurada en forma de embudo y presenta a modo de ejemplo una salida de tolva 24 para descargar el material de la tolva 22. Además, la
10 tolva presenta una salida de escape 23 para descargar aire de escape de la tolva 22. Un filtro de aire de escape 25 y un ventilador de baja presión 27 para eliminar el polvo de los gases de escape están conectados a la salida de aire de escape 23.

- 15 Cada cuba 12 presenta una entrada de aire de refrigeración 26 en su extremo inferior para introducir aire de refrigeración en la respectiva cuba 12. En el funcionamiento del horno de cuba GGR 10, el material que va a calcinarse fluye de arriba abajo a través de la cuba 12 respectiva, en donde el aire de refrigeración fluye de abajo arriba, en contracorriente con el material, a través de la cuba 12 respectiva. Los gases de escape del horno se descargan de la cuba 12 a través de la salida de gases de escape 18.

- 20 Por debajo de la entrada de material 14 y de la entrada de aire de combustión 16, la zona de precalentamiento 28 de la respectiva cuba 12 está conectada en dirección de flujo del material. En la zona de precalentamiento 28, el material y el aire de combustión u opcionalmente el material y el gas de combustión se precalientan preferentemente hasta aproximadamente 700 °C. Preferentemente, la respectiva cuba 12 se ha llenado con material que va a calcinarse hasta la superficie límite superior 30 de la zona de precalentamiento 28. El material y, opcionalmente, el combustible,
25 en particular el gas de combustión, se introducen preferentemente en la respectiva cuba 12 por encima de la zona de precalentamiento 28. Al menos una parte de la zona de precalentamiento 28 y la parte de la respectiva cuba 12 que sigue a esta en dirección de flujo del material están rodeadas por un revestimiento refractario, por ejemplo.

- 30 Una pluralidad de lanzas de quemador 32 están opcionalmente dispuestas en la zona de precalentamiento 28 y sirven en cada caso como entrada para el combustible, tal como por ejemplo un gas de combustión, aceite o combustible sólido molido. El horno de cuba GGR 10 presenta preferentemente un dispositivo de refrigeración 33 para enfriar las lanzas de quemador. El dispositivo de refrigeración comprende una pluralidad de tuberías anulares de aire de refrigeración 35, que se extienden anularmente alrededor de la zona de la cuba, en la que están dispuestas las lanzas de quemador 32. El aire de refrigeración fluye a través de las tuberías anulares de aire de refrigeración 35 para enfriar
35 las lanzas de quemador 32.

- Preferentemente, una pluralidad de, por ejemplo doce, lanzas de quemador 32 están dispuestas en cada cuba 12 y distanciadas esencialmente de manera uniforme una con respecto a la otra. Las lanzas de quemador 32 presentan, por ejemplo, una forma de L y se extienden preferentemente en dirección horizontal dentro de la respectiva cuba 12 y dentro de la cuba 12 en dirección vertical, en particular en dirección de flujo del material. Los extremos de las lanzas de quemador 32 de una cuba 12 están dispuestas preferentemente todas al mismo nivel de altura. Preferentemente,
40 el plano en el que están dispuestos los extremos de las lanzas 32 es en cada caso la superficie límite inferior 34 de la respectiva zona de precalentamiento 32, 34. Como alternativa o adicionalmente a las lanzas de quemador 32, también las ranuras en la pared de la cuba pueden formar entradas para introducir aire de combustión en la cuba.

- 45 A la zona de precalentamiento 28 le sigue la zona de calcinación 36 en dirección de flujo del material. En la zona de calcinación 36, el combustible se quema y el material precalentado se calcina a una temperatura de aproximadamente 1000 °C. El horno de cuba GGR 10 presenta además un canal de desbordamiento 38 para conectar las dos cubas 12 entre sí en términos de tecnología de gas. Las figuras 1 y 2 muestran a modo de ejemplo un horno de cal GGR con secciones transversal de cuba redondas. Sin embargo, la sección transversal de la cuba puede presentar un contorno geométrico diferente. Dependiendo de la forma de la sección transversal usada de las cubas, están dispuestos canales de recogida de gases 50 que están conectados con el canal de desbordamiento 38. También son posibles secciones transversales de la cuba en las que se puede prescindir de los canales de recogida de gases 50 adicionales. La superficie límite inferior 40 de la zona de calcinación 36, en particular el extremo de la zona de calcinación 36, está
50 dispuesta preferentemente en el nivel de altura superior del canal de desbordamiento 38. Una zona de enfriamiento 42 le sigue a la zona de calcinación 36 en dirección de flujo del material en cada cuba 12, que se extiende hasta la salida de material 20 o el dispositivo de descarga de la respectiva cuba. El material se enfría hasta aproximadamente 100 °C dentro de la zona de enfriamiento 42.

- 60 Un dispositivo de descarga 44 está preferentemente dispuesto en el extremo en el lado de la salida de material de cada cuba 12. Los dispositivos de descarga 44 comprenden, por ejemplo, placas horizontales, preferentemente una mesa de descarga 46, que permiten un paso lateral del material entre la mesa de descarga 46 y la pared de la carcasa del horno de cuba GGR. El dispositivo de descarga 44 está diseñado preferentemente como una mesa de empuje o de giro o como una mesa con un rascador de empuje. Esto permite una velocidad de paso uniforme del material a calcinar por las cubas 12. El dispositivo de descarga 44 comprende además, a modo de ejemplo, una tolva de descarga
65 48 que sigue a la mesa de descarga y en cuyo extremo inferior está colocada la salida de material 20.

En el funcionamiento del horno de cuba GGR 10, está activa en cada caso una de las cubas 12, en donde la en cada caso otra cuba 12 está pasiva. La cuba activa 12 se designa como cuba de calcinación y la cuba pasiva 12 se designa como cuba regenerativa. El horno de cuba GGR 10 se hace funcionar de manera cíclica, ascendiendo un número de ciclos habitual, por ejemplo, a de 75 a 150 ciclos por día. Tras el desarrollo del tiempo de ciclo se intercambia la función de las cubas 12. Este proceso se repite continuamente. El material, tal como piedra caliza o dolomita, se introduce alternativamente en las cubas 12 a través de las entradas de material 14. En la cuba 12 accionada como cuba de calcinación se introduce a través de las lanzas de quemador 32 un combustible o un gas de oxidación tal como por ejemplo aire, aire enriquecido con oxígeno u oxígeno puro en la cuba de calcinación. El material que va a calcinarse se calienta hasta una temperatura de aproximadamente 700 °C en la zona de precalentamiento 28 de la cuba de calcinación.

El horno de cuba GGR 10 presenta, por ejemplo, una sección transversal redonda, ovalada, cuadrada o poligonal. Además, el horno de cuba GGR 10 presenta opcionalmente un canal de recogida de gases 50, que está configurado como espacio anular. El canal de recogida de gases 50 se extiende preferentemente de forma circunferencial alrededor de la zona inferior de la zona de calcinación 36, en particular por debajo de las lanzas de quemador 32. Cada cuba 12 puede presentar en cada caso un canal de recogida de gases 50, en donde los canales de recogida de gases 50 están dispuestos al nivel de altura del canal de desbordamiento 38 para la conexión de las dos cubas 12. Los canales de recogida de gases 50 de las dos cubas 12 están conectados entre sí en términos de tecnología de gas, en particular a través del canal de desbordamiento 38. En particular, el canal de recogida de gases 50 está conectado en términos de tecnología de gas con la zona de enfriamiento 42, de modo que el gas de refrigeración fluye, al menos parcialmente, hacia el canal de recogida de gases 50.

Este modo de construcción conduce ventajosamente a una distribución más uniforme del gas y de la temperatura en las cubas 12 y debido a ello a mejor calidad del producto y a menores emisiones de contaminantes. Otra ventaja de este modo de construcción consiste en que los gases de combustión no quemados en todo caso, que fluyen desde la zona de precalentamiento 28 hacia el canal de desbordamiento 38, se queman posteriormente aún mejor allí junto con el aire de refrigeración que se alimenta a la cuba de calcinación, dado que el volumen del canal de gases es esencialmente mayor.

El horno de cuba GGR comprende además, preferentemente, un dispositivo de refrigeración 51 para enfriar la zona de cuba que presenta la zona de calcinación 36. En particular, el área de la zona de calcinación 36 que se proyecta hacia la zona de enfriamiento 42 se enfría mediante el dispositivo de refrigeración 51. Preferentemente, el dispositivo de refrigeración 51 comprende una pluralidad de tuberías anulares 52 que se extienden externamente alrededor de la zona de calcinación de la cuba 12 y por las que fluye el aire de refrigeración. A modo de ejemplo, las tuberías anulares 52 únicamente se colocan alrededor del área inferior de la zona de calcinación 36 adyacente a la zona de enfriamiento 42.

La entrada de aire de combustión 16, la entrada de aire de refrigeración 26, las lanzas de quemador 32 y las tuberías anulares de aire de refrigeración 35, 52 están conectadas en cada caso a través de tuberías con un ventilador 55a,b, en particular un ventilador de alta presión 54a-c. Los ventiladores de alta presión 54a-c sirven para comprimir los respectivos gases de proceso y están configurados preferentemente de manera que en cada caso generen una presión de aproximadamente 300 mbar a 500 mbar, en particular de aproximadamente 400 mbar. Preferentemente, está asignado un dispositivo de cierre 57a-e a cada ventilador 55a-c, y a cada ventilador de alta presión 54a-c. El dispositivo de cierre es, por ejemplo, una tapa o una válvula y preferentemente está configurado de manera que, en una posición cerrada, impide un flujo de gas desde el ventilador 54a-c, 55a-c respectivo, en particular el ventilador de alta presión 54a-c, hacia la cuba 12. Preferentemente, la tubería de aire de combustión 62 y las tuberías de aire de refrigeración 56, 60, 68 presentan en cada caso un dispositivo de cierre 57a-e que está conectado posteriormente con el ventilador 54a-c, 55a-c respectivo. En la posición cerrada del dispositivo de cierre 57, no es posible preferentemente un flujo de gas desde la tubería 56, 60, 62, 68 respectiva hacia el entorno.

En particular, la entrada de aire de refrigeración 26 para introducir aire de refrigeración en la zona de enfriamiento 42 está conectada con un ventilador de alta presión 54a a través de una tubería de aire de refrigeración 56. La tubería de aire de refrigeración 56 comprende un dispositivo de expansión 58, tal como por ejemplo una válvula o una tapa, que puede llevarse preferentemente de forma continua desde una posición abierta, en la que el aire de refrigeración fluye desde la tubería de aire de refrigeración 56 hacia el entorno, hasta una posición cerrada, en la que no sale aire de refrigeración de la tubería de aire de refrigeración 56.

El dispositivo de refrigeración 51 para enfriar la zona de la cuba, que presenta la zona de calcinación, está conectado preferentemente con un ventilador 55a y opcionalmente con otro ventilador 55b a través de una tubería de aire de refrigeración 60. Los ventiladores 55a, b están configurados, por ejemplo, como ventiladores de media o alta presión, de modo que generan en particular una presión de aproximadamente 50 mbar a 150 mbar, preferentemente de 80 mbar a 120 mbar, en particular 100 mbar.

En particular, la entrada de aire de combustión 16 para introducir aire de combustión en la zona de precalentamiento 28 está conectada con un ventilador de alta presión 54b a través de una tubería de aire de combustión 62. La tubería

de aire de combustión 62 comprende un dispositivo de expansión 64, tal como por ejemplo una válvula o una tapa, que puede llevarse preferentemente de forma continua desde una posición abierta, en la que el aire de combustión fluye desde la tubería de aire de combustión 62 hacia el entorno, hasta una posición cerrada, en la que no sale aire de combustión de la tubería de aire de combustión 62. La tubería de aire de combustión 62 comprende además,
5 preferentemente, un dispositivo de distribución 66, tal como por ejemplo un desviador de gas o una tapa para conducir el aire de combustión hacia la respectiva cuba 12 accionada como cuba de calcinación. El dispositivo de distribución 66 está configurado preferentemente de manera que puede accionarse en al menos dos posiciones, en donde en una primera posición el aire de combustión puede fluir exclusivamente hacia la entrada de aire de combustión 16 de la primera cuba 12 y en una segunda posición el aire de combustión puede fluir exclusivamente hacia la entrada de aire
10 de combustión 16 de la segunda cuba 12.

El dispositivo de refrigeración 33 para enfriar las lanzas de quemador 32, en particular la tubería anular de aire de refrigeración 35, está conectado preferentemente con un ventilador de alta presión 54c a través de una tubería de aire de refrigeración 68.

La salida de gases de escape 18 para descargar los gases de escape de horno del horno de cuba GGR está conectada preferentemente con un ventilador 55c a través de una tubería de gases de escape 70. El ventilador 55c está configurado como de presión media, por ejemplo, de modo que este genera en particular una presión de aproximadamente 20 mbar a 60 mbar, preferentemente de 25 mbar a 50 mbar, en particular 35 mbar. Además, la
20 salida de gases de escape 18 está conectada preferentemente con un filtro de gases de escape 72 dispuesto aguas arriba del ventilador 55c. La tubería de gases de escape 70 presenta además a modo de ejemplo dos dispositivos de cierre de gases de escape 71, en particular válvulas o tapas. Preferentemente, un dispositivo de cierre de gases de escape 71 está dispuesto en cada caso detrás de cada salida de gases de escape 18 en dirección de flujo del gas de escape, de modo que está asignado preferentemente un dispositivo de cierre de gases de escape 71 a cada salida de
25 gases de escape. El dispositivo de cierre de gases de escape 71 puede moverse entre una posición cerrada, en la que no puede fluir ningún gas de escape desde la cuba 12 a través de la tubería de gases de escape 70, y una posición abierta, en la que puede fluir gas de escape a través de la tubería de gases de escape 70.

Opcionalmente es concebible añadir el combustible, en particular el gas de combustión, en la cuba de calcinación del
30 horno de cuba GGR 10 a través de la entrada de aire de combustión 16. En esta forma de realización del horno de cuba GGR, en el caso del gas de combustión se trata, en particular, de gas de alto horno que, por ejemplo, presenta un valor calorífico inferior a 6,6 MJ/Nm³. En esta forma de realización, el gas de combustión 63, en particular el gas de alto horno, se introduce en la tubería de aire de combustión 62, en donde en particular el aire de combustión se introduce en la cuba 12 a través de las lanzas de quemador. En el caso del gas de combustión se trata, por ejemplo,
35 de aire que contiene oxígeno, en particular aire enriquecido con oxígeno, o un gas una proporción de oxígeno de aproximadamente el 80 % u oxígeno casi puro.

Mediante este procedimiento se reducen considerablemente las cantidades de gas que fluyen a través de la zona de calcinación 36 y a través de la zona de precalentamiento 28 de la cuba regenerativa, en donde los gases que fluyen
40 a través de la zona de precalentamiento 28 de la cuba regenerativa no contienen ningún exceso de calor y preferentemente presentan una temperatura de gas de escape de aproximadamente 100 °C. Debido a las menores cantidades de gas, la pérdida de presión de todo el horno se reduce considerablemente, lo que conduce a un considerable ahorro de energía eléctrica en los compresores de gas de proceso.

La figura 1a muestra la sección A marcada en la figura 1. La sección A muestra el ventilador de alta presión 54a a modo de ejemplo, en donde el circuito mostrado es aplicable a todos los demás ventiladores de alta presión 54a-c. En dirección de flujo del gas aguas arriba del ventilador de alta presión 54a está un dispositivo de medición de flujo 47 para determinar la cantidad de gas, en particular de aire, que fluye a través de la tubería hacia el ventilador de alta presión 54a por unidad de tiempo. El ventilador de alta presión 54a presenta un regulador de remolino 53 que está
50 configurado para regular el remolino del flujo de gas y está dispuesto en la entrada de gas del ventilador de alta presión 54a. Por ejemplo, el regulador de remolino 53 presenta una pluralidad de aletas guidoras a través de las cuales fluye el flujo de gas. Los ángulos de ataque de las aletas guidoras pueden ajustarse preferentemente, de modo que el remolino del flujo de gas que entra en el ventilador de alta presión 54a puede ajustarse cambiando el ángulo de ataque de las aletas guidoras.

La figura 1a muestra además un dispositivo de medición de la presión 45, que está dispuesto aguas abajo del ventilador de alta presión 54a y está configurado para determinar la presión dentro de la tubería aguas abajo del ventilador de alta presión 54a. Aguas abajo del ventilador de alta presión 54a está colocada a modo de ejemplo una
60 válvula de descarga 49 que, en una posición abierta, permite que un flujo de gas desde la tubería, por ejemplo, al entorno, y, en una posición cerrada, no permite ningún flujo de gas desde la tubería. La válvula de descarga 49 está dispuesta a modo de ejemplo aguas arriba del dispositivo de medición de la presión. Un dispositivo de cierre 57a descrito ya anteriormente está dispuesto en dirección de flujo del gas detrás del dispositivo de medición de la presión 45.

En la figura 2 está representada otra forma de realización del horno de cuba GGR, que corresponde esencialmente al
65 horno de cuba GGR 10 de la figura 1 con la diferencia de que el material calcinado se descarga de forma escalonada.

El horno de cuba GGR 10 de la figura 2 presenta un sistema de descarga 73 que presenta una salida de material 20, tal como se describe con referencia a la figura 1. Adicional, un acumulador intermedio 74 con otra salida de material 76 para descargar el material del acumulador intermedio 74 en la tolva 22 está conectado a la salida de material 20 y delante de la tolva 22. La salida de material 76 es, por ejemplo, idéntica a la salida de material 20 descrita anteriormente. El sistema de descarga de material 75 de la figura 2 permite una descarga del material del horno de cuba GGR 10 mientras impera una sobrepresión en la cuba de calcinación. Debido a ello no es necesaria una reducción completa de la presión en el proceso de cambio, en el que se intercambia la función de la cuba de calcinación y la cuba regenerativa.

El horno de cuba GGR 10 de las figuras 1 y 2 presenta además, preferentemente, un dispositivo de control/regulación 78, que se conecta preferentemente con los ventiladores de alta presión 54a-c y los ventiladores 55a-c para controlar/regular el número de revoluciones. Además, el dispositivo de control/regulación 78 está conectado preferentemente con un dispositivo de medición de la presión no representado en las figuras, de modo que el dispositivo de medición de la presión dispuesto en la cuba 12 transmite la presión determinada dentro de la cuba 12 al dispositivo de control/regulación 78. El dispositivo de control 78 está conectado además, en particular, con al menos uno o todos los dispositivos de cierre 57a-e, de modo que estos puedan abrirse y cerrarse por medio del dispositivo de control/regulación 78. El dispositivo de control-regulación 78 está conectado preferentemente con la salida de material 20, 76 de manera que cierra o abre esta, por ejemplo, en función de la presión determinada dentro de la cuba 12, en particular dentro de la cuba de calcinación.

En el funcionamiento del horno de cuba GGR 10 mostrado en la figura 1 y 2, para cambiar entre el funcionamiento de una cuba 12 como cuba de calcinación y el funcionamiento de la cuba 12 como cuba regenerativa se realizan al menos las siguientes etapas de procedimiento:

- a. finalizar la alimentación de combustible en la cuba 12 accionada como cuba de calcinación,
- b. reducir el número de revoluciones del ventilador de alta presión 54a-c en como máximo del 50 % al 65 %, y/o cerrar un dispositivo de cierre 57a-e entre el ventilador de alta presión 54a-c y la cuba 12, de modo que no entre en la cuba 12 ningún flujo de gas comprimido por medio del respectivo ventilador de alta presión y
- c. tras alcanzar una sobrepresión residual de, por ejemplo, menos de 200 mbar, abrir el dispositivo de cierre de gases de escape 71 en la cuba del horno, que era justo la cuba de calcinación, para descargar la sobrepresión residual en el horno en dirección al filtro de gases de escape y
- d. abrir y cerrar la salida de material 20 para descargar material del horno y a continuación
- e. conectar el dispositivo de distribución 66 para alimentar el gas de oxidación o el gas de combustión a la cuba que en consecuencia se hace funcionar como cuba de calcinación y
- f. cerrar el dispositivo de cierre de gases de escape 71 en la cuba del horno que en consecuencia se hace funcionar como cuba de calcinación y a continuación
- g. abrir los dispositivos de cierre 57a-e entre los ventiladores de alta presión y el horno así como aumentar el número de revoluciones de los ventiladores de alta presión 54a-c, de modo que los gases necesarios para la combustión y el enfriamiento se encuentran a disposición de nuevo en la cantidad correcta y a continuación
- h. conectar el combustible en la cuba de calcinación 12.

El dispositivo de control/regulación 78 está configurado preferentemente para controlar/regular las etapas de procedimiento descritas anteriormente.

Preferentemente, en un circuito de los ventiladores de alta presión 57a-c mostrado en la figura 1 a, se realizan las siguientes etapas:

- a. finalizar la alimentación de combustible en la cuba 12 accionada como cuba de calcinación,
- b. reducir la cantidad de gas hacia el ventilador de alta presión 54a-c por medio del regulador de remolino 53 del respectivo ventilador de alta presión 54a-c,
- c. cerrar un dispositivo de cierre 57a-e entre el ventilador de alta presión 54a-c y la cuba 12, de modo que no entre en la cuba 12 ningún flujo de gas comprimido por medio del respectivo ventilador de alta presión 54a-c,
- d. abrir la válvula de descarga 49 para descargar el gas comprimido por medio del ventilador de alta presión 54a-c de la tubería,
- e. tras alcanzar una sobrepresión residual dentro de la cuba del horno de, por ejemplo, menos de 200 mbar, abrir el dispositivo de cierre de gases de escape 71 en la cuba del horno, que era justo la cuba de calcinación, para descargar la sobrepresión residual en el horno en dirección al filtro de gases de escape y
- d. abrir y cerrar la salida de material 20 para descargar material del horno y a continuación
- e. conectar el dispositivo de distribución 66 para alimentar el gas de oxidación o el gas de combustión a la cuba que en consecuencia se hace funcionar como cuba de calcinación y
- f. cerrar el dispositivo de cierre de gases de escape 71 en la cuba del horno que en consecuencia se hace funcionar como cuba de calcinación y a continuación
- g. abrir los dispositivos de cierre 57a-e entre los ventiladores de alta presión y el horno así como aumentar la cantidad de gas hacia el ventilador de alta presión 54a-c por medio del regulador de remolino 53 del respectivo ventilador de alta presión 54a-c, de modo que los gases necesarios para la combustión y la refrigeración se encuentran a disposición de nuevo en la cantidad necesaria para el funcionamiento del horno y a continuación

h. conectar el combustible en la cuba de calcinación 12.

En la etapa b, la cantidad de gas se reduce, por ejemplo, en al menos del 50 % al 65 %. La reducción de la cantidad de gas se realiza por medio del regulador de remolino 53, en particular a través de una modificación de los ángulos de ataque de las aletas guiadoras del regulador de remolino 53. Preferentemente, el número de revoluciones del ventilador de alta presión 54a-c se mantiene esencialmente constante durante el proceso de cambio o se reduce sólo ligeramente, en particular en como máximo del 10 % al 30 %.

Preferentemente, la cantidad de gas que fluye a través de la tubería hacia el ventilador de alta presión 54a-c se determina por medio del dispositivo de medición de flujo 47. La anchura de apertura de la válvula de descarga 49 puede ajustarse preferentemente de forma continua. Preferentemente, la anchura de apertura de la válvula de descarga 49 y/o del regulador de remolino 53 se ajusta en función de la cantidad de gas determinada por medio del dispositivo de medición de flujo 47. Preferiblemente, se determina de antemano un valor teórico para la cantidad de gas.

Si el valor determinado de la cantidad de gas supera el valor teórico predeterminado, el regulador de remolino 53, en particular el ángulo de ataque de las aletas guiadoras, se ajusta de tal manera que se reduce la cantidad de gas que entra en el ventilador de alta presión 54a-c. Si el valor determinado de la cantidad de gas queda por debajo del valor teórico predeterminado, el regulador de remolino 53, en particular el ángulo de ataque de las aletas guiadoras, se ajusta de tal manera que se eleva la cantidad de gas que entra en el ventilador de alta presión 54a-c.

Si el valor determinado de la cantidad de gas supera el valor teórico predeterminado, se eleva preferentemente la anchura de apertura de la válvula de descarga 49. Si el valor determinado de la cantidad de gas queda por debajo del valor teórico predeterminado, se reduce la anchura de apertura de la válvula de descarga 49.

El circuito representado en la figura 1 ofrece la ventaja de que no es necesaria una reducción del número de revoluciones del ventilador de alta presión 54a-c. Más bien, la cantidad de aire hacia el ventilador de alta presión 54a-c se reduce y, preferentemente, se reduce hasta un mínimo. Un número de revoluciones esencialmente constante del ventilador de alta presión evita de forma eficaz las tensiones mecánicas en el ventilador de alta presión causadas por las fluctuaciones del número de revoluciones.

Lista de referencias

10	Horno de cuba GGR
12	Cuba
14	Entrada de material para introducir piedra caliza
16	Entrada de aire de combustión
18	Salida de gases de escape
20	Salida de material
22	Tolva
23	Salida de aire de escape
24	Salida de la tolva
25	Filtro de aire de escape
26	Entrada de aire de refrigeración
27	Ventilador de baja presión
28	Zona de precalentamiento
30	Superficie límite superior de la zona de precalentamiento
32	Lanza de quemador
33	Dispositivo de refrigeración
34	Superficie límite inferior de la zona de precalentamiento/superficie límite superior de la zona de calcinación
35	Tuberías anulares de aire de refrigeración
36	Zona de calcinación
38	Canal de desbordamiento
40	Superficie límite inferior de la zona de calcinación/superficie límite superior de la zona de enfriamiento
42	Zona de enfriamiento
44	Dispositivo de descarga
45	Dispositivo de medición de la presión
46	Mesa de descarga
47	Dispositivo de medición del flujo
48	Embudo de descarga
49	Válvula de salida
50	Canal de recogida de gases
51	Dispositivo de refrigeración
52	Tuberías anulares de aire de refrigeración
53	Regulador de remolino

54a-c	Ventilador de alta presión
55a -c	Ventilador
56	Tubería de aire de refrigeración
57a-e	Dispositivo de cierre
58	Dispositivo de expansión
60	Tubería de aire de refrigeración
62	Tubería de aire de combustión
63	Gas de combustión
64	Dispositivo de expansión
66	Dispositivo de distribución
68	Tubería de aire de refrigeración
70	Tubería de gases de escape
71	Dispositivo de cierre de gases de escape
72	Filtro de gases de escape
74	Acumulador intermedio
75	Sistema de descarga
76	Salida de material
78	Dispositivo de control/regulación

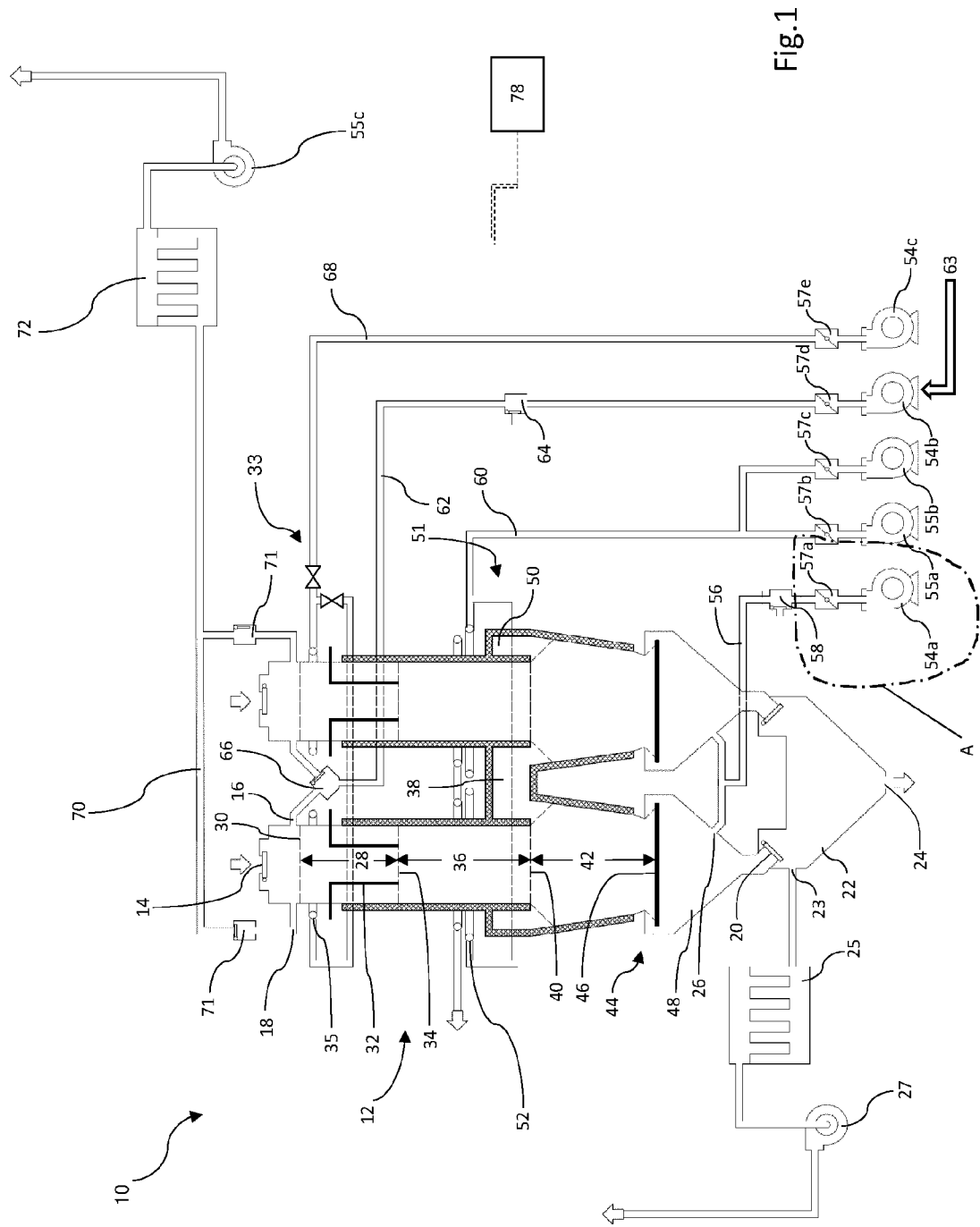
REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para calcinar y enfriar material, tal como rocas carbonatadas, en un horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10) con dos cubas (12), que se hacen funcionar alternativamente como cuba de calcinación y como cuba regenerativa, en donde el material fluye a través de una zona de precalentamiento (28), al menos una zona de calcinación (36) y una zona de enfriamiento (42) hasta una salida de material (20, 76),
caracterizado por que
 al menos un flujo de gas se comprime por medio de un ventilador de alta presión (54a-c) y se introduce en el horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10), en donde el ventilador de alta presión (54a-c) está configurado como ventilador axial o como ventilador radial con un impulsor atravesado axial o radialmente.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde en el caso del flujo de gas se trata de un flujo de aire de refrigeración que se introduce en la zona de enfriamiento (42), de un flujo de aire de combustión que se introduce en la zona de precalentamiento (28) y/o la zona de calcinación (36), y/o de un flujo de gas de combustión que se introduce en la zona de precalentamiento (28) y/o la zona de calcinación.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde para cambiar entre el funcionamiento de una cuba (12) como cuba de calcinación y el funcionamiento de la cuba (12) como cuba regenerativa se realizan al menos las siguientes etapas de procedimiento:
 - a. finalizar la alimentación de combustible en la cuba (12) accionada como cuba de calcinación,
 - b. reducir el número de revoluciones del ventilador de alta presión (54a-c) en como máximo del 50 % al 65 %, y/o cerrar un dispositivo de cierre (57) entre el ventilador de alta presión (54a-c) y la cuba (12), de modo que entre en la cuba (12) menos o ningún flujo de gas comprimido por medio del respectivo ventilador de alta presión y
 - c. alimentar combustible en la otra de las dos cubas (12).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, en donde para cambiar entre el funcionamiento de una cuba (12) como cuba de calcinación y el funcionamiento de la cuba (12) como cuba regenerativa se realizan al menos las siguientes etapas de procedimiento:
 - a. finalizar la alimentación de combustible en la cuba (12) accionada como cuba de calcinación,
 - b. reducir la cantidad de gas hacia el ventilador de alta presión (54a-c) por medio de un regulador de remolino (53) dispuesto en el respectivo ventilador de alta presión (54a-c)
 - c. cerrar un dispositivo de cierre (57a-e) entre el ventilador de alta presión (54a-c) y la cuba (12), de modo que entre en la cuba (12) menos o ningún flujo de gas comprimido por medio del respectivo ventilador de alta presión (54a-c),
 - d. abrir una válvula de descarga (49) dispuesta aguas abajo del ventilador de alta presión (54a-c) para descargar de la tubería el gas comprimido por medio del ventilador de alta presión (54a-c) y
 - e. alimentar combustible en la otra de las dos cubas (12).
5. Procedimiento según la reivindicación 3 o 4, en donde a continuación de o al mismo tiempo que la etapa b) se realiza un aumento del número de revoluciones de un ventilador de gas de escape (55c) para transportar el gas de escape del horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, en donde a continuación de la etapa b, el aumento del número de revoluciones del ventilador de gases de escape (55c), se abre un dispositivo de cierre de gases de escape (71) en la tubería de gases de escape (70) para conducir gases de escape de la cuba (12) accionada como cuba de calcinación.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el material calcinado se descarga del horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10) mediante un sistema de descarga (75) y en donde el sistema de descarga presenta una salida de material (20) y un acumulador intermedio (74), que sigue a esta, con otra salida de material (76) y en donde el material se descarga de forma continua del horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10) durante el funcionamiento de una cuba (12) como cuba de calcinación y no se realiza ninguna descarga de material del horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10) durante el cambio entre el funcionamiento de una cuba (12) como cuba de calcinación y el funcionamiento de la cuba (12) como cuba regenerativa.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde se determina la presión dentro de la cuba (12) y en donde se abre una salida de material (20) para descargar material calcinado de la cuba (12) accionada como cuba de calcinación, cuando la presión queda por debajo de un valor límite predeterminado.
9. Horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10) para calcinar y enfriar material, tal como rocas carbonatadas, con dos cubas (12) que pueden accionarse alternativamente como cuba de calcinación y como cuba regenerativa, en donde cada cuba (12) presenta en dirección de flujo del material una zona de precalentamiento

(28) para precalentar el material, una zona de calcinación (36) para calcinar el material y una zona de enfriamiento (42) para enfriar el material,

caracterizado por que

- 5 el horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10) presenta al menos un ventilador de alta presión (54a-c) que está configurado y dispuesto para comprimir un flujo de gas introducido en el horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10), en donde el ventilador de alta presión (54a-c) está configurado como ventilador axial o como ventilador radial con un impulsor atravesado axial o radialmente.
- 10 10. Horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10) según la reivindicación 9, en donde el horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10) presenta una entrada de aire de combustión (16) para introducir aire de combustión y/o un gas de combustión en la zona de precalentamiento (28) y/o la zona de calcinación (36) y
- 15 una entrada de aire de refrigeración (26) para introducir aire de refrigeración en la zona de enfriamiento (42) y en donde la entrada de aire de combustión (16) y/o la entrada de aire de refrigeración (26) están conectadas con en cada caso un ventilador de alta presión (54a-c).
- 20 11. Horno de cuba regenerativo de corriente continua y contracorriente (10) según una de las reivindicaciones 9 a 10, en donde cada cuba (12) presenta un sistema de descarga (75) con una salida de material (20) para descargar material calcinado de la respectiva cuba (12) y un acumulador intermedio (74), que sigue a la salida de material, con otra salida de material (76).



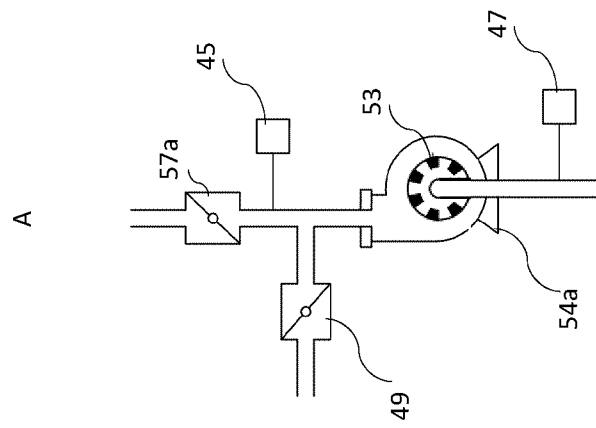


Fig.1a

Fig.2

