

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 854**

51 Int. Cl.:

C04B 2/12 (2006.01)
F27B 1/02 (2006.01)
F27B 1/00 (2006.01)
F27B 1/04 (2006.01)
F27B 1/10 (2006.01)
F27B 1/16 (2006.01)
F27B 1/24 (2006.01)
F27D 7/02 (2006.01)
F27B 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.10.2016 PCT/EP2016/073796**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **13.04.2017 WO17060303**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2016 E 16777990 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 3359502**

54 Título: **Procedimiento de calcinación de roca mineral en un horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo y horno utilizado**

30 Prioridad:

06.10.2015 BE 201505631

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.03.2020

73 Titular/es:

**S.A. LHOIST RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT
(100.0%)
Rue Charles Dubois 28
1342 Ottignies-Louvain-la-Neuve, BE**

72 Inventor/es:

**HABIB, ZIAD y
PADOX, GUILHEM**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 750 854 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de calcinación de roca mineral en un horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo y horno utilizado

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de calcinación de roca mineral en un horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo (*parallel flow regenerative kiln*, PFRK) en el que al menos dos cubas están interconectadas por mediante una vía de transferencia de gas.

10 Los hornos de flujo paralelo regenerativo comprenden generalmente dos o tres cubas verticales interconectadas en su parte central por un conducto de unión. Estas cubas funcionan de forma alternativa: una opera en modo de cocción (calcinación) durante un periodo de tiempo predeterminado, por ejemplo de 10 a 12 minutos, mientras que la otra o las otras opera(n) en modo de precalentamiento de la roca mineral. A continuación, la cuba en modo de cocción pasa a modo de precalentamiento mientras que la cuba o una de las cubas en modo de precalentamiento pasa a modo de cocción. Así se repite un ciclo operatorio cada vez que una cuba dada comienza a operar en modo de cocción.

El procedimiento utilizado en estos hornos conocidos comprende:

- una carga de roca mineral por la parte superior de las cubas, y
- 15 - una descarga de roca mineral calcinada por la parte inferior de las cubas,
- funcionando cada cuba alternativamente en modo de cocción y en modo de precalentamiento, estando una cuba en modo de cocción durante un periodo de tiempo predeterminado mientras que la otra cuba está en modo de precalentamiento, e inversamente,
- 20 - comprendiendo el modo de cocción, en presencia de dicha roca mineral, una combustión de combustible en presencia de gas que contiene oxígeno de forma que se obtenga una cocción de esta roca a roca calcinada, un desprendimiento de gas de combustión, y un paso de estos gases de combustión de la cuba en modo de cocción hacia la otra cuba en modo de precalentamiento por medio de dicha vía de transferencia de gas,
- comprendiendo el modo de precalentamiento un intercambio de calor entre dicha roca mineral y dichos gases de combustión procedentes de dicha vía de transferencia de gas.

25 Por roca mineral, en el sentido de la presente invención, se entiende en particular la roca calcárea, la roca dolomítica y/o la magnesita que se calcinan respectivamente a cal viva, a dolomía viva y a magnesita.

30 Las rocas o piedras minerales se cargan por la parte superior de las cubas. Igualmente es en la parte superior de estas cubas donde se sitúan las lanzas que permiten el transporte de combustible al horno. La zona de precalentamiento de las piedras se sitúa entre la parte superior de la cuba y los extremos de las lanzas de combustible. Las piedras, que llegan al extremo de las lanzas, alcanzan entonces, en la cuba en modo de cocción alimentada de combustible y de gas que contiene oxígeno, una temperatura que varía generalmente de 800°C a 1.300°C. El o las cubas en modo de precalentamiento no se alimentan entonces en combustible. Las piedras colocadas en la o las cubas en modo de precalentamiento recuperan la energía que proviene de los gases procedentes de la cuba en modo de cocción. La actividad de las cubas se invierte, por ejemplo cada diez o doce minutos, cuando la inyección de combustible cesa en la cuba en modo de cocción y ésta pasa entonces al modo precalentamiento y viceversa. Cuando hay dos cubas, un ciclo dura por lo tanto generalmente entre veinte y veinte y cuatro minutos.

35 Por razones económicas, es ventajoso en este tipo de instalación utilizar combustibles poco costosos. Desgraciadamente, el contenido de nitrógeno y de azufre de estos combustibles poco costosos es elevado, lo que plantea potencialmente problemas medioambientales debidos a la emisión de gases tales como los óxidos de nitrógeno NO_x o los óxidos de azufre SO_x. Otro problema encontrado durante la utilización de combustibles de alto contenido de azufre es que éste es captado generalmente por la cal, lo que no es adecuado para algunas aplicaciones tales como en siderurgia, en las que el contenido máximo de azufre en la cal está limitado generalmente a 0,1% en peso.

40 En los documentos BE 1018212 y US 4315735 principalmente se describen procedimientos que permiten la disminución del contenido de azufre en la cal. En estas patentes, se recomienda reducir la cantidad de aire que llega a la cuba en modo de cocción con el fin de realizar una combustión incompleta de los combustibles. Esta manipulación permite impedir efectivamente que el azufre sea captado por la cal en la cuba en modo de cocción. Se ha observado que permite también reducir la cantidad de NO_x formado en esta cuba en modo de cocción. El aire primario de transporte del combustible tiene un papel particularmente importante en la combustión y la formación de los NO_x ya que está premezclado con el combustible y está disponible rápidamente para combinarse con el nitrógeno, contenido en el combustible, tan pronto como la temperatura lo permite. Una reducción de la cantidad de este aire primario ha mostrado ser, por lo tanto, favorable para reducir los NO_x. Desgraciadamente, la combustión incompleta de los combustibles lleva igualmente a un aumento de la cantidad de residuos no quemados en los gases de combustión que llegan a la salida del horno, principalmente el monóxido de carbono. En estos documentos anteriores, la reducción del aire que es llevado a la cuba en modo de cocción se realiza hasta la observación de un valor umbral de monóxido

de carbono CO, medido posteriormente a la cuba en modo de cocción en el conducto de unión. Estos procedimientos se basan, por lo tanto, en la observación de un aumento en el contenido de CO en los gases emitidos a la salida del horno, los cuales muestran una pérdida de energía en el procedimiento y representan un gran inconveniente a nivel de la contaminación atmosférica, pudiendo estos gases incluso ser incompatibles con las legislaciones medioambientales.

5 Para mejorar las prestaciones de los hornos, es conocida la introducción de un combustible gaseoso, líquido o sólido en el conducto de unión (véanse los documentos FR 2091767 y DE 19843820). Por último, también se conoce la inyección de aceite en el conducto de unión, mediante una lanza, como fuente de calor durante el arranque del horno (véase el documento US 6113387).

10 La presente invención tiene como objetivo paliar estos inconvenientes procurando un procedimiento que permita evitar los inconvenientes relacionados con el contenido de azufre y en nitrógeno de los combustibles poco costosos utilizados, no obstante sin ocasionar un aumento inadmisibles de los residuos no quemados en los gases de combustión que salen del horno y, por lo tanto, las correspondientes pérdida de energía y contaminación.

15 Según la invención, se prevé un procedimiento tal como se ha indicado al principio y que comprende además una inyección de gas que contiene el oxígeno complementario en dicha vía de transferencia del gas con oxidación de los residuos no quemados contenidos en los gases de combustión que pasan por esta vía de transferencia de gas.

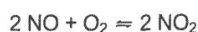
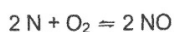
20 Por residuos no quemados es necesario entender, según la presente invención, cualquier sustancia que esté combinada de forma imperfecta con el oxígeno del gas que contiene oxígeno utilizado para la combustión del combustible. Estos residuos no quemados pueden comprender, por lo tanto, partículas finas de carbono no quemadas durante la combustión, moléculas orgánicas, pero también y sobre todo monóxido de carbono. La presencia de monóxido de carbono en los gases de combustión es reveladora una reacción de oxidación incompleta del combustible durante la combustión. Como esta reacción de oxidación es exotérmica, esto significa que, si es incompleta, se ha perdido una parte de la energía potencial contenida en el combustible.

25 El procedimiento según la invención presenta la gran ventaja de oxidar los residuos no quemados presentes, en particular el monóxido de carbono contenido en los gases de combustión, y por lo tanto evitar la pérdida de energía citada anteriormente, y esto de forma significativa durante su paso de una cuba a la otra. El aporte de gas que contiene el oxígeno complementario tiene lugar por lo tanto fuera de las cubas, en un espacio previsto para una transferencia de gas de una cuba a la otra. Por tanto, no interfiere en el funcionamiento previsto en el interior de las cubas.

30 Por gas que contiene oxígeno se puede entender en la presente invención aire, aire enriquecido en oxígeno u oxígeno, por ejemplo oxígeno técnico. El gas que contiene oxígeno complementario puede ser igualmente aire, aire enriquecido en oxígeno u oxígeno, por ejemplo oxígeno técnico, y contener además un aditivo que permite mejorar la oxidación de los residuos no quemados, tales como los catalizadores de combustión. Se puede citar, por ejemplo, el enriquecimiento en oxígeno del gas complementario en el que la utilización de oxígeno permite mejorar la reacción de oxidación de los gases no quemados en la vía de transferencia de gas. Dicho procedimiento permite estabilizar más fácilmente la cantidad de CO producida y mantenerla por debajo de los valores máximos autorizados. En la parte siguiente de la descripción, la expresión gas que contiene oxígeno se expresará a veces, por razones de sencillez, solamente con el término aire.

35 El procedimiento según la invención permite por lo tanto funcionar sin inconvenientes en condiciones que, de forma conocida, tienen como efecto reducir el contenido de NO_x en los gases emitidos por el horno.

40 En efecto, se sabe que el nitrógeno atómico orgánico de los combustibles reacciona con el oxígeno contenido en el aire de combustión según las reacciones simplificadas siguientes:



Reduciendo principalmente el aporte de oxígeno en la cuba en modo de cocción durante la combustión de los combustibles, las reacciones anteriores no se ven por consiguiente favorecidas.

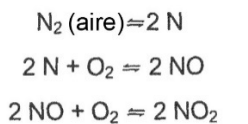
45 Contrariamente a los procedimientos conocidos en el estado de la técnica, el procedimiento según la invención, si permite disminuir la cantidad de NO_x en un horno de flujo paralelo regenerativo, evita además el aumento del contenido de CO en el gas de salida del horno. Este procedimiento ofrece, por lo tanto, la ventaja de poder utilizar combustibles o materias primas poco costosas, ricas en nitrógeno y en azufre, tales como el coque de petróleo o los residuos de madera, respetando a la vez las legislaciones medioambientales referidas a los contenidos de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y también de monóxido de carbono contenidos en los gases emitidos. Es evidente que todos los tipos de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos usuales en la técnica pueden ser utilizados para la cocción de la roca mineral según la presente invención, tales como el carbón, la madera, el lignito, el esquisto bituminoso, la turba, la hulla, la antracita, los alcoholes, el petróleo y sus derivados, el gas natural, el biogas, el gas de petróleo licuado, los residuos (por ejemplo, residuos de madera, pepitas de uva, etc.), etc.

5 Por otra parte, la disminución del aporte de aire global en la cuba en modo de cocción permite reducir las pérdidas de carga unidas a la circulación de los gases a través del lecho de piedra de esta cuba, lo que significa que una cantidad más importante de roca mineral puede ser alimentada en esta cuba. En consecuencia, el procedimiento según la presente invención permite igualmente aumentar la productividad del horno. Esto constituye una ganancia económica y ecológica dado que se pueden usar combustibles ricos en nitrógeno y en azufre y, por lo tanto, poco costosos, que se aumenta la productividad instantánea del horno y que se limitan las cantidades de contaminantes atmosféricos emitidos.

10 En particular, según la invención, el gas que contiene oxígeno alimentado en una cuba en modo de cocción está en forma de un gas que contiene oxígeno primario transportado simultáneamente al combustible, en particular por lanzas de combustible, y de un gas que contiene oxígeno secundario, introducido por la parte superior de esta cuba a través de la roca que se debe cocer. El aire primario sirve, por lo tanto, principalmente para el transporte del combustible y para la combustión de este último o también para el enfriamiento de las lanzas de inyección del combustible. Una reducción del aporte de aire primario lleva por lo tanto a una combustión incompleta del combustible en la cuba de cocción que da lugar a una producción no despreciable de residuos no quemados, principalmente monóxido de carbono. Con el fin de optimizar la reducción del aporte de aire en la cuba de cocción, se puede realizar igualmente una reducción del aporte de aire secundario.

15 Según un modo de realización particular de la invención, la oxidación de los residuos no quemados, producida durante la inyección susodicha de gas que contiene el oxígeno complementario, se realiza a una temperatura de oxidación suficientemente elevada para permitir una oxidación del monóxido de carbono y suficientemente baja para evitar una degradación del monóxido de carbono y suficientemente baja para evitar una degradación térmica de las moléculas de dinitrógeno N₂ en nitrógeno atómico N. Esta temperatura de oxidación está prevista ventajosamente entre 800°C y 1.300°C, preferentemente entre 900°C y 1.250°C. En efecto, las emisiones de óxido de nitrógeno NO_x provienen de dos reacciones distintas: la reacción del nitrógeno atómico orgánico de los combustibles con el oxígeno del aire, tal como se ha descrito precedentemente, y la descomposición térmica del nitrógeno molecular del aire en presencia de oxígeno.

20 La descomposición térmica del nitrógeno molecular contenido en el aire necesita una temperatura superior a 1.250°C. Los NO_x se forman entonces por la combinación del nitrógeno atómico que resulta de la degradación térmica y del oxígeno disponible en el aire según las reacciones específicas siguientes:



30 La temperatura que impera en el lugar de la inyección del gas que contiene el oxígeno complementario es, por lo tanto, esencial para optimizar el procedimiento favoreciendo la oxidación del monóxido de carbono en dióxido de carbono y limitando la formación de NO_x en la vía de transferencia de gas que interconecta las cubas.

35 Preferentemente, según un modo de realización de procedimiento según la invención, la cantidad de oxígeno complementario inyectado en dicha vía de transferencia de gas por medio del gas que contiene el oxígeno complementario está comprendida entre 0,1 y 50 veces la cantidad estequiométrica de oxígeno calculada sobre la base de la cantidad de CO medida a la salida del horno (en la chimenea) en ausencia de este gas que contiene el oxígeno complementario.

40 Por la expresión "cantidad estequiométrica" se entiende, según la presente invención, la cantidad teórica de oxígeno necesaria para que la reacción de oxidación del monóxido de carbono sea completa y tenga lugar en condiciones estequiométricas. Estas proporciones estequiométricas se calculan con respecto a la cantidad de CO medida en los gases a la salida del horno (en la chimenea) en ausencia del gas que contiene el oxígeno complementario.

45 La cantidad de oxígeno que se debe añadir viene dictada principalmente por las cantidades de CO y de O₂ presentes en los gases de combustión del horno, así como por la velocidad mínima de este gas que contiene el oxígeno complementario necesario para asegurar una buena mezcla del oxígeno complementario en los gases de combustión; por ejemplo, esta velocidad puede ser al menos igual a la velocidad de los gases de combustión (del orden de 5 a 15 m/s).

50 Además, según un modo de realización particular, el gas que contiene el oxígeno complementario puede presentar en el momento de la inyección una temperatura comprendida entre la temperatura ambiente y 400°C. El control de esta temperatura permite además evitar el enfriamiento de la vía de transferencia de gas que llevaría a una disminución de la eficacia de la oxidación del monóxido de carbono a dióxido de carbono.

Según un modo de realización particular de la invención, la vía de transferencia de gas es un conducto de unión que une directamente una cuba con la otra. Preferentemente, la inyección del gas que contiene el oxígeno complementario en el conducto de unión tiene lugar equidistante de las cubas que interconecta. Esta posición equidistante de las cubas

es favorable dado que los modos de funcionamiento de las cubas están regularmente invertidos. La inyección del gas complementario cuando se realiza equidistante de las cubas es, por lo tanto, independiente de la alternancia de los modos de cocción y de precalentamiento de las cubas del horno.

5 Además, ventajosamente, según el procedimiento de la invención, el combustible se lleva a la cuba en modo de cocción por lanzas que producen haces paralelos de chorros de combustible que experimentan la combustión y forman líneas de gas de combustión que pasan por el conducto de unión, realizándose la susodicha inyección de gas que contiene el oxígeno complementario a nivel de cada una de estas líneas de gas de combustión. Una simulación por CFD (*Computational Fluid Dynamics*, o mecánica numérica de fluidos en español), ha permitido obtener una cartografía de la distribución de las temperaturas y de la concentración de oxígeno en la cuba en modo de cocción y en el conducto de unión. Estas simulaciones han mostrado que, durante su desplazamiento en el conducto de unión para pasar a continuación a la cuba en modo de precalentamiento antes de salir del horno, los gases procedentes de la combustión, como el CO, siguen trayectorias definidas por la posición de las lanzas de combustible. Estas trayectorias que se denominan igualmente líneas de corriente de los gases de combustión corresponden también a los lugares del conducto de unión en los que la temperatura es adecuada para una oxidación óptima de los residuos no quemados.

10 Según otro modo de realización particular del procedimiento de la invención, dicha vía de transferencia de gas está formada por un conducto de unión que une canales periféricos dispuestos alrededor de cada cuba de forma que permita un acceso de los gases de combustión desde cada cuba al conducto de unión. En este caso, dicha inyección de gas que contiene el oxígeno complementario puede tener lugar en el conducto de unión, en los canales periféricos o a la vez en el conducto de unión y los canales periféricos.

Ventajosamente, el procedimiento según la invención se aplica a un horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo que comprende dos cubas. El horno puede comprender tres cubas y tres vías de transferencia de gas que interconectan cada una dos de dichas cubas citadas anteriormente y entonces una cuba está en modo de cocción durante un periodo de tiempo predeterminado mientras que las otras dos cubas están en modo de precalentamiento.

25 Según un modo de realización preferido del procedimiento de la invención, la roca mineral se elige entre el grupo constituido por la roca calcárea, la roca dolomítica, la magnesita y su mezcla.

En este caso, el procedimiento de la presente invención es un procedimiento de producción de cal viva y/o de dolomía viva y/o de magnesia en un horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo.

30 Las cubas del horno pueden estar cargadas cada una con una roca mineral de la misma naturaleza. Alternativamente, las cubas del horno pueden estar cargadas cada una con una roca mineral de naturaleza diferente.

Otros modos de realización del procedimiento según la invención se indican en las reivindicaciones anexas.

La presente invención se refiere igualmente a un horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo para la producción de roca mineral calcinada que comprende:

- al menos dos cubas interconectadas por una vía de transferencia de gas,
- 35 comprendiendo cada una de dichas cubas:
 - al menos un dispositivo de alimentación de combustible,
 - al menos una conducción de gas que contiene oxígeno para la combustión del combustible,
 - una entrada para la carga de la roca mineral, y
 - una salida para la descarga de dicha roca minera calcinada producida, y
 - 40 - una evacuación del gas de combustión.

El horno según la presente invención comprende además una fuente de gas que contiene el oxígeno complementario y un dispositivo de inyección conectado a esta fuente de gas que contiene el oxígeno complementario y dispuesto para inyectar este gas que contiene el oxígeno complementario en dicha vía de transferencia de gas. Este dispositivo permite resolver el problema relacionado con la formación de residuos no quemados durante la combustión. En efecto, según la presente invención, los residuos no quemados tales como el CO, formados en la cuba en modo de cocción y que pasan por la vía de transferencia de gas, son oxidados por el aire complementario antes de alcanzar la cuba en modo de precalentamiento y después de la salida de horno. Esto permite evitar cualquier pérdida de energía resultante de una oxidación imperfecta de las materias carbonadas que forman el combustible y responder a las exigencias medioambientales relativas al contenido de CO de los gases de combustión difundidos a la atmósfera. Por otra parte, la oxidación de los residuos no quemados tiene lugar en un espacio situado fuera de las cubas y debido a esto el aporte de gas que contiene el oxígeno complementario no influye en el funcionamiento de las cubas. En particular, es importante cuando la cocción de las piedras o rocas se realiza en condiciones que llevan a una combustión incompleta de los combustibles. En efecto, la combustión incompleta permite principalmente reducir el contenido de NO_x. Con un

horno según la invención, las cantidades de NO_x están por lo tanto disminuidas, mientras que el contenido de CO en los gases emitidos se mantiene inferior a las prescripciones legales.

5 Según la invención, la vía de transferencia de gas puede ser un conducto de unión que une directamente una cuba con la otra. También puede estar formada por un conducto de unión que une los canales periféricos dispuestos alrededor de cada cuba de forma que permita un acceso de los gases de combustión desde cada cuba en el conducto de unión. En este último caso, el susodicho dispositivo de inyección está dispuesto para inyectar los gases que contienen oxígeno complementario en el conducto de unión, en los canales periféricos o a la vez en el conducto de unión y los canales periféricos.

10 De forma ventajosa, el dispositivo de inyección comprende al menos una caña de inyección derecha perforada introducida en el conducto de unión y alimentada por una fuente de gas que contiene el oxígeno complementario. Esta caña de inyección está ventajosamente colocada transversalmente con respecto al eje longitudinal del conducto de unión pero igualmente puede estar orientada de forma divergente con respecto al eje transversal del conducto de unión. Este dispositivo permite inyectar fácilmente el aire complementario posteriormente a la cuba en modo de cocción, y esto sobre casi toda la longitud del conducto de unión, con el fin de oxidar un máximo de residuos no quemados, procedentes en particular de una combustión incompleta.

15 Preferentemente, según la presente invención, la caña de inyección comprende uno o varios orificios orientados para inyectar el gas que contiene el oxígeno complementario hacia una parte elevada del conducto de unión. Las cartografías obtenidas por medio de simulaciones por CFD han mostrado también que los gases procedentes de la combustión se localizan principalmente en la parte superior del conducto de unión donde resulta igualmente que las temperaturas son mayores. Como se ha descrito anteriormente, la temperatura es importante para la reacción de oxidación de los residuos no quemados. Con el fin de obtener una oxidación óptima de los residuos no quemados que provienen de la cuba en modo de cocción, la inyección de aire complementario se realiza, por lo tanto, preferentemente en la parte superior del conducto de unión

20 Según un modo de realización particular, el horno presenta una caña de inyección introducida en el conducto de unión mediante una apertura equidistante de dichas cubas. La inyección del gas complementario es, por lo tanto, independiente de la alternancia de los modos de cocción y de precalentamiento de las cubas del horno.

25 Según un modo de realización particular de la invención, el conducto de unión presenta una parte superior y un eje longitudinal y el dispositivo de inyección de gas que contiene el oxígeno complementario comprende una o varias aperturas previstas en esta parte superior del conducto de unión a través de las que el gas que contiene el oxígeno complementario puede ser alimentado a partir de una fuente de dicho gas, estando situadas dichas aperturas equidistantes de las cubas y perpendicularmente a este eje longitudinal. Estos orificios representan una alternativa eficaz a la caña de inyección dado que permiten inyectar el gas complementario directamente sobre las líneas de corriente del gas de combustión a nivel de la parte superior del conducto de unión. Como ha sido mostrado por las simulaciones por CFD, en estos lugares es efectivamente donde la cantidad de residuos no quemados es máxima y la temperatura es ideal para su oxidación.

30 En este modo de realización particular, dichas aperturas del dispositivo de inyección del gas que contiene el oxígeno complementario están provistas ventajosamente de sistemas mecánicos de difusión o de rotación que permiten mejorar el reparto del aire complementario en el conducto de unión.

35 En una forma de realización particularmente ventajosa del horno según la invención, el dispositivo de alimentación de combustible comprende una o varias series de una o varias lanzas mono-chorro o multi-chorros dispuestas de forma que produzcan haces de chorros de combustible paralelos en la cuba correspondiente, siendo estos haces paralelos entre ellos, estando situados los chorros de combustible de los diferentes haces mencionados anteriormente en varios planos paralelos al eje longitudinal del conducto de unión.

40 Ventajosamente, en el horno según la invención, los orificios de la caña de inyección o las aperturas en la parte superior del conducto de unión para la inyección del gas complementario que contiene oxígeno están previstos en dichos planos formados por los susodichos haces. Como se ha descrito precedentemente, gracias a las simulaciones por CFD, estos planos representan las líneas de corriente de los gases procedentes de la combustión.

45 Ventajosamente, el horno según la invención comprende dos cubas y una vía de transferencia de gas que les interconecta. También se puede prever que el horno comprenda tres cubas y tres vías de transferencia de gas que interconectan cada una dos de dichas cubas citadas anteriormente, así como un dispositivo de inyección para inyectar el gas que contiene el oxígeno complementario en cada una de dichas vías de transferencia de gas.

En las reivindicaciones anexas se indican otras formas de realización del horno según la invención.

Otros detalles y particularidades de la invención resultarán de la descripción dada a continuación, de forma no limitativa, con referencia a los dibujos anexos.

55 La figura 1a muestra esquemáticamente un horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo de sección rectangular y con dos cubas unidas por un conducto de unión.

La figura 1b ilustra muestra esquemáticamente un horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo de sección circular, con dos cubas con canales periféricos anulares unidos por un conducto de unión.

La figura 2 muestra una vista transversal, según la línea I-I de la figura 1a de un conducto de unión de una forma de realización de un horno según la invención.

5 La figura 3 representa una vista transversal, igualmente según la línea I-I de la figura 1a, de otra forma de realización de un conducto de unión de un horno según la invención.

La figura 4 muestra una vista según la línea IV-IV de la figura 1a de una forma de realización del horno, tal como se muestra en la figura 3.

10 La figura 5 representa una vista transversal según la línea V-V de la figura 1b de una forma de realización de un horno según la invención.

La figura 6 representa una vista transversal análoga a la de la figura 5 en un horno según la invención que comprende tres cubas.

15 En la figura 1a se representa esquemáticamente un horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo para la producción de roca mineral calcinada. En este esquema, el horno comprende dos cubas 1 y 2 de sección rectangular, interconectadas por un conducto de unión 3 que, en este ejemplo, une directamente las dos cubas. La roca mineral 20 se carga por la parte superior de las cubas, por ejemplo por la entrada 6, en la que se encuentra la zona de precalentamiento A. Cada cuba representa un dispositivo de alimentación de combustible 4 que comprende lanzas de combustible 9 con dispositivos de transporte del gas que contiene oxígeno 5(a) y 5(b) para la combustión del combustible. La roca mineral cargada inicialmente en la zona de precalentamiento A, que se extiende de la parte superior de la cuba al extremo de las lanzas de combustible 9, pasa a continuación a la zona de cocción B comprendida entre el extremo de las lanzas de combustible 9 y el nivel inferior del conducto de unión 3. La roca mineral calcinada 21 se recupera en la parte inferior de las cubas de la zona C de refrigeración y se descarga, por ejemplo, por la salida 7, y los gases procedentes de la combustión se evacúan por la parte superior de las cubas 1 y 2, por ejemplo por la chimenea de evacuación 8.

25 Las cubas 1 y 2 de un horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo funcionan de forma alternativa en un ciclo de dos tiempos: en un primer tiempo, la primera cuba sirve para la cocción mientras que la segunda cuba sirve para el precalentamiento e, inversamente, en un segundo tiempo la segunda cuba sirve para la cocción mientras que la primera cuba sirve para el precalentamiento. El cargamento de la roca mineral se hace generalmente en medio del ciclo, en el mismo momento que el cambio de los circuitos de los fluidos de una cuba a la otra que permite la inversión de los flujos de gas en el horno. En la figura 1a, la cuba 1 está en modo de cocción, mientras que la cuba 2 está en modo de precalentamiento. En la cuba en modo de cocción 1, el combustible es transportado por las lanzas 9 del dispositivo de alimentación 4 y el aire necesario para la combustión de este combustible es transportado por las lanzas de combustible 5(a) (aire primario) y por la parte superior 5(b) (aire secundario) de la cuba 1 a través de la roca situada en la zona de precalentamiento A que ha sido previamente precalentada. Esto permite alcanzar, en la zona de cocción B, una temperatura suficientemente elevada para realizar la cocción de la roca. La roca calcinada así producida y enfriada en la zona de refrigeración C por el aire transportado por el dispositivo 5(c) a la parte inferior de la primera cuba 1 se recupera por la salida 7 prevista en esta parte inferior de la cuba. La chimenea de evacuación 8 de la cuba en modo de cocción está cerrada. El aire primario alimentado por el dispositivo 5(a) así como el aire secundario introducido por el dispositivo 5(b) en la parte superior de la cuba 1 y el aire de refrigeración transportado por el dispositivo 5(c) fuerzan así una circulación de los gases hacia la cuba en modo de precalentamiento 2 donde únicamente se inyecta en 5(c) una parte del aire de refrigeración. Los gases procedentes de la combustión del combustible en la primera cuba 1 en modo de cocción pasan por lo tanto del conducto de unión 3 antes de alcanzar la segunda cuba 2 del horno en modo de precalentamiento donde no se alimenta ni combustible ni gas que contiene oxígeno primario o secundario. La roca mineral cargada en la zona de precalentamiento A de esta segunda cuba 2 recupera, por lo tanto, la energía calorífica de estos gases de combustión por intercambio térmico, antes de su salida del horno por la chimenea de evacuación 8 que, en la cuba en modo de precalentamiento, está abierta. La roca se precalienta así para el momento en el que esta segunda cuba va a funcionar en el modo de cocción.

50 Dicho horno puede comprender, según la presente invención, como se muestra en las figuras 2 y 3, un dispositivo de inyección 18 para inyectar el gas que contiene el oxígeno complementario en el conducto de unión 3. Este dispositivo 18 tiene como ventaja la oxidación, en el conducto de unión 3, de los residuos no quemados, principalmente el monóxido de carbono, contenidos en los gases de combustión que provienen de la cuba en modo de cocción 1 y esto antes de su salida de la cuba 2. El conducto de unión 3 es el lugar ideal para acoger este dispositivo de inyección de aire 18, ya que su posición central con respecto a las cubas 1 y 2 permite utilizar este dispositivo de inyección de aire independientemente del hecho de que esté en el primer o en el segundo tiempo de los ciclos del horno y, por lo tanto, independientemente del hecho de que la cuba 1 esté en modo de cocción y la cuba 2 en modo de precalentamiento o a la inversa. La oxidación de los residuos no quemados en el conducto de unión tiene como efecto el mantenimiento, o incluso el aumento, de la temperatura de los gases de combustión antes de su utilización para el precalentamiento de las rocas en la cuba 2. Después de la combustión se obtienen residuos no quemados, en particular cuando el aporte de gas que contiene el oxígeno para la combustión 5(a) y/o 5(b) es disminuido en la cuba en modo de cocción

- de forma que se provoque así una combustión incompleta del combustible. Dicha reducción del aporte de aire en la cuba en modo de cocción 1 se puede realizar disminuyendo la cantidad de aire primario 5(a) que es inyectada por las lanzas de combustible 9 y que sirve principalmente para su combustión. En el caso de un combustible sólido, todo o una parte de este aire primario se premezcla con el combustible y sirve principalmente para el transporte de éste; debido a esto, el aire primario de transporte es un contribuidor principal para la formación de los NO_x por el aporte de oxígeno íntimamente mezclado con el combustible y, por lo tanto, inmediatamente disponible. Otra forma de realizar una combustión incompleta en la cuba en modo de cocción 1 consiste en reducir el aporte de aire secundario 5(b) que se inyecta por la parte superior de la cuba en modo de cocción 1 a través de las rocas en la zona de precalentamiento A. Evidentemente, también se pueden reducir simultáneamente las cantidades de aire primario y de aire secundario.
- Alternativamente, si no es posible reducir la cantidad de aire primario, debido principalmente a que este sea necesario para el transporte del combustible sólido, es igualmente posible reducir la concentración de oxígeno de este aire primario enriqueciéndolo en gas neutro (N₂, CO₂, ...) o sustituyéndolo por gases de combustión reciclados pobres en oxígeno.
- A diferencia del horno según la figura 1a, el horno según las figuras 1b y 5 presenta cubas de sección circular. Aquí el conducto de unión 3 une dos canales periféricos anulares 22, que rodean cada una una cuba. Están dispuestos de forma que permiten un acceso de los gases de combustión desde cada cuba al conducto de unión y esto en todo el perímetro de estas cubas. Estos canales periféricos 22 se encuentran fuera del flujo de los bloques cocidos de roca mineral y forman, por lo tanto, con el conducto de unión 3 una vía de transferencia de gas que interconecta las dos cubas.
- La figura 2 muestra un vista transversal con respecto al eje longitudinal L del conducto de unión 3 de una primera forma de realización de horno según la invención. Según esta forma de realización, el horno presenta una caña derecha 10 insertada en el conducto de unión 3 por una apertura 13 y colocada transversalmente con respecto al eje longitudinal L de este conducto de unión 3, bien horizontalmente como se representa en la figura 2 o bien con un cierto ángulo de inclinación con respecto a la horizontal, de forma que los orificios 11 en el extremo de la caña estén más próximos de la parte superior 12 del conducto de unión que los orificios 11 próximos a la apertura 13. Los orificios 11 de la caña 10 están orientados de forma que inyecten el gas que contiene el oxígeno complementario preferentemente hacia la parte superior 12 del conducto de unión 3. Efectivamente, a nivel de esta parte superior la cantidad de residuos no quemados es mayor y la temperatura es ideal para su oxidación. La caña 10 está insertada ventajosamente equidistante de las dos cubas 1 y 2 con el fin de poder utilizar el dispositivo independientemente de los modos de cocción y de precalentamiento de las cubas. Se alimenta de gas mediante una fuente de gas que contiene el oxígeno complementario 19, representada de forma esquemática.
- La figura 3 representa una vista transversal con respecto al eje longitudinal L del conducto de unión 3 de otra forma de realización del horno según la invención. Según esta forma de realización, el conducto de unión 3 presenta aperturas 14 en su parte superior 12. Las aperturas 14 en la parte superior 12 del conducto de unión están situadas ventajosamente en un plano equidistante de las cubas (véase la figura 4) y perpendicular al eje longitudinal L del conducto de unión 3. El gas que contiene el oxígeno complementario puede ser alimentado por una serie de canalizaciones 15 que llevan a las aperturas 14 de la parte superior 12 del conducto de unión 3. Estas canalizaciones se pueden reagrupar en una canalización principal 16 proveniente de la fuente 20 del gas inyectado, que se representa de forma esquemática. Un compresor, no representado, colocado anteriormente a esta canalización 16 permite regular el caudal de aire inyectado para vencer, además, la presión positiva que impera en el horno. Por otra parte, las aperturas 14 previstas directamente en la parte superior 12 del conducto de unión 3 permiten inyectar el aire complementario directamente en las zonas que contienen la mayoría de los residuos no quemados y que presentan una temperatura óptima para su oxidación.
- En la figura 4, las cubas 1 y 2 del horno se encuentran a un lado y el otro del conducto de unión 3, en el que se sitúan aperturas 14 en un plano equidistante de las cubas 1 y 2 y perpendicular al eje longitudinal L del conducto de unión 3. En este caso de cubas rectangulares, el dispositivo de alimentación de combustible 4 comprende seis series de tres lanzas de combustible 9 dispuestas de forma que se creen haces de chorros de combustible situados en seis planos 17 paralelos entre ellos y paralelos al eje longitudinal L del conducto de unión 3. La figura 4 pone en evidencia que las aperturas 14 en la parte superior 12 del conducto de unión 3 se colocan en estos planos paralelos 17. Estos planos corresponden a las líneas de corriente de los gases de combustión que proceden de la cuba en modo de cocción 1 y en las que se encuentra la concentración mayor de residuos no quemados de esta corriente de gas.
- Como se muestra en la figura 5, que representa una vista transversal de un horno del tipo representado en la figura 1b, la inyección de los gases que contienen el aire complementario se puede realizar no solo por las aperturas 14 previstas en el conducto de unión, sino también por las aperturas 23 previstas en los canales periféricos 22.
- La figura 6 representa una vista transversal de dicha forma de realización del horno según la invención que comprende 3 cubas 1, 2 y 24, interconectadas por 3 conductos de unión 3, 25 y 26. Las cubas 2 y 24 están en modo de precalentamiento mientras que la cuba 1 está en modo de cocción y así sucesivamente.

Ejemplo comparativo 1

Se ha utilizado en condiciones estándar para producir cal viva un horno industrial de flujo paralelo regenerativo que posee dos cubas rectangulares interconectadas por un conducto de unión que permite el paso directo de gas de una cuba a la otra. En esta instalación se ha utilizado un combustible que contenía aproximadamente 2% en peso de nitrógeno orgánico, con respecto al peso total del combustible, tal como una mezcla de serrín de madera y de residuos de madera (50/50). En estas condiciones estándar, en la cuba en modo de cocción, el caudal de aire primario (que sirve aquí para el transporte de combustible) es de 2.700 Nm³/h, el caudal de aire secundario es de 5.526 Nm³/h y el caudal de combustible es de 1.790 kg/h. Una vez cocida, la roca calcárea se enfría mediante un caudal de aire de refrigeración de 4.990 Nm³/h. Esta instalación permite la cocción de 311 toneladas de roca por día, lo que corresponde a 175 toneladas de producto cocido (cal viva) por día.

Ejemplo comparativo 2

En el horno de flujo paralelo regenerativo presentado en el ejemplo comparativo 1, se ha producido una combustión incompleta en la cuba en modo de cocción mediante una reducción del aporte de aire en esta, con respecto a su funcionamiento estándar. Esta reducción se ha obtenido disminuyendo en aproximadamente 12% en volumen el caudal de aire secundario inyectado, lo que significa que el caudal de aire secundario ha pasado de 5.526 Nm³/h a 4.842 Nm³/h. Así se ha alcanzado una reducción de la concentración de los NO_x en los humos del orden de 12% en volumen. Se ha procurado sin embargo mantener una temperatura suficiente para efectuar la calcinación de las rocas, es decir una temperatura superior a 900°C.

Sin embargo, esta reducción del aporte de aire en la cuba en modo de cocción ha producido igualmente un aumento notable de la formación de residuos no quemados, tales como el monóxido de carbono CO, susceptible de deteriorar el rendimiento energético del horno y de plantear problemas medioambientales debido a su emisión.

Ejemplo según la invención

Se ha instalado un dispositivo de inyección de aire complementario según la invención en el horno presentado en el ejemplo comparativo 2 con el fin de oxidar los residuos no quemados obtenidos debido a la combustión incompleta. El dispositivo de inyección de aire complementario es tal como se ha representado en las figuras 3 y 4 en las que se presentan seis aperturas para inyección de aire complementario en la parte superior del conducto de unión, aperturas que están dispuestas en los planos de seis series de cuatro lanzas de combustible, planos por los que pasan las líneas de corriente de gas en las que la concentración de residuos no quemados es mayor.

El dispositivo de inyección de aire complementario ha sido dimensionado en función de condiciones muy críticas en cuanto al contenido de CO. En efecto, se ha considerado que el contenido máximo de CO susceptible de ser alcanzado a la salida de la chimenea es de 1% en volumen con respecto a un gas de combustión que contiene 11% en volumen de oxígeno (es decir, 12.500 mg de CO/ Nm³ de gas de combustión), lo que se sabe por corresponder a aproximadamente 2% en volumen bruto de CO a nivel del conducto de unión. En la práctica, sin embargo, el contenido de CO es generalmente menor. Por consiguiente, la cantidad estequiométrica de oxígeno complementario realmente necesaria será menor, lo que permite suponer que el caudal de aire complementario podrá reducirse. Sin embargo, el dispositivo de inyección de aire complementario existente impone un caudal mínimo para asegurar una velocidad suficiente con el fin de obtener una buena mezcla del oxígeno complementario en los gases de combustión.

En el presente ejemplo, el caudal de aire complementario inyectado corresponde a una cantidad de oxígeno complementario equivalente a 12 veces la cantidad estequiométrica.

Además de la oxidación de los residuos no quemados antes de la salida de los gases de combustión del horno, oxidación que ha sido realizada entre 800 y 1.300°C, se ha podido observar que se mantenía la reducción de NO_x. Un efecto sorprendente de la presente invención ha consistido además en el aumento inesperado de aproximadamente 3% de la productividad instantánea del horno. En efecto, a pesar de la inyección de aire complementario en el conducto de unión, la disminución del aporte de aire en la cuba en modo de cocción lleva a una disminución de la pérdida de carga y, por lo tanto, de la presión estática en esta cuba, lo que permite por lo tanto introducir una cantidad mayor de roca calcárea en la zona de precalentamiento de esta cuba y, por lo tanto, aumentar la producción del horno.

Se han medido los contenidos de óxido de nitrógeno NO_x y de monóxido de carbono CO a la salida de la chimenea (expresados a 11% de oxígeno) para los tres ejemplos mencionados a continuación.

- 1) Condiciones estándar (ejemplo comparativo 1).
- 2) Reducción de la cantidad de aire en la cuba en modo de cocción, pero sin aporte de aire en el conducto (ejemplo comparativo 2).
- 3) Reducción de la cantidad de aire en la cuba en modo de cocción y adición de aire complementario (caudal = 500 Nm³/h) en el conducto (ejemplo según la invención).

Tabla 1

	1	2	3
Contenido de NO _x (mg/ Nm ³)	400	350	350
Contenido de CO (mg/ Nm ³)	100-200	500-800	100-200

5 Esta tabla comparativa permite poner en evidencia el hecho de que una disminución del aporte de aire en la cuba de cocción reduce en contenido de NO_x en los gases emitidos a la salida del horno pero produce lamentablemente un aumento considerable en el contenido de CO (ejemplo comparativo 2).

Por otra parte, cuando se inyecta aire complementario en el conducto de unión, el contenido de NO_x sigue disminuido mientras que se observan de nuevo contenidos de CO idénticos a los obtenidos en ausencia de combustión incompleta (ejemplo según la invención).

10 La presente invención permite, por lo tanto, disminuir la emisión de NO_x en 12,5% con respecto a las condiciones estándar manteniendo a la vez contenidos de CO idénticos.

Por supuesto, la presente invención no está limitada de ninguna manera a los modos de realización descritos anteriormente y se pueden introducir en ellos muchas modificaciones sin salir del marco de las reivindicaciones anexas.

15 Se puede señalar, por ejemplo, que el horno según la invención puede ser conveniente para la cocción de roca calcárea en una cuba y de roca dolomítica en otra cuba. Nótese que solo un tipo de roca está contenido en el seno de una cuba. Es decir que si, por ejemplo, la cuba en modo de cocción contiene roca calcárea, la cuba en modo de precalentamiento puede contener roca calcárea o roca dolomítica y viceversa. Por lo tanto, durante un ciclo se pueden producir simultáneamente cal viva y dolomía viva, pero en cubas diferentes.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento de calcinación de roca mineral en un horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo, en el que al menos dos cubas están interconectadas por una vía de transferencia de gas, comprendiendo este procedimiento:
- una carga de roca mineral por la parte superior de las cubas, y
 - 5 - una descarga de roca mineral calcinada por la parte inferior de las cubas,
 - funcionando cada cuba alternativamente en modo de cocción y en modo de precalentamiento, estando una cuba en modo de cocción durante un periodo de tiempo predeterminado mientras que la otra cuba está en modo de precalentamiento, y viceversa,
 - 10 - comprendiendo el modo de cocción, en presencia de dicha roca mineral, una combustión de combustible en presencia de gas que contiene oxígeno de forma que se obtenga una cocción de esta roca a roca calcinada, un desprendimiento de gas de combustión, y un paso de estos gases de combustión de la cuba en modo de cocción hacia la otra cuba en modo de precalentamiento por medio de dicha vía de transferencia de gas,
 - comprendiendo el modo de precalentamiento un intercambio de calor entre dicha roca mineral y dichos gases de combustión procedentes de dicha vía de transferencia de gas,
- 15 caracterizándose este procedimiento por que comprende además una inyección de gas que contiene oxígeno complementario en dicha vía de transferencia de gas, con oxidación de los residuos no quemados contenidos en los gases de combustión que pasan por esta vía de transferencia de gas.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el gas que contiene oxígeno alimentado en una cuba en modo de cocción está en forma de un gas que contiene el oxígeno primario, transportado simultáneamente al combustible, y de un gas que contiene el oxígeno secundario introducido por la parte superior de esta cuba a través de la roca que se va a cocer.
- 20 3.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el que dicha oxidación de residuos no quemados se realiza a una temperatura de oxidación suficientemente elevada para permitir una oxidación del monóxido de carbono y suficientemente baja para evitar una degradación térmica de las moléculas de dinitrógeno en nitrógeno atómico.
- 25 4.- Procedimiento según la reivindicación 3, en el que dicha temperatura de oxidación está comprendida entre 800°C y 1.300°C.
- 5.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la cantidad de oxígeno complementario inyectada en dicha vía de transferencia de gas por medio de dicho gas que contiene el oxígeno complementario está comprendida entre 0,1 y 50 veces la cantidad estequiométrica de oxígeno calculada en base a la cantidad de CO medida a la salida del horno en ausencia de este gas que contiene el oxígeno complementario.
- 30 6.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el gas que contiene el oxígeno complementario presenta en el momento de la inyección una temperatura comprendida entre la temperatura ambiente y 400°C.
- 7.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicho gas que contiene el oxígeno complementario es aire, aire enriquecido en oxígeno u oxígeno.
- 35 8.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el gas que contiene el oxígeno complementario contiene al menos un catalizador de combustión.
- 9.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicha vía de transferencia de gas es un conducto de unión que une directamente una cuba con la otra.
- 40 10.- Procedimiento según la reivindicación 9, en el que el gas que contiene el oxígeno complementario se inyecta en el conducto de unión equidistante de las cubas que interconecta.
- 11.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 y 10, en el que el combustible se transporta a la cuba en modo de cocción por lanzas que producen haces paralelos de chorros de combustible que experimentan la combustión y forman líneas de gas de combustión que pasan por el conducto de unión, realizándose la susodicha inyección de gas que contiene el oxígeno complementario a nivel de cada una de estas líneas de gas de combustión.
- 45 12.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicha vía de transferencia de gas está formada por un conducto de unión que une canales periféricos dispuestos alrededor de cada cuba de forma que permita un acceso de los gases de combustión desde cada cuba al conducto de unión.

13.- Procedimiento según la reivindicación 12, en el que dicha inyección de gas que contiene el oxígeno complementario tiene lugar en el conducto de unión, en los canales periféricos o a la vez en el conducto de unión y los canales periféricos.

5 14.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el horno comprende tres cubas y tres vías de transferencia de gas que interconectan cada una dos de dichas cubas citadas anteriormente, y en el que una cuba está en modo de cocción durante un periodo de tiempo predeterminado mientras que las otras dos cubas están en modo de precalentamiento.

15.- Horno derecho vertical de flujo paralelo regenerativo para la producción de roca mineral calcinada, que comprende:

10 - al menos dos cubas (1, 2) interconectadas por una vía de transferencia de gas (3),

comprendiendo cada una de dichas cubas:

- al menos un dispositivo de alimentación de combustible (4),

- al menos una conducción de gas que contiene oxígeno para la combustión del combustible (5(a), 5(b)),

- una entrada para la carga de la roca mineral (6), y

15 - una salida para la descarga de dicha roca mineral calcinada producida (7), y

- una evacuación del gas de combustión (8),

caracterizándose dicho horno por que comprende además una fuente de gas que contiene el oxígeno complementario y un dispositivo de inyección unido a esta fuente de gas que contiene el oxígeno complementario (18) y dispuesto para inyectar este gas que contiene el oxígeno complementario en dicha vía de transferencia de gas (3).

20 16.- Horno según la reivindicación 15, en el que la vía de transferencia de gas es un conducto de unión que une directamente una cuba con la otra.

17.- Horno según la reivindicación 15, en el que dicha vía de transferencia de gas está formada por un conducto de unión que une canales periféricos dispuestos alrededor de cada cuba de forma que permita un acceso de los gases de combustión desde cada cuba al conducto de unión.

25 18.- Horno según una u otra de las reivindicaciones 16 y 17, en el que el susodicho dispositivo de inyección comprende al menos una caña de inyección (10) derecha perforada introducida en el conducto de unión (3) y alimentada por dicha fuente de gas que contiene el oxígeno complementario (19).

30 19.- Horno según la reivindicación 18, en el que el conducto de unión (3) presenta un eje longitudinal (L) y dicha al menos una caña de inyección (10) derecha perforada está colocada transversalmente con respecto al eje longitudinal del conducto de unión.

20.- Horno según una u otra de las reivindicaciones 18 y 19, en el que dicha caña de inyección (10) comprende uno o varios orificios (11) orientados para inyectar el gas que contiene el oxígeno complementario hacia una parte elevada del conducto de unión.

35 21.- Horno según una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20, en el que dicha caña (10) está introducida en el conducto de unión (3) por una apertura (13) equidistante de dichas cubas.

40 22.- Horno según una u otra de las reivindicaciones 16 y 17, en el que el conducto de unión (3) presenta una parte superior (12) y un eje longitudinal (L) y el dispositivo de inyección de gas que contiene el oxígeno complementario (18) comprende una o varias aperturas (14) previstas en esta parte superior del conducto de unión a través de las que el gas que contiene el oxígeno complementario se puede alimentar a partir de dicha fuente (20) de dicho gas, estando situadas dichas aperturas equidistantes de las cubas y perpendicularmente a este eje longitudinal.

45 23.- Horno según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 22, en el que el dispositivo de alimentación de combustible comprende una o varias series de una o varias lanzas mono-chorro o multi-chorros dispuestas de forma que produzcan haces de chorros de combustible paralelos en la cuba correspondiente, siendo estos haces paralelos entre ellos, estando situados los chorros de combustible de los diferentes haces susodichos en varios planos paralelos al eje longitudinal (L) del conducto de unión.

24.- Horno según la reivindicación 23, en el que dichos orificios de la caña de inyección o las aperturas en la parte superior del conducto de unión para la inyección del gas que contiene el oxígeno complementario están previstos en dichos planos formados por los susodichos haces.

25.- Horno según la reivindicación 17, caracterizado por que el dispositivo de inyección susodicho está dispuesto para inyectar el gas que contiene el aire complementario en el conducto de unión, en los canales periféricos o a la vez en el conducto de unión y los canales periféricos.

5 26.- Horno según una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 25, caracterizado por que comprende tres cubas y tres vías de transferencia de gas que interconectan cada una dos de dichas cubas citadas anteriormente, así como un dispositivo de inyección para inyectar el gas que contiene el oxígeno complementario en cada una de dichas vías de transferencia de gas.

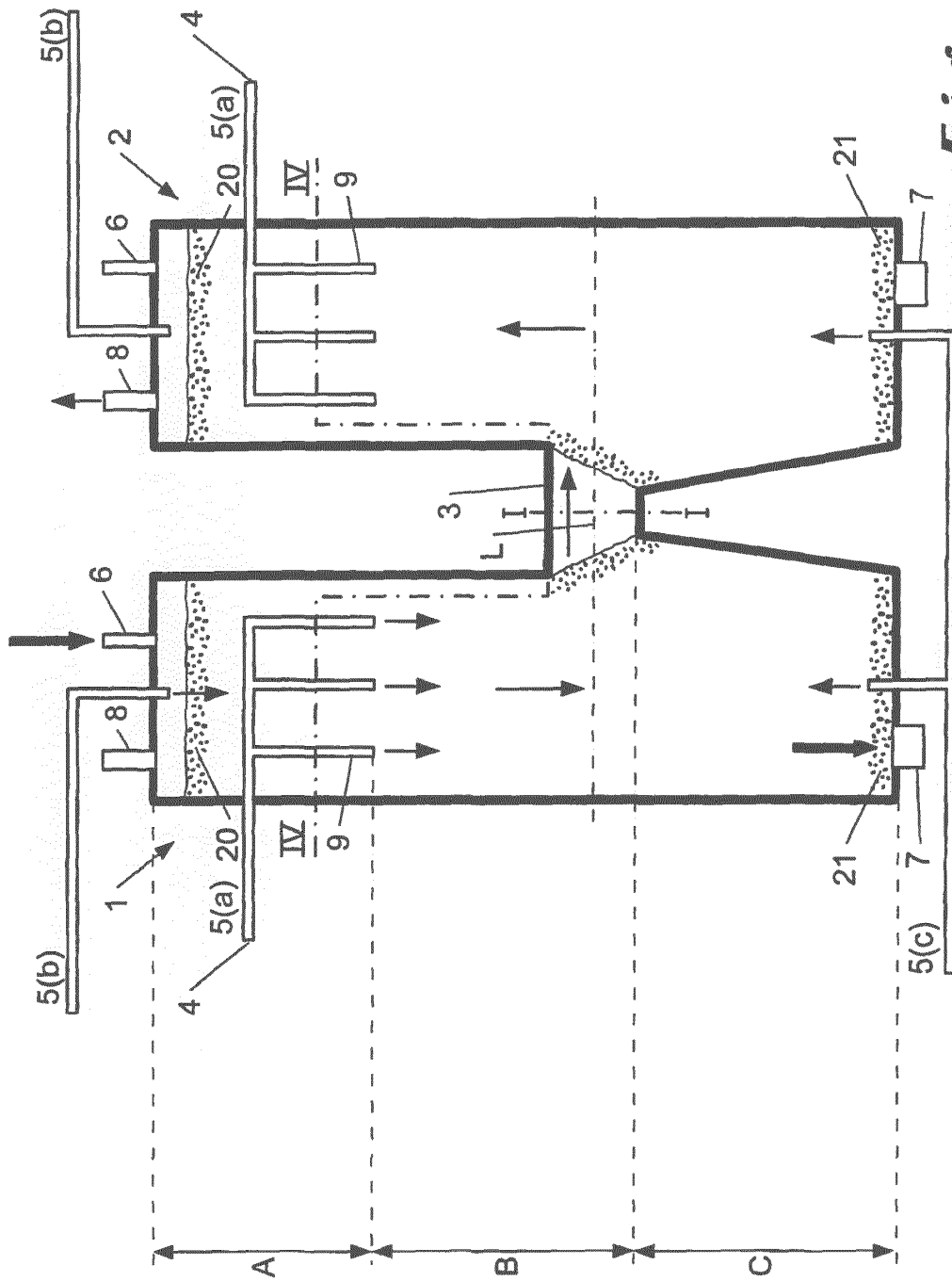


Fig. 1a

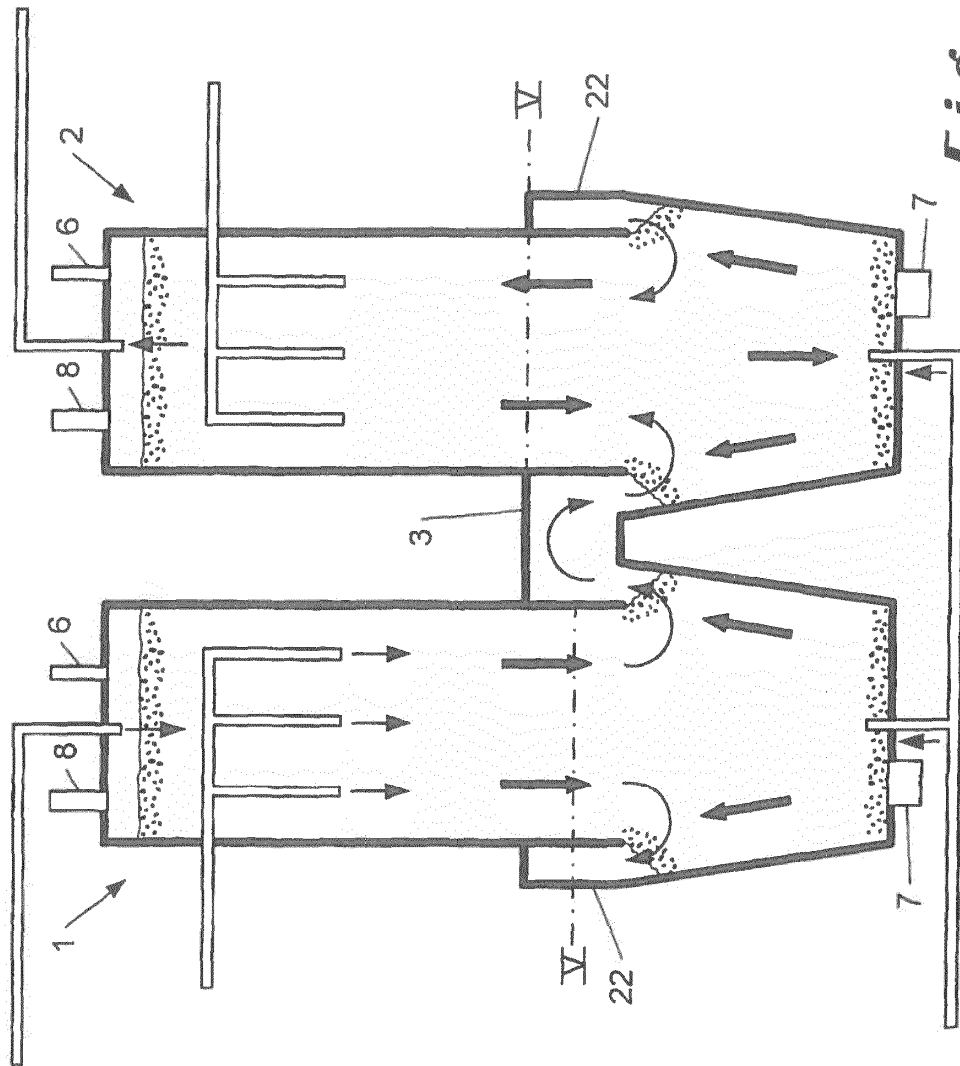


Fig. 1b

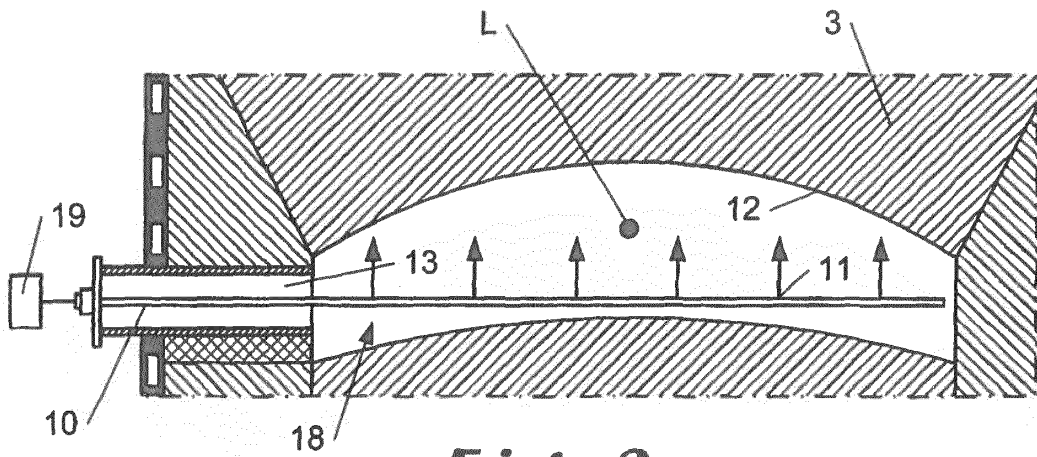


Fig. 2

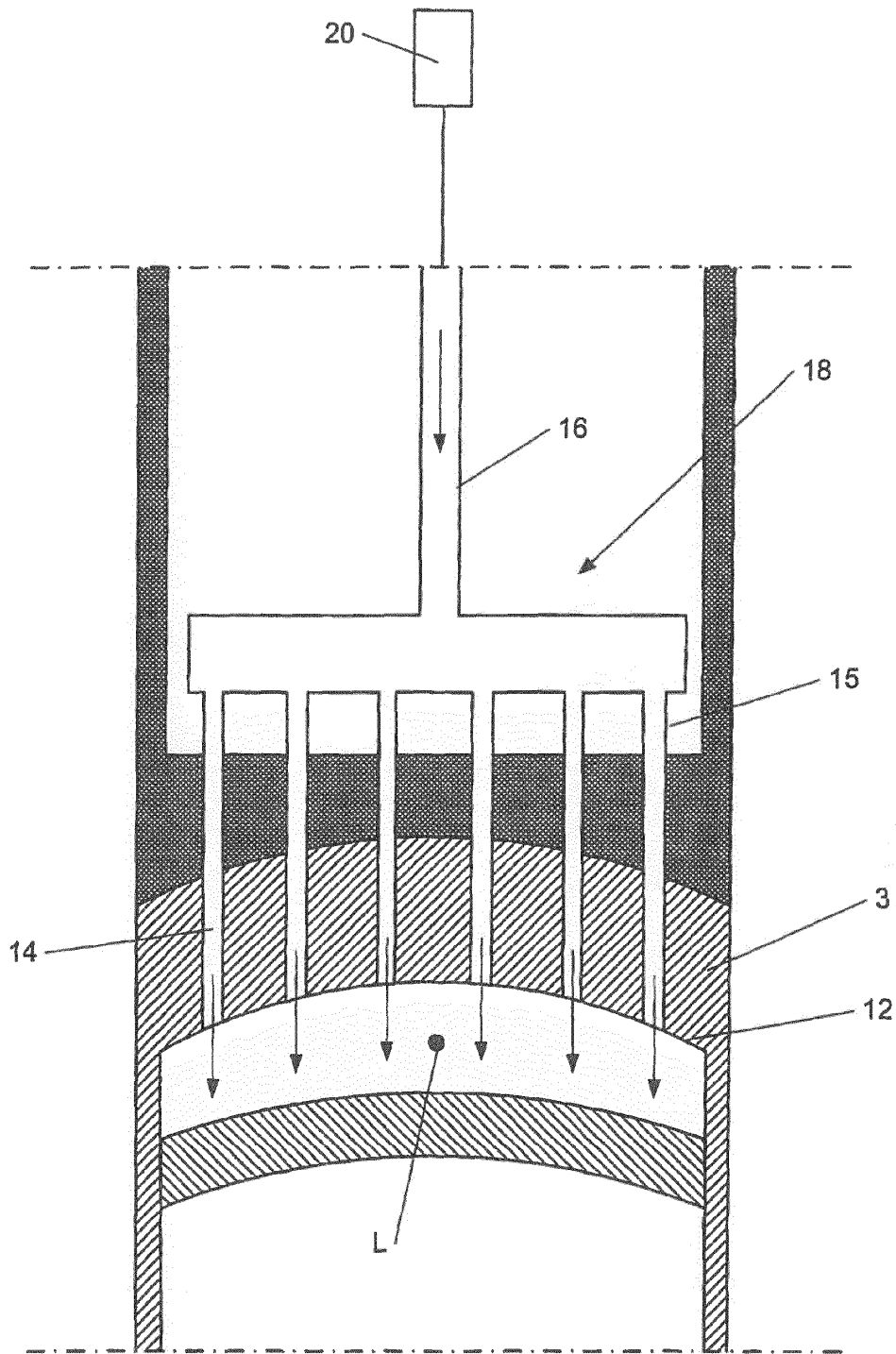


Fig. 3

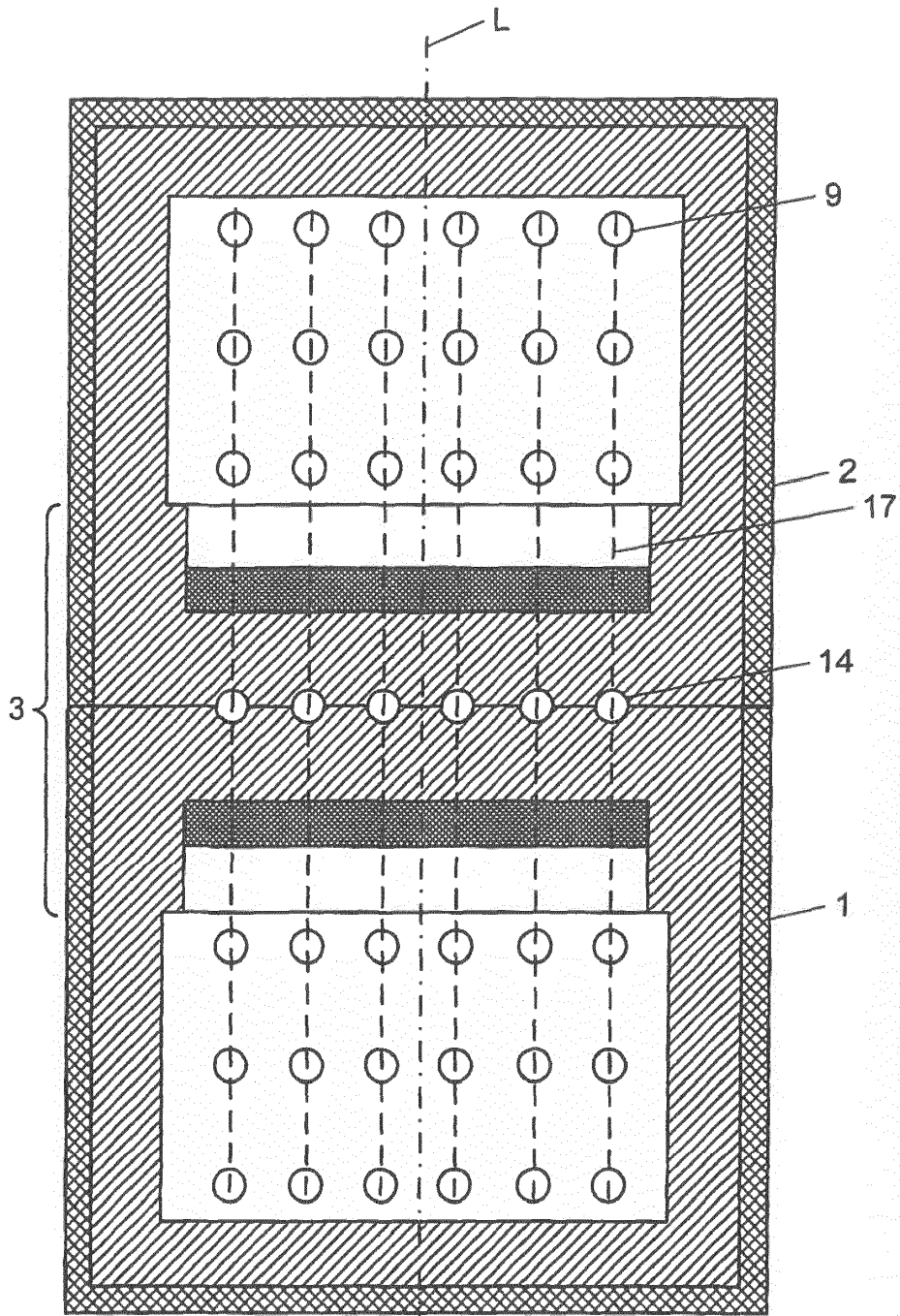


Fig. 4

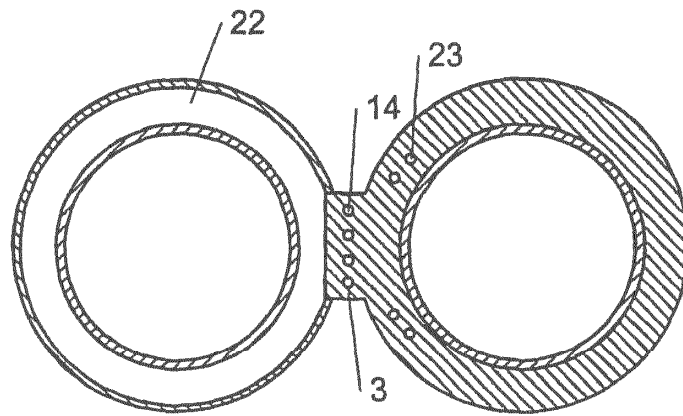


Fig. 5

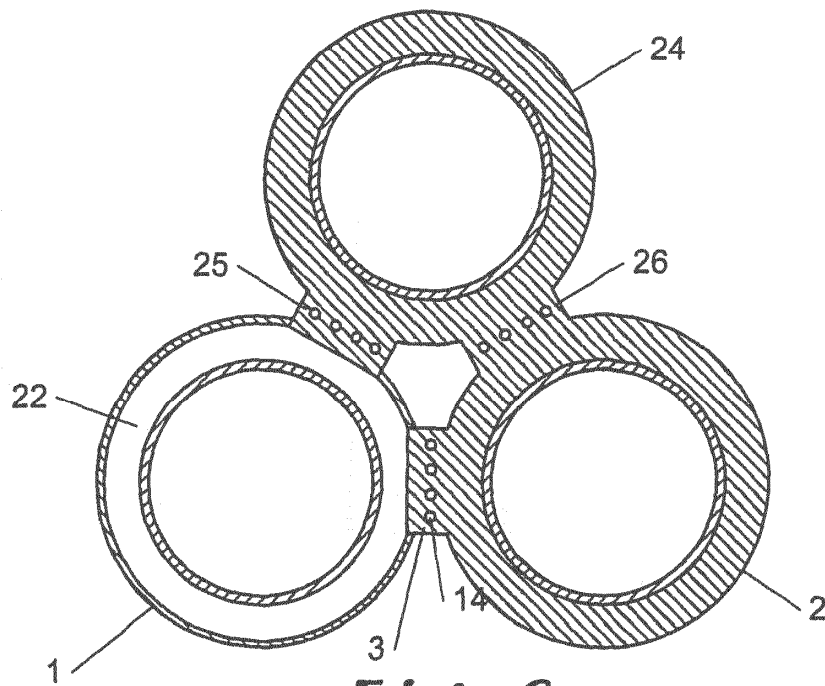


Fig. 6