

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 674**

51 Int. Cl.:

F23C 10/04 (2006.01)
F23C 10/18 (2006.01)
F23L 7/00 (2006.01)
F23C 6/04 (2006.01)
F23C 9/00 (2006.01)
F23C 10/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.02.2010 PCT/FI2010/050075**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.09.2010 WO10100324**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2010 E 10748380 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 2404111**

54 Título: **Procedimiento para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno en la combustión de combustible oxigenado**

30 Prioridad:
06.03.2009 FI 20095220

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.11.2019

73 Titular/es:
**VALMET TECHNOLOGIES OY (100.0%)
Keilasatama 5
02150 Espoo, FI**

72 Inventor/es:
VARONEN, MIKKO

74 Agente/Representante:
DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 729 674 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 para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno en la combustión de combustible oxigenado

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno en la combustión de combustible oxigenado, procedimiento en el que se suministran, como mínimo, un flujo de gas primario y, como mínimo, un flujo de gas secundario en un horno de una caldera de lecho fluidizado en circulación, habiéndose producido dichos gas primario y gas secundario mezclando oxígeno y gas de combustión en circulación.
- 10 La preocupación por el cambio climático ha llevado a buscar nuevos medios para reducir las emisiones de dióxido de carbono que provocan el calentamiento global en la producción de energía. Uno de los medios sugeridos para disminuir las emisiones de efecto invernadero es la combustión de combustible oxigenado. Cuando el combustible se quema con aire, los gases de escape contienen una cantidad considerable de nitrógeno que se origina a partir del aire. La recuperación del dióxido de carbono a partir de estos gases de escape es costosa y técnicamente difícil.
- 15 Cuando el aire utilizado en la combustión se reemplaza por una mezcla de oxígeno y gases de escape en circulación, los gases de escape producidos como resultado de la combustión contienen, principalmente, dióxido de carbono, oxígeno, vapor de agua y algunas impurezas. La combustión de combustible oxigenado permite la recuperación relativamente simple del dióxido de carbono. Después de que el agua transportada junto con el combustible y desarrollada en las reacciones de combustión se haya eliminado de los gases de escape por condensación, el dióxido de carbono restante puede licuarse por enfriamiento y compresión. La combustión de combustible oxigenado se puede utilizar tanto en la combustión del combustible pulverizado como en la combustión en lecho fluidizado.
- 25 En la combustión en lecho fluidizado en circulación, la combustión tiene lugar en una suspensión de sólidos que se fluidifica y se hace circular por medio de un flujo de gas soplado desde abajo. El lecho fluidizado comprende material fluidizado similar a partículas (por ejemplo, arena), combustible, gas para combustión y gas de combustión y cenizas producidas en la combustión. En este contexto, el gas para combustión se refiere a los gases primarios y secundarios, que generalmente comprenden aire o alguna otra mezcla de gases oxigenados. 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 toberas sobre sus paredes encima del plano de la parrilla. En la caldera de lecho fluidizado en circulación, el material fluidizado se transporta junto con los gases de escape lejos del espacio de fluidización y, para proporcionar un estado estacionario, se devuelve al horno a través de dispositivos de separación y circulación.
- 30 La caldera de lecho fluidizado en circulación utiliza una baja temperatura de combustión (por ejemplo, 700-900°C) en comparación con la combustión del combustible pulverizado, que junto con el suministro de aire escalonado permite bajas emisiones de óxido de nitrógeno. Los óxidos de nitrógeno (NO_x) se refieren al óxido nítrico (NO) y al dióxido de nitrógeno (NO₂), que se producen principalmente a partir del nitrógeno contenido por el combustible en la combustión en lecho fluidizado. El escalonamiento 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 necesario para una combustión perfecta se suministra como aire secundario y, posiblemente, terciario. La tecnología de lecho fluidizado en circulación también permite la desulfuración de los gases de escape que ya se encuentran en la caldera, mediante el suministro de caliza o dolomita directamente al horno.
- 35 Las memorias descriptivas de los documentos US 4704084 y US 4962711 dan a conocer ejemplos de calderas de lecho fluidizado en circulación, según la técnica anterior, que tienen como objetivo reducir las emisiones de NO_x mediante el suministro escalonado de aire de combustión. En ambas memorias descriptivas, en la sección inferior del horno se forma una zona reductora al ajustar el suministro de aire primario, secundario y, posiblemente, terciario al horno. La memoria descriptiva del documento CN 1959208 da a conocer un procedimiento para reducir las emisiones de NO_x que tiene las características mencionadas en el preámbulo de la reivindicación 1.
- 40 45 50
- 55 En la combustión de combustible oxigenado, el aire de combustión se reemplaza por una mezcla de oxígeno y gases de escape en circulación. Si el proceso se realiza con una concentración de oxígeno estándar, como es habitual en la combustión del aire, disminuir la cantidad de gas primario para proporcionar una zona reductora disminuye la circulación interna y externa del material fluidizado, por lo que también se debilita la transferencia de calor a las paredes del horno y a un posible intercambiador de calor externo. Además, la temperatura del lecho fluidizado puede aumentar demasiado, lo que provoca la sinterización de partículas sólidas.
- 60 El objetivo de la presente invención es evitar los problemas anteriores y potenciar la reducción de los óxidos de nitrógeno en una caldera de lecho fluidizado en circulación que opera con combustible oxigenado.
- 65 El procedimiento, según la presente invención, se caracteriza por lo que se presenta en la parte caracterizadora de la reivindicación 1.
- En el procedimiento, según la presente invención, el contenido de oxígeno del gas primario se ajusta de manera que, en la parte inferior del horno, se forma una zona reductora en la que los óxidos de nitrógeno llevados al horno junto con los gases de escape en circulación se reducen a nitrógeno cuando reaccionan con monóxido de carbono y

coque. De manera simultánea, el contenido de oxígeno del gas secundario se ajusta de modo que, por encima de la zona reductora, se forma una zona oxidante en la que se puede completar la combustión.

La velocidad de fluidización se puede mantener constante o se puede ajustar de forma independiente, cuando los contenidos de oxígeno de los gases primario y secundario se pueden ajustar por separado en un amplio intervalo. Cuando se reduce el contenido de oxígeno del gas primario, la proporción de oxígeno en el gas secundario se puede aumentar de manera equivalente para proporcionar el contenido de oxígeno total deseado. Cuando el contenido de oxígeno y el caudal volumétrico de ambos flujos de gas se ajustan por separado, es más fácil que antes mantener un nivel de temperatura adecuado, tanto en las zonas reductoras como en las oxidantes.

En el procedimiento, según la presente invención, el gas secundario se suministra a varios niveles de altura diferentes, y se utilizan diferentes contenidos de oxígeno en diferentes niveles para que los gases no quemados que se transportan desde la zona de reducción no provoquen un pico de temperatura grande en la altura de la inyección de gas secundario. De este modo, es posible evitar la formación de una sección oxigenada caliente en la altura de las inyecciones de gas secundario, lo que podría fácilmente conducir a la producción de óxidos de nitrógeno.

La presente invención da a conocer un procedimiento fácil basado en el modo de funcionamiento para la reducción de óxidos de nitrógeno en una caldera de lecho fluidizado en circulación. Al variar los contenidos de oxígeno del gas primario y secundario, es posible también ajustar las temperaturas en el horno, lo que es importante para la reducción de azufre, entre otros.

La reducción efectiva de los óxidos de nitrógeno disminuye el riesgo de que los NO_x reaccionen con el agua y el oxígeno, produciendo de este modo ácido nítrico corrosivo durante la presurización de los gases de escape, lo que podría provocar problemas en la instalación de limpieza y presurización del dióxido de carbono.

La presente invención se describirá ahora con referencia a la figura del dibujo adjunto, a la que, en modo alguno, la presente invención no pretende quedar estrictamente restringida.

La figura muestra esquemáticamente la combustión en lecho fluidizado en circulación con una mezcla de oxígeno y gases de escape en circulación.

Una caldera de lecho fluidizado en circulación 10 mostrada en la figura comprende un horno 11 en el que el combustible se quema en un lecho fluidizado en circulación, un separador ciclónico 12 en el que el material fluidizado se separa de los gases de escape, y un canal de retorno 13 a través del cual el material fluidificado se hace circular de vuelta al horno 11. El combustible 14 se suministra al horno 11, al cual también se suministran los gases para combustión y fluidización oxigenados como un flujo de gas primario 15 y, como mínimo, dos flujos de gas secundario 16. La combustión tiene lugar en el lecho fluidizado, que se pone en fluidización y circulación por medio del flujo de gas primario 15 suministrado desde abajo. El combustible 14 puede ser, por ejemplo, combustible sólido, tal como carbón.

El lecho fluidizado comprende material de lecho sólido inerte (generalmente arena), combustible suministrado en él, ceniza de combustible, posiblemente, piedra caliza, gases para combustión y gases de escape producidos en la combustión. Los flujos de gas 15, 16 están dispuestos de tal manera que una parte del material fluidificado sale junto con los gases de escape de la sección superior del horno al separador ciclónico 12. El separador ciclónico 12 separa las partículas sólidas de los gases de escape, que 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 a él.

Después de separar la materia sólida, los gases de escape se guían desde el separador ciclónico 12 hasta la recuperación de calor 17 y desde allí también a la separación de cenizas volantes 18, que puede implementarse, por ejemplo, con filtros electrostáticos o de bolsa. Después de la separación de las cenizas volantes 18, los gases de escape se guían a un condensador 19, en el que el agua y los gases se separan de los mismos por condensación. Después del condensador 19, los gases de escape 20 de la combustión de combustible oxigenado contienen principalmente dióxido de carbono, que se puede limpiar y presurizar con procedimientos conocidos por sí mismos.

El flujo de gas primario 15 se suministra en la parte inferior del horno 11 a través de una caja de aire (no se muestra en la figura) o equivalente. Se suministran dos o más flujos de gas secundario 16 por encima de la parte inferior a través de toberas de inyección (no mostradas en la figura) sobre las paredes del horno 11. Ambos flujos de gas 15, 16 contienen oxígeno y gases de escape en circulación, cuyos componentes principales son dióxido de carbono y, posiblemente, vapor de agua. Además, los gases de escape contienen pequeñas cantidades de, entre otros, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, oxígeno y monóxido de carbono. Para proporcionar una buena fluidización y circulación de la suspensión de sólidos, la proporción del flujo de gas primario 15 es habitualmente, como mínimo, el 60% de la cantidad total de los gases para combustión 15, 16 suministrados al horno 11.

El flujo de gas primario 15 se produce mediante los primeros medios de mezcla 21, mezclando oxígeno 24 y gases de escape en circulación 25 conjuntamente en una proporción deseada. De manera equivalente, los dos o más flujos de gas secundario 16 se producen por medio de los segundos medios de mezcla 22, mezclando oxígeno 24 y gases

de escape en circulación 25 conjuntamente en una proporción deseada. El oxígeno 24 se puede producir, por ejemplo, eliminando el nitrógeno del aire por medio de una planta de oxígeno 23 o por algún otro medio equivalente. Los gases de escape en circulación 25 pueden tomarse de la chimenea del horno, ya sea antes del condensador 19 o después del condensador 19, según se desee utilizar gases de escape húmedos o secos.

5 Los primeros medios de mezcla 21 para producir el flujo de gas primario 15 y los segundos medios de mezcla 22 para producir los dos o más flujos de gas secundario pueden estar en conexión con las toberas de inyección que suministran gas al horno 11 o pueden estar separadas del horno 11, de manera que las toberas de gas suministran una mezcla de gas premezclada. Los medios de mezcla 21, 22 pueden comprender medios conocidos como tales
10 (válvulas, sensores de medición, dispositivos de ajuste, etc.) para ajustar el contenido de oxígeno del flujo de gas suministrado al horno.

15 El contenido de oxígeno del flujo de gas primario 15 se ajusta de manera que se forme una zona reductora I en la parte inferior del horno 11, zona en la que hay menos oxígeno que el necesario para la combustión perfecta del combustible. El caudal de gas primario se ajusta de nuevo, de modo que se pueda proporcionar un nivel adecuado de circulación interna y externa de material fluidizado.

20 En la zona reductora I, prevalecen las condiciones subestequiométricas, en las que se produce más monóxido de carbono y carbón no quemado, es decir, coque, que en la combustión estequiométrica normal. Debido al efecto del coque y el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno NO_x, tanto los que se transportan junto con el gas primario como los producidos a partir del combustible, se reducen a nitrógeno gaseoso N₂ en esta zona.

25 El contenido de oxígeno de los dos o más flujos de gas secundario 16 se ajusta de manera que, por encima de la zona reductora I, se forme una zona oxidante II, en la que hay más oxígeno que el necesario para la combustión perfecta del combustible. En la zona oxidante II, se completa la combustión del combustible.

30 Hay toberas de gas secundario ubicadas en varias alturas diferentes y se les suministra gas secundario que tiene un contenido de oxígeno diferente. Cada flujo de gas secundario 16 está provisto de sus propios medios de mezcla 22 para ajustar el contenido de oxígeno de los flujos de gas secundario.

Debido a la circulación de los gases de escape y la zona reductora, los gases de escape que salen de la caldera de lecho fluidizado en circulación hacia la recuperación de dióxido de carbono solo contienen una cantidad muy pequeña de óxidos de nitrógeno.

35 Son posibles muchas variaciones diferentes de la presente invención dentro del alcance definido por las reivindicaciones que se presentan a continuación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno en la combustión de combustible oxigenado, comprendiendo el procedimiento de suministrar en un horno (11) de una caldera de lecho fluidizado en circulación (10), como mínimo, un flujo de gas primario (15) y, como mínimo, un flujo de gas secundario (16), habiéndose producido dichos gas primario (15) y gas secundario (16) mezclando oxígeno y gases de escape en circulación, **caracterizado por**
- 10 ajustar el contenido de oxígeno del gas primario (15) de manera que en la parte inferior del horno (11), se forme una zona reductora (I), y ajustar el contenido de oxígeno del gas secundario (16) de manera que, encima de la zona reductora (I) anterior, se forme una zona oxidante (II), en la que los contenidos de oxígeno del gas primario (15) y el gas secundario (16) se ajustan cambiando la proporción de oxígeno respecto a los gases de escape en circulación en dichos flujos de gas (15, 16),
- 15 suministrar en el horno (11) dos o más flujos de gas secundario, como mínimo, a dos alturas diferentes, y
ajustar los contenidos de oxígeno de los flujos de gas secundario suministrados a diferentes alturas, diferentes entre sí.
- 20 2. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por** mezclar oxígeno (24) y gases de escape (25) en circulación junto con medios de mezcla en conexión con el horno (11) justo antes de suministrar el gas primario (15) o el gas secundario (16) al horno (11).
- 25 3. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** ajustar la temperatura del horno variando el contenido de oxígeno del gas primario (15) y/o el gas secundario (16).

