

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 898**

51 Int. Cl.:

F27B 1/02 (2006.01)

C04B 2/12 (2006.01)

F27B 1/10 (2006.01)

F27D 19/00 (2006.01)

F27D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.03.2017 PCT/EP2017/054987**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.09.2017 WO17149110**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2017 E 17709032 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 3423769**

54 Título: **Horno y procedimiento para el funcionamiento de un horno**

30 Prioridad:

04.03.2016 DE 102016103937

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

03.08.2020

73 Titular/es:

MAERZ OFENBAU AG (50.0%)

Richard-Wagner-Str. 28

8027 Zürich, CH y

THYSSENKRUPP AG (50.0%)

72 Inventor/es:

PIRINGER, HANNES y

BUCHER, PATRICK

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 776 898 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 y procedimiento para el funcionamiento de un horno

5 La invención se refiere a un horno con dos cubas verticales, que presentan en cada caso una alimentación de material de combustión en su extremo superior y una salida de material de combustión en su extremo inferior, y que están unidas por medio de un canal de desbordamiento, estando dispuesto por encima del canal de desbordamiento en cada caso al menos un quemador principal, cuyos gases de combustión fluyen hacia abajo durante el funcionamiento de combustión en la correspondiente cuba al menos hasta el canal de desbordamiento, y estando dispuesta por debajo del canal de desbordamiento en cada caso una alimentación para un gas de refrigeración, de tal modo que, en combinación con el funcionamiento de un quemador principal en la cuba accionada como quemador, el gas de combustión que fluye hacia abajo del quemador principal o un gas de escape que comprende este gas de combustión es desviado en dirección del canal de desbordamiento, entre otras cosas, por el gas de refrigeración que se eleva. La invención se refiere, además, a un procedimiento para el funcionamiento de un horno de este tipo.

Hornos de este tipo (véase, por ejemplo, el documento DE 30 38 927 C2), que también se designan como hornos regenerativos de corriente continua – a contracorriente o con el concepto abreviado de hornos GGR y se utilizan sobre todo para quemar materia prima que contiene carbonato, particularmente piedra caliza, dolomita o magnesita, trabajan por ciclos, efectuándose una combustión del material de combustión siempre solo en una de las cubas, mientras que la otra cuba trabaja como cuba regenerativa, precalentándose el material de combustión o materia prima que se encuentra en ella por medio del gas de escape alimentado por medio del canal de desbordamiento desde la cuba accionada en ese momento como quemador para el ciclo de combustión que sigue a continuación en esta cuba. La combustión del material de combustión en la cuba accionada como quemador tiene lugar en corriente continua, siendo recorrido por gas de combustión el material de combustión transportado por la fuerza de gravedad de arriba abajo a través de la cuba accionada como quemador, gas de combustión que es generado por quemadores dispuestos en el extremo superior de las cubas. Por el contrario, el flujo a través del material de combustión en la cuba no accionada como quemador o accionada regenerativamente tiene lugar, por el contrario, a contracorriente, evacuándose el gas de escape, alimentado por medio del canal de desbordamiento dispuesto a menudo entre el centro vertical y el tercio inferior de las cubas, en el extremo superior de la cuba accionada regenerativamente.

Hornos GGR convencionales, debido al tiempo de permanencia relativamente largo del material de combustión en la zona de combustión, en combinación con las temperaturas de combustión relativamente bajas, por lo general de entre 800 °C y 1000 °C, son apropiado de manera ventajosa para la fabricación de cal viva con elevada reactividad, la denominada cal de cocción suave. Por el contrario, no son muy apropiados para la fabricación de cal de cocción con reactividad baja, la denominada cal de cocción fuerte, porque la desacidificación del material de combustión lo más completa posible requerida para ello no se puede alcanzar y, además, la sinterización necesaria para la generación de cal de cocción fuerte, para la que se requieren temperaturas de combustión considerablemente por encima de los 1000 °C (por ejemplo, 1700 °C), por lo general no se puede realizar mediante una alimentación de material de combustión correspondientemente elevada, porque en ese caso el material de combustión se sinteriza en grumos a consecuencia de los tiempos de permanencia en la zona de combustión relativamente largos típicos para los hornos GGR que, entre otras cosas, pueden provocar un atascamiento del horno. A ello se añade que en hornos GGR convencionales, en la sección inicial de la zona de refrigeración, situada por debajo del canal de desbordamiento, de la cuba accionada como quemador se produce una recarbonización parcial del material de combustión a consecuencia del flujo relativamente intenso del gas de escape que llega desde la zona de combustión y que es desviado en esta zona de la cuba accionada como quemador en dirección del canal de desbordamiento. Con hornos GGR convencionales son posibles actualmente en el mejor de los casos grados de calcinación del 96 %.

50 Por el documento EP 1 148 311 B1, se conoce un horno con una única cuba que presenta quemadores integrados en las paredes laterales de la cuba, siendo recorrido el material de combustión a contracorriente por el gas de combustión. En un horno de este tipo, el material de combustión se alimenta en el extremo inferior de la zona de combustión, por medio de lo cual por lo general se pueden generar temperaturas de combustión muy altas. Un horno de este tipo es fundamentalmente apropiado para la fabricación de cal de cocción fuerte, pero no para la fabricación de cal de cocción suave y presenta, además, la desventaja de que el grado de eficacia energética es considerablemente menor en comparación con un horno GGR.

60 El documento US 3.771.946 A desvela una forma de diseño de un horno de doble cuba, en el que dos cubas están unidas por dos canales de derivación laterales. En las cubas está dispuesta en cada caso por debajo de los canales de derivación una pluralidad de quemadores adicionales. Estos quemadores adicionales se usan únicamente en la cuba accionada en cada caso regenerativamente.

65 El documento JP S61 146741 A muestra un horno de doble cuba, en el que en cada una de las dos cubas, aparte de un quemador principal, a la altura de un canal de desbordamiento está prevista adicionalmente otra pluralidad de quemadores adicionales. Los quemadores adicionales favorecen la calcinación del material de combustión en una zona de combustión principal que comprende el respectivo quemador principal.

El documento WO 2011/114187 A1 desvela un horno de una cuba con una pluralidad de quemadores dispuestos uno sobre otro en un total de dos o tres niveles.

5 El documento WO 2011/072894 A1 describe un horno GGR, en el que un parámetro de los gases calientes, que es característico de la configuración de la longitud de las llamas generadas por los quemadores dispuestos por encima de un canal de desbordamiento, se determina mediante una medición directa o indirecta en la zona del canal de desbordamiento y la relación de combustible con respecto a aire de combustión se regula en función de este parámetro para regular una longitud de llama predefinida.

10 Partiendo de este estado de la técnica, la invención se basa en el objetivo de describir un horno que posibilite con un grado de eficacia energética relativamente alto una fabricación, entre otras cosas, de cal de cocción fuerte.

15 Este objetivo se consigue por medio de un horno de acuerdo con la reivindicación 1. Un procedimiento para el funcionamiento de tal horno, así como un uso ventajoso del horno de acuerdo con la invención y del procedimiento de acuerdo con la invención son objetivo de las reivindicaciones 7 y 11. Diseños ventajosos del horno de acuerdo con la invención y formas de realización ventajosas del procedimiento de acuerdo con la invención son objetivo de las demás reivindicaciones y se extraen de la siguiente descripción de la invención.

20 La invención se basa en la idea de fabricar cal de cocción fuerte en un horno que presente la estructura básica y, por tanto, también las ventajas, particularmente en relación con el grado de eficacia energética, de un horno GGR, estando previsto calcinar al menos parcialmente el material de combustión en la cuba accionada como quemador en cada caso en una zona de combustión principal por encima del canal de desbordamiento, en el que el material de combustión es recorrido en corriente continua por el gas de combustión generado por medio de quemadores (principales) dispuestos por encima de esta zona de combustión, y, a continuación, tratar térmicamente el material de combustión en una zona de combustión adicional, que se encuentra por debajo del canal de desbordamiento y, por tanto, en particular en una sección de la respectiva cuba que se corresponde en un horno GGR convencional con la sección inicial de la zona de refrigeración, por medio de quemadores adicionales dispuestos en ese lugar. A este respecto, el tratamiento térmico posterior puede comprender en particular una sinterización del material de combustión calcinado, por medio de lo cual, se puede obtener la reactividad correspondientemente baja ($t_{60} > 2$ min, en particular $t_{60} \gg 2$ min), por la que se caracteriza la cal de cocción fuerte. Dado que el material de combustión es recorrido en esta zona de combustión adicional a contracorriente, la duración de la permanencia del material de combustión en la zona de combustión adicional es suficientemente reducida, de tal modo que, mediante una alimentación de material combustible correspondientemente alta a los quemadores adicionales de la zona de combustión adicional se pueden obtener las temperaturas de combustión relativamente altas requeridas para la sinterización sin que esto produzca en una medida relevante una sinterización del material de combustión en grumos. Además, así también se evita que el gas de escape que procede de la zona de combustión principal fluya de manera intensa a través del material de combustión, por medio de lo cual se impide la recarbonización conocida de los hornos GGR convencionales.

40 En correspondencia con esta idea básica, se ha previsto un horno que presenta al menos dos cubas verticales que presentan en cada caso una alimentación de material de combustión en su extremo superior para la adición del material de combustión y una salida de material de combustión en su extremo inferior para la extracción del material de combustión y que, además, están unidas por medio de un canal de desbordamiento, estando previsto por encima del canal de desbordamiento en cada caso al menos un quemador principal. El diseño del horno en su conjunto y en particular del quemador principal está elegido a este respecto de tal manera que sus gases de combustión, durante el funcionamiento de combustión en la correspondiente cuba, fluyen hacia abajo al menos hasta alcanzar el canal de desbordamiento y, por tanto, en corriente continua con el material de combustión que se transporta por fuerza de gravedad, en particular partiendo de la alimentación de material de combustión hacia la salida de material de combustión. Además, en el horno está prevista por debajo del canal de desbordamiento en cada caso una alimentación de gas de refrigeración, de tal modo que, en combinación con el funcionamiento del quemador principal en la cuba accionada como quemador, el gas de combustión que fluye hacia abajo del quemador principal o un gas de escape que comprende el gas de combustión, que además comprende un dióxido de carbono liberado por una calcinación del material de combustión, es desviado en dirección del canal de desbordamiento, entre otras cosas, por el gas de refrigeración que se eleva. En las cubas está dispuesto en cada caso al menos un quemador adicional por debajo del canal de desbordamiento por medio de cuyo funcionamiento se posibilite la realización prevista de una zona de combustión adicional por debajo del canal de desbordamiento. A este respecto, está previsto que el quemador adicional o los quemadores adicionales se hagan funcionar solo en la cuba accionada con quemador o en las dos cubas. Para una ejecución dado el caso completamente automática de un procedimiento de este tipo, el horno de acuerdo con la invención presenta, por tanto, un dispositivo de control, que prevé un estado de funcionamiento en el que el quemador adicional o los quemadores adicionales se hacen funcionar solo en la cuba accionada con quemador o en las dos cubas. Mediante un funcionamiento simultáneo de los quemadores adicionales en las dos cubas puede realizarse una distribución de temperatura especialmente buena en la zona de quemador adicional de la cuba accionada con quemador, de modo que se prefiere este tipo de funcionamiento de un horno de acuerdo con la invención o un estado de funcionamiento de este tipo del horno de acuerdo con la invención.

La designación de las cubas del horno de acuerdo con la invención como “verticales” no exige forzosamente de acuerdo con la invención que estas o sus ejes longitudinales presenten también una orientación vertical exacta. Por el contrario, es suficiente un componente exactamente vertical de la alineación, debiéndose prever, en vistas a un transporte ventajoso condicionado por la fuerza de gravedad del material de combustión, un ángulo entre la alineación real y la alineación exactamente vertical máximo de 30°, preferentemente máximo de 15° y, de manera particularmente preferente a ser posible de 0° (alineación vertical exacta).

Un procedimiento de acuerdo con la invención para el funcionamiento de un horno genérico prevé calcinar al menos parcialmente el material de combustión en la cuba actualmente accionada como quemador en una zona de combustión principal que está dispuesta por encima del canal de desbordamiento y en la que el material de combustión es recorrido en corriente continua por el gas de combustión generado por medio de quemadores principales dispuestos por encima de esta zona de combustión, y, a continuación, tratar térmicamente el material de combustión en una zona de combustión adicional que está dispuesta entre el canal de desbordamiento y el correspondiente quemador adicional y en la que el material de combustión es recorrido a contracorriente por el gas de combustión que es generado por el correspondiente quemador adicional. A este respecto, se hace/n funcionar el quemador adicional o los quemadores adicionales solo en la cuba accionada como quemador o en las dos cubas.

A este respecto, el posterior tratamiento térmico puede comprender en particular una sinterización del material de combustión, por medio de lo cual se puede fabricar material de combustión con reactividad relativamente baja y, por tanto, en particular cal de cocción fuerte.

En otra forma de realización preferente del procedimiento de acuerdo con la invención, puede estar previsto que, por medio de un control del aporte de energía térmica por medio de los quemadores principales y los quemadores adicionales se calcine el material de combustión en la zona de combustión principal solo parcialmente respecto a un valor de referencia para el grado de calcinación, que esencialmente puede ser del 100 %, pero también menor, y se termine de calcinar en la zona de combustión adicional respecto a este valor de referencia para el grado de calcinación. En la medida en que esté prevista adicionalmente una sinterización en la zona de combustión adicional, una calcinación final de este tipo puede servir, debido al efecto endotérmico, en particular para mantener relativamente baja la temperatura del gas de escape guiado a través del canal de desbordamiento a pesar del nivel de temperatura relativamente elevado (por ejemplo, de 1700 °C) necesario para la sinterización en la zona de combustión adicional. De esta manera, se puede proteger en particular el canal de desbordamiento contra una sobrecarga térmica y/o se puede mantener bajo el esfuerzo constructivo para un revestimiento de protección térmica del horno y, en particular, del canal de desbordamiento.

El horno de acuerdo con la invención posibilita, sin embargo, también la generación de un material de combustión calcinado en lo esencial por completo, sin que este también sea sinterizado en la zona de combustión adicional. De esta manera, se puede generar, por ejemplo, cal viva con alta reactividad ($t_{60} < 2$ min), es decir, cal de cocción suave, y con alto grado de calcinación (> 99 %). Así mismo, se da la posibilidad de generar de manera ventajosa cal troceada con poca proporción fina en la cal que cae al horno.

En un diseño preferente del horno de acuerdo con la invención puede estar previsto que los quemadores adicionales estén integrados en una pared lateral de la respectiva cuba. Esto representa, por un lado, una posibilidad constructivamente ventajosa de la integración de los quemadores laterales. Además, de esta manera se puede realizar una distribución de temperatura lo más ventajosa posible dentro de la zona de combustión adicional. Esto se ofrece en particular cuando en cada cuba están presente varios quemadores adicionales que, además, están dispuestos de manera distribuida preferentemente de la manera más uniforme posible por la extensión o la correspondiente pared lateral de la cuba y/o están dispuestos de manera diferente respecto a su distancia a un centro de la respectiva cuba (en particular un plano central en el caso de una forma de sección transversal no redonda de las cubas o un eje longitudinal en el caso de una forma de sección transversal redonda).

Para una distribución de temperatura lo más óptima posible dentro de la zona de combustión adicional, en particular también en función del material de combustión que se deba quemar en cada caso, puede estar previsto preferentemente que se pueda modificar la distancia del quemador adicional respecto a un centro de la respectiva cuba, en particular también después de su montaje. Para ello, los quemadores adicionales pueden estar configurados, por ejemplo, en forma de quemadores de lanza que estén montados en aberturas de paso en las paredes laterales de las cubas (a lo largo de su eje longitudinal).

En otro diseño preferente del horno de acuerdo con la invención, puede estar previsto que los quemadores adicionales estén dispuestos dentro de los dos tercios superiores, de la mitad superior o en el tercio superior de la sección de la respectiva cuba situada por debajo de la cuba de desbordamiento. De esta manera, estos pueden encontrarse en particular en la sección de la cuba accionada como quemador en la que se efectúa la desviación del flujo del gas de combustión que procede del quemador principal o los quemadores principales o del gas de escape que comprende este gas de combustión en dirección del canal de desbordamiento. De esta manera, se puede contener de manera efectiva una recarbonización del material de combustión por medio de los quemadores adicionales o de la zona de combustión adicional generada por estos en la cuba accionada como quemador y, al

mismo tiempo, mantener reducida la longitud de la zona de combustión adicional de tal modo que, a pesar de las elevadas temperaturas posibilitadas por los quemadores adicionales, el tiempo de permanencia del material de combustión dentro de la zona de combustión adicional es tan baja que se impide de manera efectiva una sinterización del material de combustión en grumos

5 Además, de manera preferente puede estar previsto que en las cubas estén dispuestos en cada caso varios quemadores adicionales preferentemente hasta a tres alturas diferentes (distribución a lo largo de las direcciones longitudinales de las cubas). También esto puede servir para una distribución de temperatura lo más ventajosa posible dentro de la zona de combustión adicional.

10 Las cubas del horno de acuerdo con la invención pueden presentar preferentemente una forma de sección transversal redonda, y en particular circular, o una forma de sección transversal cuadrangular, en particular rectangular, poligonal o cuadrada. Otras formas de sección transversal, en particular otras formas de sección transversal angulares, sin embargo, también se pueden realizar de manera ventajosa.

15 A continuación, se describe con más detalle la invención con ayuda de los ejemplos de realización representados en los dibujos. En los dibujos, muestra, en cada caso en representación esquemática:

- 20 la Figura 1: un horno de acuerdo con la invención según un primer diseño en un corte vertical;
- la Figura 2: condiciones de flujo en un horno de acuerdo con la figura 1 durante el funcionamiento de combustión de la cuba representada a la izquierda:
- 25 la Figura 3: un horno de acuerdo con la invención según un segundo diseño en un corte vertical;
- la Figura 4: un horno de acuerdo con la figura 3 con cubas con secciones transversales rectangulares en una sección horizontal con una vista desde arriba; y
- 30 la Figura 5: un horno de acuerdo con la figura 3 con cubas con secciones transversales circulares en una sección horizontal con una vista desde arriba.

Los hornos representados en los dibujos comprenden en cada caso dos cubas 1 orientadas verticalmente que están unidas entre sí por medio de un canal de desbordamiento 2 dispuesto aproximadamente a la altura del tercio inferior de la extensión longitudinal o vertical de las cubas. Cada una de las cubas 1 presenta en su extremo superior, en particular en su lado frontal superior, una alimentación de material de combustión 3 no representada en el detalle que está formada de tal manera que se puede cerrar. Además, cada una de las cubas 1 presenta en su extremo inferior, en particular en el lado frontal inferior, una salida de material de combustión 4 que tampoco se representa en el detalle y que también está formado de manera que puede cerrarse. Además, cada una de las cubas 1 está provista de una alimentación de gas de refrigeración 5 que puede estar dispuesta en la zona del extremo inferior y en particular integrada en el respectivo lado frontal inferior. En la zona del extremo superior, cada una de las cubas 1 comprende varios quemadores principales 6 que pueden presentar, por ejemplo, quemadores de lanza guiados sobre la respectiva pared lateral en el correspondiente espacio interior de cuba y, dentro de ellos, formados en un ángulo de aproximadamente 90° cuyas aberturas de quemador estén orientadas de esta manera en dirección al extremo inferior de la respectiva cuba 1. Además, cada una de las cubas 1 comprende un quemador adicional (véanse figuras 1 y 2) o varios quemadores adicionales 7 (véanse figuras 3 a 5), estando dispuestos varios quemadores adicionales 7 por cuba 1 en varios planos horizontales, en este caso concretamente dos, de manera distribuida en una sección de la respectiva cuba 1 que se une directamente por debajo al canal de desbordamiento 2. Los quemadores adicionales 7 también están formados en forma de quemadores de lanza que están guiados por las paredes laterales de las cubas 1 en los espacios interiores de cuba, estando previsto en este caso no un diseño en ángulo, sino un desarrollo recto para los quemadores de lanza. Los quemadores de lanza 7 también pueden estar previstos de manera inclinada en un determinado ángulo hacia arriba o hacia abajo. De esta manera, se obtiene una orientación horizontal o inclinada hacia arriba u oblicua hacia abajo de los quemadores adicionales 7 en contraposición a la orientación vertical de los quemadores principales 6 en la parte superior de las cubas 1 individuales.

55 En el funcionamiento de uno de los hornos representados, se transporta material de combustión o bien en la cuba 1 accionada como quemador, o en la cuba regenerativa o al mismo tiempo en las dos cubas, de manera continuada o intermitente como respuesta a una extracción controlada por medio de la correspondiente salida de material de combustión 4, desde la alimentación de material de combustión 3 situada arriba hasta la salida de material de combustión 4. A este respecto, el material de combustión es guiado en primer lugar a través de una zona de precalentamiento 8 que se extiende entre la alimentación de material de combustión 3 y (aproximadamente) las aberturas de quemador de los quemadores principales 6, en la que debe llevarse a cabo un precalentamiento del material de combustión, a continuación a través de una zona de combustión principal 9, que se extiende aproximadamente desde las aberturas de quemador de los quemadores principales 6 hasta la altura del canal de desbordamiento 2. Partiendo del canal de desbordamiento 2, continúa una zona de combustión adicional 10 que se prolonga aproximadamente a la altura (del plano inferior) del quemador adicional o los quemadores adicionales 7 en

una zona de refrigeración 11. En el transporte del material de combustión a través de estas zonas individuales, se precalientan las partículas individuales, por tanto, en primer lugar, en la zona de precalentamiento 8, después se queman en la zona de combustión principal 9 y, a este respecto, se precalcina hasta la obtención de un grado de calcinación definido que es menor que un grado de calcinación previsto finalmente para el material de combustión que se ha de fabricar. A continuación, las partículas individuales del material de combustión son quemadas de nuevo en la zona de combustión adicional 10 y, a este respecto, se calcinan finalmente, es decir, hasta la obtención del grado de calcinación previsto para el material de combustión que se ha de fabricar y, dado el caso, también se sinterizan. En la zona de refrigeración 11, se efectúa finalmente un refrigerado del material de combustión por medio de gas de refrigeración, que puede ser en particular aire.

La combustión del material de combustión en la zona de combustión principal 9 y la zona de combustión adicional 10 de la cuba accionada como quemador 1 se efectúa mediante la generación de energía térmica por medio de los quemadores principales 6 y de los quemadores adicionales 7, alimentándose a estos combustibles en forma líquida, gaseosa o en polvo. Este combustible sale en el lado frontal de los quemadores principales y adicionales 6, 7 y se quema allí con un gas de combustión (en particular aire). El gas de combustión puede alimentarse a este respecto separadamente por medio de una alimentación de gas de combustión 12, como se representa esto en las figuras 1 a 3 para la zona de combustión principal. También es posible una alimentación por medio de los propios quemadores de lanza, como puede estar previsto en particular para los quemadores adicionales 7.

El consumo del quemador adicional o de los quemadores adicionales 7 de la cuba accionada como quemador 1 de gas de combustión alimentado por medio de estos (denominado aire primario) es relativamente bajo porque el gas de refrigeración, que también puede ser aire, puede ser aprovechado por este o estos adicional o principalmente para la realización del combustible. De ello resulta que un horno de acuerdo con la invención, a pesar de los quemadores adicionales 7 no genera más gas de escape o solo de manera irrelevante (desde el punto de vista de la cantidad) que un horno GGR convencional.

En el caso de un horno GGR convencional que no comprende los quemadores adicionales 7 de acuerdo con la invención, el gas de escape que se genera en la calcinación del material de combustión en la zona (principal) de combustión 9, que se compone esencialmente de gas de combustión generado por los quemadores (principales) 6 y dióxido de carbono liberado en la calcinación del material de combustión, chocaría a partir de la altura del canal de transición 2 y en una sección que seguiría a continuación, que puede ser de hasta un tercio o la mitad de la extensión longitudinal o vertical de la zona de refrigeración 11 (esta comprendería en el caso de un horno GGR convencional la zona de combustión adicional 10), con el gas de refrigeración que recorre el material de combustión partiendo de la alimentación de gas de refrigeración 5 en dirección hacia arriba. De esta manera se desviaría el gas de escape en dirección del canal de desbordamiento 2 y fluiría junto con el gas de refrigeración, debido a la menor presión dentro de la cuba accionada regenerativamente, a través del canal de desbordamiento 2, a esta cuba accionada regenerativamente. A este respecto, el material de combustión, que está dispuesto en esta sección situada por debajo del canal de desbordamiento, sería recorrido al menos parcialmente en considerable medida por el gas de escape procedente de la zona de combustión, lo que, debido a las temperaturas ya claramente reducidas en este lugar, provocaría una recarbonización, por medio de lo cual se reduciría de nuevo el grado de calcinación obtenido en la zona de combustión 9. Tal recarbonización puede tener lugar a este respecto en particular en las zonas marginales de esta sección.

Entre otras cosas, tal recarbonización se evita mediante una disposición de acuerdo con la invención de los quemadores adicionales 7 y de la zona de combustión adicional 10 generada mediante su funcionamiento, porque de esta manera se mantiene suficientemente alta la temperatura, entre otras, en las zonas particularmente relevantes 13 y 14 por debajo del canal de desbordamiento 2 (véase figura 2). Adicionalmente, se pueden generar por medio del quemador adicional o los quemadores adicionales 7 en la zona de combustión adicional 10 de la cuba accionada como quemador 1 temperaturas de combustión tan elevadas que se puede obtener una calcinación prácticamente completa del material de combustión sin que esto provoque en una medida relevante una sinterización de las partículas del material de combustión en grumos que podrían provocar un atascamiento del horno. Esto se debe esencialmente al recorrido del material de combustión en la zona de combustión adicional 10 a contracorriente, por medio de lo cual se puede realizar una transmisión de calor suficientemente alta a pesar de tiempos de permanencia relativamente bajos de las partículas del material de combustión dentro de la zona de combustión adicional 10.

El gas de escape desbordado en un horno de acuerdo con la invención por medio del canal de desbordamiento 2 desde la cuba 1 accionada como quemador a la cuba 1 accionada regenerativamente, que se compone en lo esencial de los gases de combustión de los quemadores principales 6 y del quemador adicional o quemadores adicionales 7, así como de dióxido de carbono liberado en la calcinación del material de combustión en la zona de combustión principal 9 y la zona de combustión adicional 10 y del gas de refrigeración 5 de la cuba 1 accionada como quemador, recorre el material de combustión dispuesto dentro de la cuba 1 accionada regenerativamente por encima del canal de desbordamiento 2 para precalentar este para una combustión en un subsiguiente ciclo en el funcionamiento del horno, en el que la cuba 1 anteriormente accionada como quemador se acciona regenerativamente y la cuba 1 accionada antes regenerativamente se acciona como quemador. A este respecto, el gas de escape desbordado se mezcla más o menos con gas de refrigeración que ha sido alimentado a la cuba 1

- accionada regenerativamente por medio de una correspondiente alimentación de gas de refrigeración 5. Problemático al respecto en un horno convencional puede ser que el gas de refrigeración recorra la cuba 1 accionada regenerativamente primariamente por los lados marginales, porque este es expulsado por el gas de escape que fluye a través del canal de desbordamiento 2 desde la cuba 1 accionada como quemador. Esto provoca
- 5 un enfriamiento relativamente intenso de la zona referenciada en la figura 2 con la referencia 14 en la que, en un subsiguiente ciclo, en el que esta cuba 1 es accionada como quemador, provocaría una recarbonización del material de combustión. Una recarbonización de este tipo se puede evitar de manera particularmente efectiva en un horno de acuerdo con la invención si el quemador adicional o los quemadores adicionales 7, dado el caso en medida reducida, también se accionan cuando la correspondiente cuba es accionada regenerativamente, porque entonces
- 10 se puede evitar un enfriamiento correspondientemente intenso en esta zona 14. El gas de escape del horno (compuesto del gas de escape que procede de la cuba 1 accionada como quemador y el gas de refrigeración alimentado a la cuba accionada regenerativamente), después de que ha recorrido el material de combustión por encima del canal de desbordamiento 2, es evacuado por medio de una correspondiente salida de gas de escape 15.
- 15 Para los dos ejemplos de realización representado en las figuras 1 a 3 de un horno de acuerdo con la invención, pueden estar previstas para las dos cubas 1 formas de sección transversal cuadrangulares y en particular rectangulares, poligonales, o redondas, en particular circulares, como se representa esto en las figuras 4 y 5.
- Las figuras 4 y 5 muestran, además, posibles disposiciones horizontales de los quemadores adicionales 7 dispuestos en dos planos horizontales de un horno de acuerdo con la figura 3. En consecuencia, puede estar previsto, por ejemplo, en un horno de acuerdo con la figura 3 con una sección transversal rectangular de las cubas 1 (véase figura 4) una distribución de varios quemadores adicionales 7, en concreto dieciséis, en los dos planos horizontales en los que los ocho quemadores adicionales 7 de cada plano están dispuesto en solo dos paredes laterales opuestas, en particular en las paredes laterales orientadas y opuestas a la otra cuba 1, estando dispuestas estas, por ejemplo, distribuidas con separaciones uniformes esencialmente por toda la anchura de la correspondiente pared lateral. En un horno de acuerdo con la figura 3 con una sección transversal circular de las cubas 1 (véase figura 5) también está prevista una disposición de los quemadores de lanza orientados radialmente de los quemadores adicionales 7 por la extensión de la sección transversal circular con igual distribución en los dos planos horizontales. En los dos ejemplos de configuración se representa que los quemadores adicionales 7
- 20 individuales de los dos planos horizontales presentan un desplazamiento lateral entre sí que se corresponde aproximadamente con la mitad de la distancia entre dos quemadores adicionales 7 del mismo plano. Así mismo, es posible que dos quemadores adicionales 7 en cada caso de los dos planos horizontales estén dispuestos en lo esencial exactamente uno sobre otro. También es posible prever el desplazamiento lateral de menor tamaño.
- 25 Los quemadores adicionales 7 también pueden sobresalir de manera diferente en el correspondiente espacio interior de cuba y, por tanto, presentar diferentes distancias respecto al correspondiente centro de las cubas 1 individuales. En las figuras 4 y 5 se muestra que los quemadores adicionales 7 de los planos horizontales individuales presentan en lo esencial la misma distancia a un centro de la respectiva cuba 1. A este respecto, el centro de una cuba 1 en un horno de acuerdo con la figura 4 es definido por el plano central vertical (que comprende el eje longitudinal de la respectiva cuba 1) que discurre paralelamente a las paredes laterales que integran los quemadores adicionales 7 y, en un horno de acuerdo con la figura 5, por el eje longitudinal de la respectiva cuba 1. Además, está previsto que la distancia de los quemadores adicionales 7 (concretamente sus aberturas de quemador) hasta el correspondiente centro en cada caso sean menores en el plano horizontal superior que en el plano horizontal inferior. También se da la posibilidad de prever esta disposición correspondientemente a la inversa y/o prever diferentes distancias para los
- 30 quemadores adicionales de los planos horizontales individuales.
- 35
- 40
- 45

Lista de referencias:

- 1 Cuba
- 50 2 Canal de desbordamiento
- 3 Alimentación de material de combustión
- 4 Salida de material de combustión
- 5 Alimentación de gas de refrigeración
- 6 Quemador principal
- 55 7 Quemador adicional
- 8 Zona de precalentamiento
- 9 Zona de combustión principal
- 10 Zona de combustión adicional
- 11 Zona de refrigeración
- 60 12 Alimentación de gas de combustión
- 13 Zona de la cuba accionada como quemador
- 14 Zona de la cuba accionada regenerativamente
- 15 Salida de gas de escape

REIVINDICACIONES

1. Horno con al menos dos cubas verticales (1), que presentan cada una de ellas una alimentación de material de combustión (3) en su extremo superior y una salida de material de combustión (4) en su extremo inferior, y que están
5 unidas por medio de un canal de desbordamiento (2), estando previsto por encima del canal de desbordamiento (2) en cada caso al menos un quemador principal (6) y, por debajo del canal de desbordamiento (2), en cada caso una alimentación de gas de refrigeración (5), estando dispuesto en las cubas (1) en cada una al menos un quemador adicional (7) por debajo del canal de desbordamiento (2) **caracterizado por** un dispositivo de control, que prevé un estado de funcionamiento, en donde el quemador adicional o los quemadores adicionales se hace/n funcionar solo
10 en la cuba (1), accionada como quemador, o en las dos cubas (1).
2. Horno de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los quemadores adicionales (7) están integrados en una pared lateral de la respectiva cuba (1).
- 15 3. Horno de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** se puede modificar la distancia de los quemadores adicionales (7) en relación con un centro de la respectiva cuba (1).
4. Horno de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los quemadores adicionales (7) están dispuestos dentro de los dos tercios superiores, de la mitad superior o en el tercio superior de la sección
20 situada debajo del canal de desbordamiento (2) de la respectiva cuba (1).
5. Horno de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** están dispuestos a diferentes alturas en cada una de las cubas (1) al menos dos quemadores adicionales (7) .
- 25 6. Horno de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las cubas (1) presentan una forma de sección transversal redonda, cuadrangular o poligonal.
7. Procedimiento para el funcionamiento de un horno con al menos dos cubas (1) verticales, que presentan cada una de ellas en su extremo superior una alimentación de material de combustión (3) y en su extremo inferior una salida
30 de material de combustión (4), y que están unidas por medio de un canal de desbordamiento (2), estando previsto por encima del canal de desbordamiento (2) en cada caso al menos un quemador principal (6) y por debajo del canal de desbordamiento (2) en cada caso una alimentación de gas de refrigeración (5), estando dispuesto en las cubas (1) en cada una al menos un quemador adicional (7) por debajo del canal de desbordamiento (2), y calcinándose el material de combustión al menos parcialmente en una cuba de las dos cubas (1), que actúa como quemador en una
35 zona de combustión principal (9), por encima del canal de desbordamiento (2) y, a continuación, tratándose térmicamente en una zona de combustión adicional (10), que está dispuesta entre el canal de desbordamiento (2) y el correspondiente quemador adicional (7), **caracterizado por que** el quemador adicional o los quemadores adicionales (7) se hacen funcionar solo en la cuba (1), accionada como quemador, o en las dos cubas (1).
- 40 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** el material de combustión es sinterizado en la zona de combustión adicional (10).
9. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado por que** el material de combustión solo se calcina parcialmente en la zona de combustión principal (9), y se termina de calcinar en la zona de combustión
45 adicional (10).
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado por** la ejecución en un horno de acuerdo con las reivindicaciones 2 a 6.
- 50 11. Uso de un horno de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6 y/o de un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 10, para la fabricación de cal de cocción fuerte y/o para la fabricación de cal de cocción suave con un grado de calcinación > 99 %.

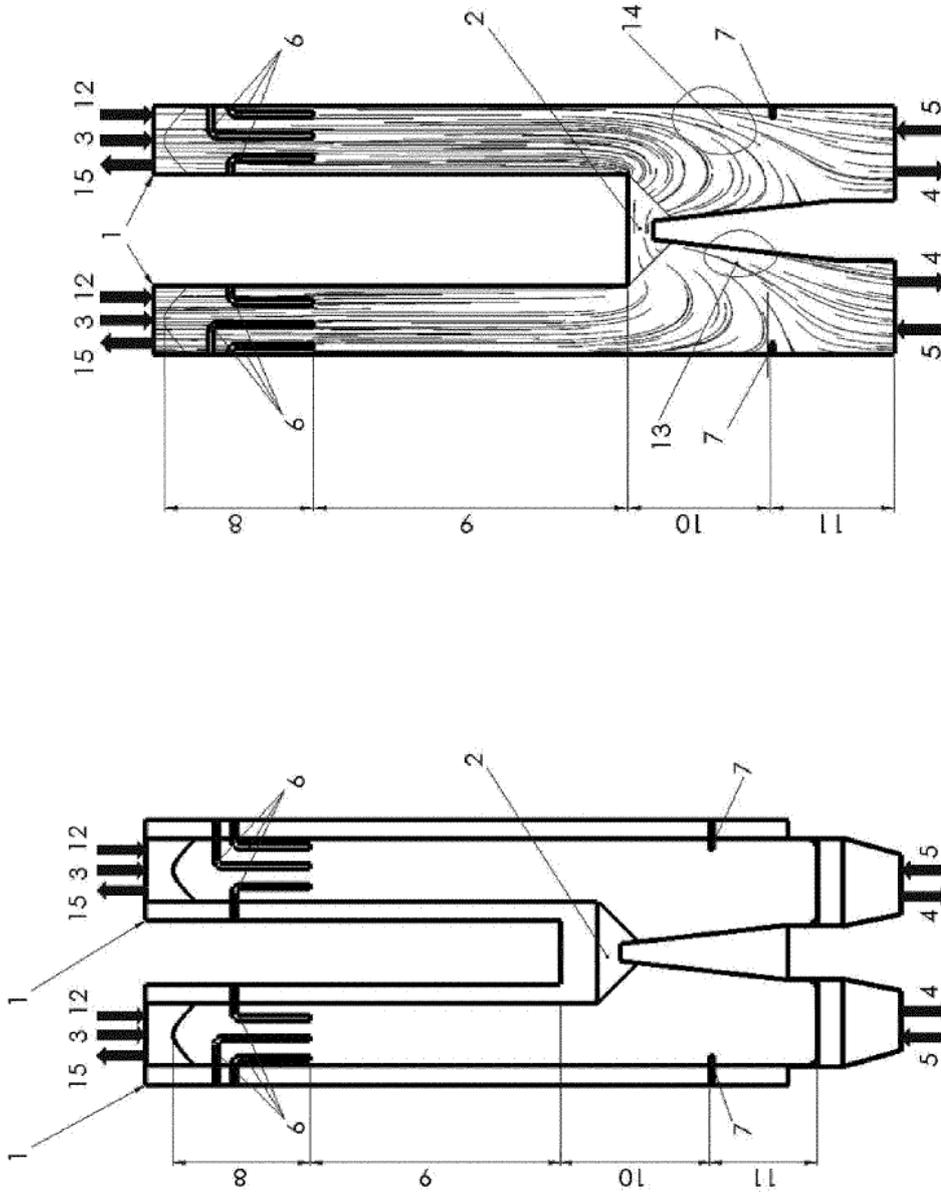


Fig. 2

Fig. 1

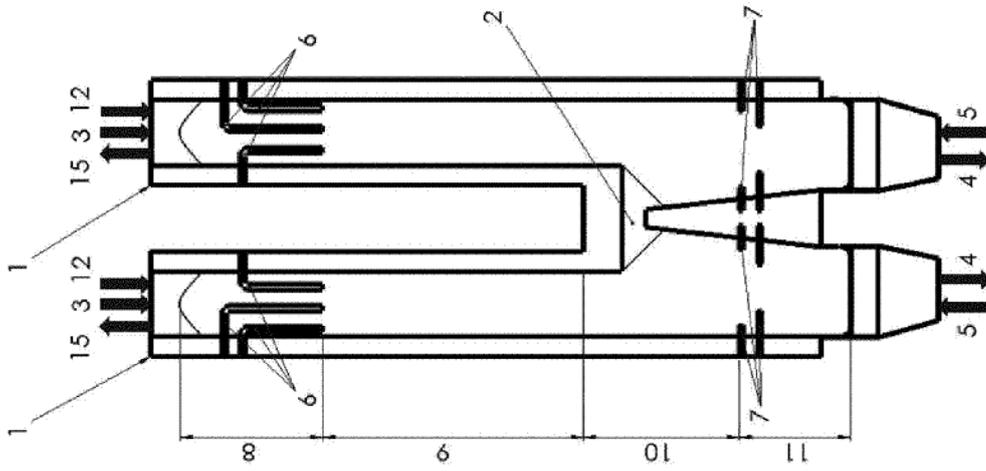


Fig. 3

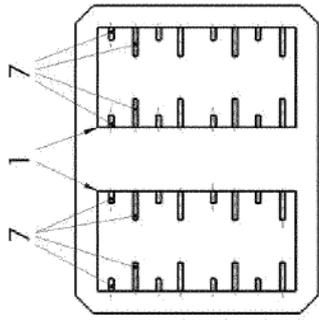


Fig. 4

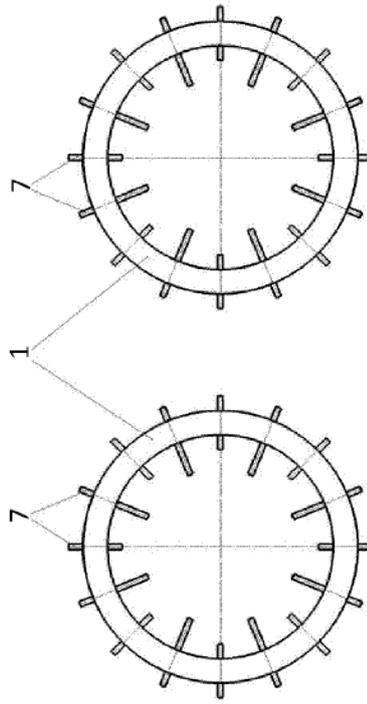


Fig. 5