

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 920**

51 Int. Cl.:

**F23C 101/00** (2006.01)

**F27B 15/10** (2006.01)

**F23L 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.08.2010 PCT/FI2010/050620**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.02.2011 WO11020945**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.08.2010 E 10809592 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016 EP 2467640**

54 Título: **Método y disposición para optimizar condiciones de combustión en una caldera de lecho fluidizado**

30 Prioridad:

**17.08.2009 FI 20095849**

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

**17.04.2017**

73 Titular/es:

**VALMET TECHNOLOGIES OY (100.0%)  
Keilasatama 5  
02150 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**VARONEN, MIKKO y  
LUOMAHARJU, TERO**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 608 920 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

Método y disposición para optimizar condiciones de combustión en una caldera de lecho fluidizado

5 La invención se refiere a un método para optimizar condiciones de combustión en una caldera de lecho fluidizado, en la que se alimenta gas de combustión oxigenado a dos o más niveles de altura, el primero de los cuales es un nivel primario que está ubicado a la altura de la parte inferior de un horno, y el segundo es un nivel secundario que está ubicado cerca de una altura de alimentación de combustible, nivel secundario por encima del cual puede haber aún otros niveles de alimentación de gas de combustión. La invención se refiere también a una disposición para  
10 implementar el método equivalente.

Las preocupaciones acerca del cambio climático han provocado la búsqueda de nuevos medios para reducir las emisiones de dióxido de carbono en la producción de energía, que producen calentamiento global. Uno de los medios sugeridos para disminuir las emisiones de efecto invernadero es la combustión con combustible oxigenado.  
15 Cuando el combustible se quema de una forma tradicional por medio de aire, el gas de escape contiene una cantidad considerable de nitrógeno que se origina a partir del aire. La recuperación del dióxido de carbono a partir de dicho gas de escape es costosa y técnicamente difícil. Cuando el aire de combustión usado en la combustión se sustituye por una mezcla de oxígeno puro y gas de escape circulado, el gas de escape producido como resultado de la combustión contiene principalmente dióxido de carbono, oxígeno, vapor de agua y algunas impurezas. La  
20 combustión con combustible oxigenado permite una recuperación relativamente simple del dióxido de carbono. Después de que el agua que se ha llevado junto con el combustible o que se ha desarrollado en las reacciones de combustión se haya retirado, por condensación, del gas de escape, el dióxido de carbono restante puede licuarse por enfriamiento y compresión. La combustión con combustible oxigenado puede utilizarse tanto en la combustión con combustible pulverizado como en la combustión de lecho fluidizado.

25 En la combustión de lecho fluidizado, la combustión tiene lugar en una suspensión de sólidos que se fluidiza y se hace circular por medio de un flujo de gas soplado desde debajo. El lecho fluidizado consiste en un material fluidizado de tipo partícula (por ejemplo, arena), combustible, gas de combustión, así como gas de escape y cenizas producidos en la combustión. En este contexto, gas de combustión hace referencia al gas primario y secundario, que  
30 normalmente es aire o alguna otra mezcla de gas oxigenado. El flujo de gas primario se suministra en la parte inferior del horno y el flujo de gas secundario se guía al horno a través de unas boquillas en sus paredes por encima del plano de parrilla. En una caldera de lecho fluidizado burbujeante (BFB, del inglés *Bubbling Fluidised Bed*), el material fluidizado permanece en el espacio de fluidización mientras que, en una caldera de lecho fluidizado circulante (CFB, del inglés *Circulating Fluidised Bed*), el material fluidizado es transportado con el gas de escape  
35 fuera del espacio de fluidización y, para proporcionar un estado estacionario, se devuelve al horno a través de dispositivos de separación y de circulación.

La caldera de lecho fluidizado utiliza una temperatura de combustión baja (700-900 °C) en comparación con la combustión con combustible pulverizado, lo cual, junto con el suministro de aire en etapas, permite unas emisiones de óxido de nitrógeno bajas. Óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) hace referencia a óxido de nitrógeno (NO) y a dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), que se producen principalmente a partir del nitrógeno contenido por el combustible en la combustión de lecho fluidizado. El escalonamiento en etapas del suministro de aire proporciona condiciones reductoras en la sección inferior del lecho, por lo que se producen menos óxidos de nitrógeno. El resto del aire requerido para una combustión perfecta se suministra como aire secundario y, posiblemente, terciario. La tecnología  
45 de combustión de lecho fluidizado también permite la desulfuración de los gases de escape ya en la caldera mediante el suministro de cal o dolomita directamente al horno. Las memorias descriptivas US 4704084 y US 4962711 describen ejemplos de calderas de lecho fluidizado circulante de la técnica anterior que se dirigen a la reducción de las emisiones de NO<sub>x</sub> mediante la alimentación en etapas del aire de combustión.

50 El documento GB 2093367 divulga un método de quema de una sustancia combustible mediante la fluidización del lecho con aire y el enriquecimiento local en oxígeno del aire suministrado a cualquier parte del lecho en la que haya una combustión inadecuada de dicha sustancia de modo que se obtenga una combustión mejorada.

55 El documento EP 0181108 divulga un proceso y aparato para la regeneración oxidativa de un catalizador contaminado con coque, en particular el usado en el craqueo catalítico de lecho fluidizado de hidrocarburos.

El documento US 4962711 divulga un método de quema de combustible sólido por medio de un lecho fluidizado, método que controla respectivamente las tasas de alimentación del aire primario, del aire secundario y del aire terciario. El método reduce la cantidad de NO<sub>x</sub> generado y potencia la eficiencia de la combustión.  
60

El combustible se alimenta al horno por encima del nivel primario cerca del nivel secundario. Diferentes tipos de combustible se difunden en el horno de formas diferentes. Las fracciones ligeras de combustible, tales como turba fina o fragmentos de papel y de plástico, se elevan fácilmente como un bloque hacia arriba desde su punto de alimentación sin difundirse en sentido lateral particularmente bien. Esto se acentúa, en particular, en la combustión de lecho fluidizado circulante en la que la velocidad de fluidización es alta en comparación con la velocidad final de las partículas de combustible, por lo que el combustible se barre hacia arriba junto con el gas de fluidización. La  
65

- 5 alimentación horizontalmente uniforme del aire secundario es adecuada para combustibles bien difundidos, tales como carbón o madera húmeda. Con las fracciones ligeras, una columna de CO se eleva hacia arriba desde los puntos de alimentación de combustible y se forman secciones ricas en oxígeno entre los puntos de alimentación de combustible. Debido a que el fenómeno no puede ajustarse con técnicas modernas, los perfiles de gas y de temperatura del espacio de combustión superior se alteran de modo incontrolable a medida que varía la calidad del combustible. Esto es desventajoso, por ejemplo, en el control del perfil de temperatura y en el control de las emisiones, en particular NO<sub>x</sub>, en el que es esencial dejar un nivel de CO adecuado en los gases de escape de modo que se reduzca el NO en el espacio de combustión y se obtengan unas emisiones menores de óxidos de nitrógeno.
- 10 La memoria descriptiva US 5660125 describe un método para minimizar la formación de óxidos de nitrógeno en una caldera de lecho fluidizado circulante, método en el que la alimentación de aire secundario se hace en etapas en la dirección tanto vertical como horizontal. Cada canal de flujo que suministra aire de combustión en las boquillas secundarias está dotado de un regulador de tiro por medio del cual es posible controlar la alimentación de aire de combustión al horno a través de la boquilla en cuestión. El objeto es mantener la estequiometría de la combustión localmente en el intervalo del 70-90 %, por lo que la formación de NO<sub>x</sub> es la más baja. Un problema de esta disposición es, entre otras cosas, el hecho de que, cuando se aumenta o se disminuye la alimentación de aire secundario, también cambia la penetración de aire en el lecho fluidizado.
- 15
- 20 En la combustión con combustible oxigenado, el aire de combustión se sustituye por una mezcla de oxígeno y gas de escape circulado. Si el proceso se ejecuta con una concentración de oxígeno convencional, de la forma habitual en la combustión con aire, la disminución de la cantidad de gas primario para proporcionar una zona reductora disminuye la circulación interna y externa de material fluidizado, por lo que también se debilita la transferencia de calor sobre las paredes del horno y al interior de un posible intercambiador de calor externo. Adicionalmente, la temperatura en el lecho fluidizado puede hacerse demasiado alta, lo que da como resultado la sinterización de partículas sólidas.
- 25
- 30 El gas primario se suministra normalmente a la sección inferior del horno a través de una caja de aire. La caja de aire puede dividirse en dos o más bloques para disminuir la pulsación del lecho. Sin embargo, cada bloque se alimenta con el mismo gas de combustión, que en la combustión con aire normal es aire y en la combustión con combustible oxigenado es una mezcla de oxígeno y gas de escape circulado.
- 35
- 40 Es posible tener como objetivo la mejora de la reducción de los óxidos de nitrógeno en la combustión con combustible oxigenado mediante la disminución del contenido de oxígeno del gas primario. Entonces, por debajo de las boquillas de gas secundario se crean condiciones reductoras, lo que potencia la reducción a nitrógeno de los óxidos de nitrógeno que han llegado junto con el gas primario. Un problema de esta disposición es el hecho de que, cuando se disminuye la alimentación de oxígeno, la temperatura del lecho puede hacerse demasiado baja. Si, de modo equivalente, el contenido de oxígeno del gas secundario se eleva para proporcionar una combustión perfecta, se crea un pico de temperatura en el nivel secundario, lo que es desventajoso para las emisiones y promueve la formación de aglomerados.
- 45
- 50 Un objeto de la invención es evitar los problemas anteriormente descritos. Un objeto general es potenciar el control de las condiciones de combustión y la reducción de los óxidos de nitrógeno en una caldera de lecho fluidizado.
- 55
- 60 Para conseguir estos objetos, el método de acuerdo con la invención se caracteriza por lo que se presenta en la parte caracterizadora de la reivindicación 1. De modo equivalente, la disposición de acuerdo con la invención se caracteriza por lo que se presenta en la parte caracterizadora de la reivindicación 5.
- 65
- En el método de acuerdo con la invención, al menos un nivel de alimentación de gas de combustión en puntos diferentes del horno en su dirección horizontal se alimenta con unos gases de combustión que tienen diferentes contenidos de oxígeno de modo que puedan formarse zonas con diferentes contenidos de oxígeno en la dirección horizontal del horno.
- En una realización de la invención, el nivel primario se divide en la dirección horizontal en dos o más zonas y, a al menos una de estas zonas, se guía un gas de combustión que tiene un contenido de oxígeno diferente al contenido de oxígeno del gas de combustión guiado a al menos una zona adyacente a la misma. Esto se proporciona, por ejemplo, mediante la división de la caja de aire que alimenta el gas de combustión en dos o más bloques y mediante el suministro, a al menos un bloque, de un gas de combustión que tiene un contenido de oxígeno diferente al del gas de combustión suministrado al bloque adyacente, por lo que puede formarse al menos una zona oxidante y al menos una zona reductora en la parte inferior del horno.
- En otra realización de la invención, el nivel secundario y/o uno de los niveles por encima del mismo se divide(n) en la dirección horizontal en dos o más zonas y, a al menos una de estas zonas, se guía un gas de combustión que tiene un contenido de oxígeno diferente al contenido de oxígeno del gas de combustión guiado a al menos una zona adyacente a la misma.

Ventajosamente, la altura de alimentación de combustible incluye varios puntos de alimentación de combustible, y por debajo y/o por encima de cada punto de alimentación de combustible se forma una zona en la que al menos un nivel de alimentación de gas de combustión se alimenta con un gas de combustión que tiene un contenido de oxígeno diferente al de zonas que están más lejos del punto de alimentación de combustible en el mismo nivel de alimentación.

Mediante el ajuste del contenido de oxígeno del gas primario alimentado a los diferentes bloques/cámaras, es posible afectar, entre otras cosas, a la temperatura del horno y a la reducción de los óxidos de nitrógeno. El contenido de oxígeno y la velocidad de fluidización de cada bloque pueden ajustarse independientemente o junto con algún otro bloque. Los bloques/cámaras dotados de varias alimentaciones de gas de combustión pueden alternarse en la dirección longitudinal o transversal del horno. Como alternativa, es posible disponer una cámara de alimentación por debajo del punto de alimentación de combustible en el nivel primario, a través de la cual el horno se alimenta con un gas primario que tiene un contenido de oxígeno diferente al contenido de oxígeno del gas primario que se alimenta en los bordes del horno y/o entre los puntos de alimentación.

Mediante el ajuste del contenido de oxígeno de los diferentes bloques en la caja de aire, es posible crear condiciones ventajosas para la reducción de  $\text{NO}_x$  y de S en una sección por debajo del nivel secundario. Por ello, se proporciona una buena reducción de los óxidos de nitrógeno debido a las zonas reductoras, y una temperatura suficiente debido a las zonas oxidantes. Las zonas oxidantes prevén que la reducción de azufre no se debilite. El ajuste del contenido de oxígeno de los bloques en la caja de aire es un nuevo parámetro adicional en el ajuste del perfil de temperatura del horno. Debido a la reducción potenciada de S y de  $\text{NO}_x$  que tiene lugar en el horno, el requisito de usar los métodos de purificación de gases de escape secundarios es menor que antes. Entonces, son más rentables la purificación y la licuación del dióxido de carbono.

Cuando las boquillas de gas en el nivel secundario y/o terciario se dividen en al menos dos conjuntos y cada conjunto se alimenta con unos gases de combustión que tienen diferente contenido de oxígeno, es posible controlar localmente la cantidad de alimentación y el contenido de oxígeno del gas de combustión en la dirección horizontal. Normalmente, se requiere un flujo de gas óptimo cerca del punto de alimentación de combustible para difundir y mezclar el combustible para proporcionar una combustión uniforme. Cuando el contenido de oxígeno de este flujo de gas puede ajustarse por separado, es más sencillo que antes el control de las condiciones de combustión y de las temperaturas con diversos combustibles.

La velocidad de fluidización puede mantenerse constante o puede ajustarse independientemente cuando los contenidos de oxígeno de los gases primarios y secundarios pueden ajustarse por separado en un amplio intervalo. Cuando se disminuye el contenido de oxígeno del gas primario, la relación de oxígeno en el gas secundario puede aumentarse de modo equivalente para proporcionar un contenido de oxígeno total deseado.

Es posible suministrar gas secundario en diversos niveles de altura diferentes y pueden usarse diferentes contenidos de oxígeno en diferentes niveles para que el material sin quemar transportado desde la zona reductora no provoque un gran pico de temperatura en el nivel secundario. Por ello, es posible impedir la formación de una sección oxigenada caliente en el nivel secundario, lo que podría conducir fácilmente a la producción de óxidos de nitrógeno.

La invención proporciona un método sencillo basado en un modo de ejecución de la reducción de óxidos de nitrógeno en una caldera de lecho fluidizado circulante. Mediante la variación del contenido de oxígeno de los gases primarios y secundarios, es posible ajustar las temperaturas del horno, lo que es importante para la reducción de azufre, entre otras cosas.

En conexión con la combustión con combustible oxigenado, es importante el hecho de que la reducción efectiva de los óxidos de nitrógeno disminuye el riesgo de que el  $\text{NO}_x$  reaccione con agua y oxígeno produciendo así ácido nítrico cáustico en la presurización del gas de escape, lo que podría provocar problemas en las instalaciones de purificación y de presurización del dióxido de carbono.

Por medio de la invención, el proceso puede controlarse mejor cuando se opera con diversos combustibles. Además de reducir las emisiones de  $\text{NO}_x$ , una ventaja de la invención es el riesgo disminuido de post-combustión en el ciclón.

La invención se describirá a continuación con referencia a las figuras de los dibujos adjuntos, que no se pretende en modo alguno que definan taxativamente la invención.

La Fig. 1 muestra esquemáticamente el funcionamiento de una caldera de lecho fluidizado circulante y la alimentación de gases de combustión a un horno.

La Fig. 2 muestra la alimentación de gas primario por zonas.

La Fig. 3 muestra esquemáticamente una vista lateral de una sección frontal del horno y niveles de alimentación de gases de combustión.

La Fig. 4 muestra una vista frontal de la sección frontal del horno y los niveles de alimentación de gases de combustión.

La Fig. 5 muestra una vista superior de la sección frontal del horno cortada en el punto del nivel primario P.

La Fig. 6 muestra una vista superior de la sección frontal del horno cortada en el punto del nivel secundario S.

La Fig. 7 muestra una vista superior de la sección frontal del horno cortada en el punto del nivel terciario T.

5 Una caldera de lecho fluidizado circulante 10 mostrada en la Fig. 1 comprende un horno 11 en el que se quema combustible en un lecho fluidizado circulante, un separador ciclónico 12 en el que un material fluidizado se separa del gas de escape, y un canal de retorno 13 a través del cual el material fluidizado se hace circular de vuelta al horno 11. Un combustible 14 se suministra al horno 11 al que también se suministra gas de combustión y de fluidización oxigenado en la forma de un gas primario 15 y un gas secundario 16. La combustión tiene lugar en el lecho  
10 fluidizado que se pone a fluidizar y a hacer circular por medio del flujo de gas primario 15 suministrado desde la parte inferior.

El lecho fluidizado consiste en un material de lecho inerte sólido, que es normalmente arena, combustible alimentado al mismo, cenizas de combustible, posible caliza, gas de combustión y gas de escape producido en la combustión.  
15 Los flujos de gas 15, 16 están dispuestos para ser tan grandes como para que una parte del material fluidizado salga junto con gas de escape desde la sección superior del horno 11 al separador ciclónico 12. El separador ciclónico 12 separa partículas sólidas del gas de escape y estas se devuelven al horno 11 a través del canal de retorno 13 y un intercambiador de calor externo (no mostrado en la figura) posiblemente conectado al mismo.

20 Tras la separación de la materia sólida, el gas de escape se guía desde el separador ciclónico 12 a una recuperación de calor 17 y desde allí adicionalmente a una separación de cenizas volantes 18, que puede implementarse, por ejemplo, con filtros electrostáticos o filtros de mangas. Tras la separación de cenizas volantes 18, el gas de escape puede guiarse a través de la chimenea al exterior o, en el caso de la combustión con combustible oxigenado, a un condensador 19 en el que el agua y las impurezas gaseosas se separan del mismo  
25 mediante condensación. Tras el condensador 19, el gas de escape 20 de la combustión con combustible oxigenado contiene principalmente dióxido de carbono, que puede purificarse y presurizarse con los métodos conocidos de por sí.

El flujo de gas primario 15 se suministra a la parte inferior del horno 11 a través de una caja de aire (no mostrada en la figura) o equivalente. Uno o más flujos de gas secundario 16 se suministran por encima de la parte inferior a través de boquillas de inyección (no mostradas en la figura) sobre las paredes del horno 11. Los gases de combustión 15, 16 incluyen aire y/u oxígeno y gas de escape circulado mezclados en una relación deseada. En la combustión con combustible oxigenado, los componentes principales del gas de escape circulado son dióxido de carbono y, posiblemente, vapor de agua, además de lo cual el gas de escape incluye pequeñas cantidades de  
30 óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, oxígeno y monóxido de carbono, entre otros. En la combustión con aire, el gas de escape incluye una proporción considerable de nitrógeno además de los componentes anteriores. Para proporcionar una buena fluidización y circulación de la suspensión de sólidos, la proporción de gas primario 15 es normalmente al menos el 60 % de la cantidad total de los gases de combustión 15, 16 suministrados al horno 11.

40 El gas primario 15 se produce por medio de unos primeros medios de mezcla 21 mediante la mezcla de aire y/u oxígeno puro 24 y gas de escape circulado 25 entre sí en una relación deseada. De modo equivalente, el gas secundario 16 se produce por medio de unos segundos medios de mezcla 22 mediante la mezcla de aire y/u oxígeno puro 24 y gas de escape circulado 25 entre sí en una relación deseada. El oxígeno puede producirse, por ejemplo, al retirar el nitrógeno del aire por medio de una planta de oxígeno o por algún otro medio adecuado. El gas de escape circulado 25 puede tomarse de la trayectoria de flujo del gas de escape bien tras la separación de cenizas volantes 18 o bien tras el condensador 19 dependiendo de si se desea usar gas de escape húmedo o seco.

Los primeros medios de mezcla 21 para la producción de gas primario 15 y los segundos medios de mezcla 22 para la producción de gas secundario 16 pueden estar en conexión con las boquillas de inyección que suministran gas al  
50 horno 11, o pueden estar separados del horno 11, por lo que las boquillas de inyección se abastecen con una mezcla de gas ya mezclado. Los medios de mezcla 21, 22 pueden consistir en medios conocidos de por sí (válvulas, sensores de medición, reguladores, etc.) para el ajuste del contenido de oxígeno del gas de combustión suministrado al horno.

55 Puede haber boquillas de gas secundario ubicadas a diversas alturas diferentes y a cada una pueden suministrarse gases secundarios que tienen diferentes contenidos de oxígeno. Entonces, cada flujo de gas secundario 16 puede dotarse de sus propios medios de mezcla 22 para el ajuste del contenido de oxígeno de los flujos de gas secundario.

La Fig. 2 muestra un ejemplo del suministro de gas primario por zonas en la dirección horizontal a la sección inferior del horno 11. En la parte inferior del horno 11, hay una caja de aire 26 que se divide por medio de tabiques de división en cinco cámaras 26a, 26b a cada una de las cuales se suministra un gas primario 15a, 15b que es una mezcla de aire y/u oxígeno y gas de escape circulado. En el ejemplo, se guían dos gases primarios diferentes 15a, 15b que tienen diferentes contenidos de oxígeno a la caja de aire 26. El primer gas primario 15a, que tiene un contenido de oxígeno más alto, se guía a tres cámaras 26a, dos de las cuales están ubicadas en los bordes  
60 exteriores de la caja de aire 26 y una en el medio. El segundo gas primario 15b, que tiene un contenido de oxígeno más bajo, se guía a dos cámaras de aire 26b que están ubicadas entre las cámaras 26a que reciben el primer gas

primario 15a. Por ello, la sección inferior del horno queda dividida en la dirección horizontal en tres zonas oxidantes A y dos zonas reductoras B. En las zonas reductoras B, tiene lugar la reducción de los óxidos de nitrógeno a nitrógeno y, en las zonas oxidantes A, tiene lugar la combustión efectiva. Las fronteras entre las zonas oxidantes y reductoras A, B desaparecen poco a poco a medida que el gas de fluidización se eleva hacia arriba. A medida que desaparecen las fronteras entre las zonas A, B, el contenido de oxígeno y las temperaturas también se estabilizan en la dirección horizontal del horno.

Es evidente que la caja de aire puede dividirse en cámaras o bien en la dirección longitudinal o bien en la dirección transversal o en ambas direcciones, y el orden de las zonas oxidantes y reductoras puede variar con respecto al ejemplo mostrado en la Fig. 2.

Las Figs. 3-7 muestran más ejemplos de cómo es posible alimentar, en puntos diferentes del horno en su dirección horizontal, unos gases de combustión que tienen diferentes contenidos de oxígeno de modo que puedan formarse zonas diferentes de su contenido de oxígeno en el horno en la dirección horizontal.

La Fig. 3 muestra una vista lateral y la Fig. 4 una vista frontal de una sección frontal del horno 11. En una pared frontal 29 del horno sobre la altura de alimentación F, hay varios puntos de alimentación de combustible designados con el número de referencia 30 a través de los cuales se alimenta al horno el combustible 14. Por encima de la altura de alimentación de combustible F, hay un nivel secundario S que comprende varias boquillas de alimentación de gas de combustión 31a, 31b a través de las cuales se alimenta un gas secundario 16 al horno. Por encima del nivel secundario S, hay aún un nivel terciario T que comprende varias boquillas de alimentación de gas terciario 32a, 32b a través de las cuales se alimenta un gas terciario 28 al horno. En la parte inferior del horno hay una caja de aire 26, la superficie superior de la cual forma un nivel primario P en el que un gas primario 15a, 15b se alimenta al horno.

La Fig. 5 muestra una vista superior de la sección frontal del horno visto desde la altura del nivel primario P. La caja de aire 26 comprende una sección uniforme 26b y dos cámaras 26a separadas de la misma mediante unos tabiques de separación 27 que se ubican en la dirección vertical por debajo de los puntos de alimentación de combustible 30. La sección uniforme 26b de la caja de aire se alimenta con un gas de combustión 15b que tiene un contenido de oxígeno diferente al contenido de oxígeno del gas primario 15a alimentado a las cámaras separadas 26a. De ese modo, es posible disponer por debajo del punto de alimentación de combustible 30 una zona que tiene un contenido de oxígeno deseado sin requerir que se altere la velocidad de alimentación de gas primario.

La Fig. 6 muestra una vista superior de la sección frontal del horno visto desde la altura del nivel secundario S. Como se muestra en la Fig. 4, en la pared frontal 29 del horno hay dos puntos de alimentación de combustible 30 cerca de los cuales, y por encima de los mismos, se encuentran las primeras boquillas de gas secundario 31a a las que se guía un gas secundario 16a que tiene un primer contenido de oxígeno. Entre los puntos de alimentación 30 y cerca de las paredes laterales del horno, se encuentran las segundas boquillas de gas secundario 31b a través de las cuales se guía al horno un gas secundario 16b que tiene un segundo contenido de oxígeno. La Fig. 7 muestra de nuevo una vista superior de la sección frontal del horno vista desde la altura del nivel terciario T. En la pared frontal 29 del horno, en el nivel terciario T directamente por encima de los puntos de alimentación de combustible 30, están ubicadas las primeras boquillas de gas terciario 32a a través de las cuales se guía al horno un gas terciario 28a que tiene un primer contenido de oxígeno. En la dirección horizontal, un poco más lejos de una línea vertical que pasa por los puntos de alimentación 30 hay al menos una segunda boquilla de gas terciario 32b a través de la cual se guía al horno un gas terciario 28b que tiene un segundo contenido de oxígeno.

Por debajo y por encima de los puntos de alimentación de combustible 30, es posible guiar, a través de las cámaras 26a de la caja de aire 26, las boquillas de gas secundario 31a y las boquillas de gas terciario 32a, un gas de combustión cuyo contenido de oxígeno es, por ejemplo, más alto que el contenido de oxígeno de su gas de combustión, que se guía al horno 11 a través de la cámara 26b, las boquillas de gas secundario 31b y las boquillas de gas terciario 32b horizontalmente más lejos del punto de alimentación de combustible 30 o de la línea vertical que pasa por el mismo. Las boquillas de alimentación de gas secundario y terciario se dividen en dos categorías. La primera categoría comprende las boquillas de alimentación 31a, 32a que están ubicadas sustancialmente en la misma línea vertical que la columna de combustible que se eleva hacia arriba desde el punto de alimentación de combustible 30. Esta zona incluye abundante combustible y, para proporcionar una buena combustión, es importante que a esta zona se suministre un gas de combustión rico en oxígeno. La segunda categoría comprende las boquillas de alimentación 31b, 32b que pueden estar ubicadas cerca de los extremos del horno y en la sección entre los puntos de alimentación de combustible 30 en los que el contenido de combustible del material fluidizado es claramente más bajo que directamente por encima de los puntos de alimentación de combustible 30.

Son posibles muchas variaciones diferentes de la invención dentro del alcance definido por las reivindicaciones presentadas a continuación.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para optimizar condiciones de combustión en una caldera de lecho fluidizado en la que se alimenta gas de combustión oxigenado a dos o más niveles de altura, el primero de los cuales es un nivel primario (P), que está ubicado a la altura de la parte inferior de un horno, y el segundo es un nivel secundario (S), que está ubicado cerca de una altura de alimentación de combustible (F), nivel secundario (S) por encima del cual puede haber aún otros niveles de alimentación de gas de combustión (T, ...), **caracterizado por** la producción de unos gases de combustión (15a, 15b; 16a, 16b; 28a, 28b) que tienen diferentes contenidos de oxígeno mediante la mezcla entre sí de aire y/u oxígeno puro y gas de escape circulado en una relación tal que cada gas de combustión se dota de un contenido de oxígeno deseado, y por la alimentación de al menos uno de dichos niveles de alimentación de gas de combustión (P, S, T, ...) en diferentes puntos en la dirección horizontal del horno (11) con gases de combustión (15a, 15b; 16a, 16b; 28a, 28b) que tienen diferentes contenidos de oxígeno de modo que se forman zonas de diferente contenido de oxígeno en la dirección horizontal del horno (11).
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por** la división del nivel primario (P) en la dirección horizontal en dos o más zonas y el guiado, a al menos una de estas zonas, de un gas de combustión (15a) que tiene un contenido de oxígeno diferente al contenido de oxígeno del gas de combustión (15b) guiado a al menos una zona adyacente a la misma.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por** la división del nivel secundario (S) y/o uno de los niveles (T, ...) por encima del mismo en dos o más zonas en la dirección horizontal y el guiado, a al menos una de estas zonas, de un gas de combustión (16a; 28a) que tiene un contenido de oxígeno diferente al contenido de oxígeno del gas de combustión (16b; 28b) guiado a al menos una zona adyacente a la misma.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por** la existencia de varios puntos de alimentación de combustible (30) en la altura de alimentación de combustible (F) y por la formación por debajo y/o por encima de cada punto de alimentación de combustible (30) de una zona en la que al menos un nivel de alimentación de gas de combustión (P, S, T, ...) se alimenta con un gas de combustión (15a, 15b; 16a, 16b; 28a, 28b) que tiene un contenido de oxígeno diferente al alimentado en zonas que están más lejos del punto de alimentación de combustible (30) en el mismo nivel de alimentación (P, S, T, ...).
5. Una disposición para optimizar condiciones de combustión en una caldera de lecho fluidizado, disposición que comprende medios para alimentar gas de combustión oxigenado a dos o más niveles de altura, niveles de altura el primero de los cuales es un nivel primario (P), que está ubicado a la altura de la parte inferior de un horno, y el segundo es un nivel secundario (S), que está ubicado cerca de una altura de alimentación de combustible (F), nivel secundario (S) por encima del cual puede haber aún otros niveles de alimentación de gas de combustión (T, ...), **caracterizado por que** las disposiciones de alimentación de gas de combustión comprenden medios para mezclar aire y/u oxígeno y gas de escape circulado entre sí de modo que el gas de combustión (15a, 15b; 16a, 16b; 28a, 28b) se dota de un contenido de oxígeno deseado, y por que al menos uno de dichos niveles de alimentación de gas de combustión (P, S, T, ...) se dota de unas disposiciones de alimentación de gas de combustión (26a, 26b; 31a, 31b; 32a, 32b) que se disponen para alimentar en puntos diferentes en la dirección horizontal del horno (11) gases de combustión (15a, 15b; 16a, 16b; 28a, 28b) que tienen diferentes contenidos de oxígeno de modo que puedan formarse zonas de diferente contenido de oxígeno en la dirección horizontal del horno (11).
6. Una disposición de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada por que** las disposiciones de alimentación de gas de combustión en el nivel primario (P) comprenden una caja de aire (26) que está dividida en la dirección horizontal en dos o más cámaras (26a, 26b), y por que al menos una de estas cámaras (26a, 26b) se dispone para alimentar el horno con un gas de combustión (15a) que tiene un contenido de oxígeno diferente al contenido de oxígeno del gas de combustión (15b) guiado al horno a través de al menos una cámara (26a, 26b) adyacente a la misma.
7. Una disposición de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, **caracterizada por que** el nivel secundario (S) y/o uno de los niveles de alimentación (T, ...) por encima del mismo se divide(n) en la dirección horizontal en dos o más zonas y cada una de estas zonas esta provista con unas boquillas de alimentación de gas de combustión (31a, 31b; 32a, 32b) a través de las cuales puede guiarse a dicha zona un gas de combustión (16a; 28a) que tiene un contenido de oxígeno diferente al contenido de oxígeno del gas de combustión (16b; 28b) guiado al horno a través de al menos una zona adyacente a la misma.
8. Una disposición de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizada por que** la altura de alimentación de combustible (F) incluye unos puntos de alimentación de combustible (30) y por debajo y/o por encima de cada punto de alimentación de combustible (30) se forma una zona en la que, en el nivel secundario (S) o en el nivel de alimentación (T, ...) por encima, se dispone para alimentarse un gas de combustión que tiene un contenido de oxígeno diferente del que se alimenta a las zonas que están más lejos del punto de alimentación de combustible (14) en el mismo nivel de alimentación (S, T, ...).

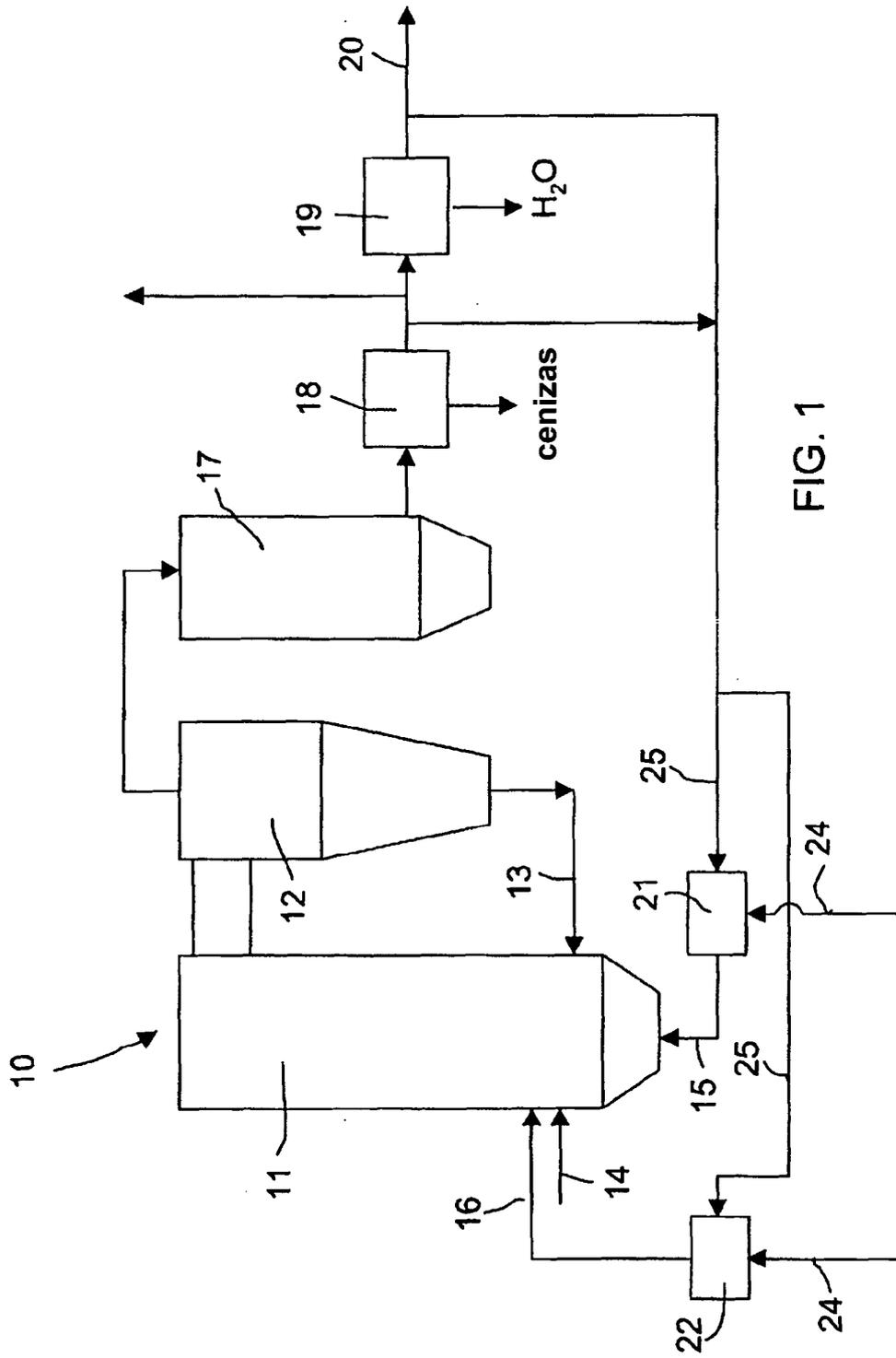
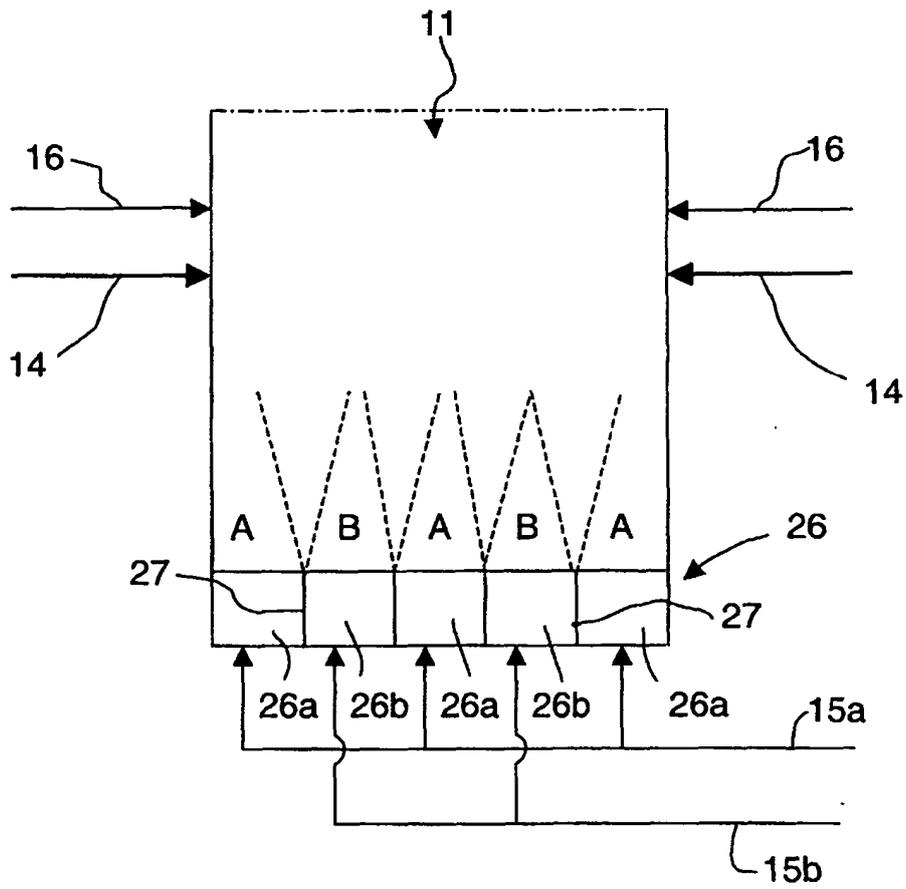


FIG. 1

FIG. 2



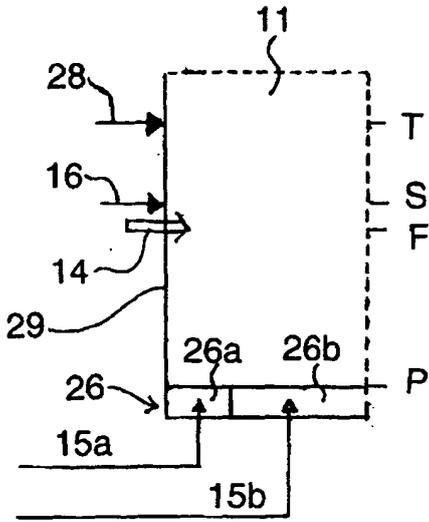


FIG. 3

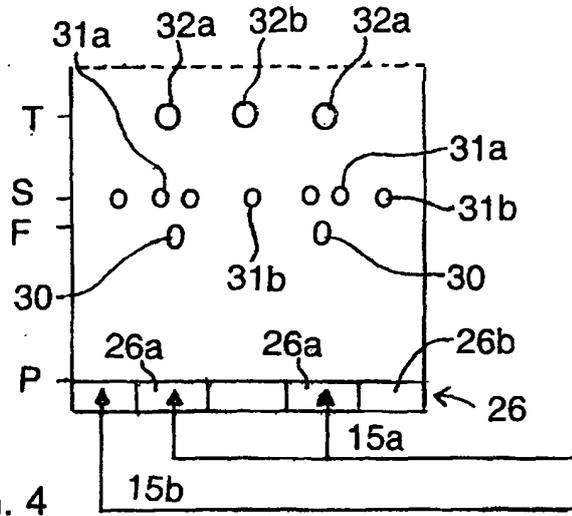


FIG. 4

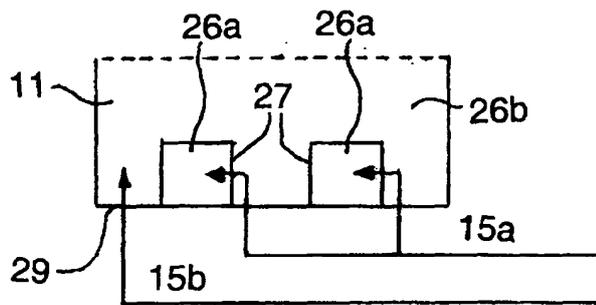


FIG. 5

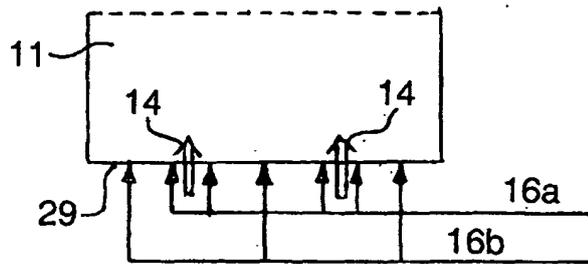


FIG. 6

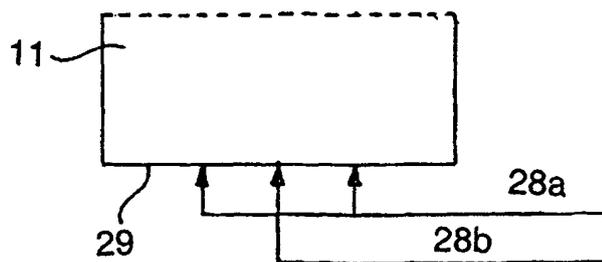


FIG. 7