

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 789**

51 Int. Cl.:

**F27B 7/00** (2006.01)

**F27B 7/36** (2006.01)

**F27D 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.08.2016 PCT/IB2016/001220**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.03.2017 WO17042615**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2016 E 16831908 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2019 EP 3347660**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para reducir las emisiones de NOx de un horno tubular rotatorio**

30 Prioridad:

**08.09.2015 AT 5862015**

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

**27.03.2020**

73 Titular/es:

**HOLCIM TECHNOLOGY LTD (100.0%)  
Zürcherstrasse 156  
8645 Jona, CH**

72 Inventor/es:

**GAFNER, IRWIN**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

ES 2 750 789 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 y dispositivo para reducir las emisiones de NOx de un horno tubular rotatorio.

5 La invención se refiere a un procedimiento para reducir las emisiones de NOx de un horno tubular rotatorio de una planta de producción de clínker, en el que se quema combustible suministrado a través de un quemador del horno tubular rotatorio con aire primario suministrado a través del quemador y el aire primario presenta un contenido de oxígeno reducido con respecto al del aire ambiente y una temperatura aumentada con respecto a la del aire ambiente, obteniéndose el aire primario mediante mezclado de aire ambiente con gas de escape del horno tubular rotatorio o de un intercambiador de calor conectado al horno tubular rotatorio que sirve para precalentar la harina bruta.

La invención se refiere además a un dispositivo para llevar a cabo dicho procedimiento.

15 Un procedimiento del tipo mencionado se describe en el documento DE 3530683 A1.

La fabricación de clínker de cemento se realiza principalmente en un horno tubular rotatorio con precalentador ciclónico preconectado y enfriador de clínker posconectado.

20 La harina bruta se calienta y se precalcina en el intercambiador de calor y se convierte en clínker en el horno a temperaturas de entre aproximadamente 900°C en la entrada del horno y aproximadamente 1450°C en la zona de sinterización. La temperatura de los gases de combustión necesarios para la formación de los minerales del clínker es de hasta 2200°C. A este respecto, se producen debido al proceso óxidos de nitrógeno, cuya cantidad puede reducirse mediante medidas primarias o secundarias. Las medidas primarias tienen como objetivo reducir la formación de óxidos de nitrógeno. Las medidas secundarias tienen como objetivo eliminar los óxidos de nitrógeno resultantes mediante procesos catalíticos y no catalíticos.

25 Por motivos de reducción de la carga medioambiental, distintas disposiciones legales prescriben valores límite de emisión para óxidos de nitrógeno. En la actualidad, los valores límite de emisión prescritos se encuentran entre 200 y 800 mg de NOx/Nm<sup>3</sup>.

30 Las medidas secundarias de reducción de la cantidad de NOx incluyen la reducción catalítica selectiva (SCR) y la reducción selectiva no catalítica (SNCR) del gas de escape. La reacción química es selectiva, por lo que preferentemente se reducen óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>), mientras que las reacciones secundarias no deseadas tales como la oxidación de dióxido de azufre dando trióxido de azufre se suprimen en gran medida. Para la reacción es necesario un componente de amoníaco (por ejemplo, amoníaco (NH<sub>3</sub>), urea (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O) u otros), que se añade al gas de escape y se mezcla con el mismo. Los productos de la reacción son agua (H<sub>2</sub>O) y nitrógeno (N<sub>2</sub>). Sin embargo, las medidas secundarias están asociadas con un aumento en los costes operativos y pueden conducir a que los gases de escape contengan amoníaco.

35 El procedimiento propuesto en el documento DE 3530683 A1 para la reducción primaria de NOx se basa en la reducción del contenido de oxígeno del gas primario suministrado al quemador. Con ello se reduce la formación térmica de NOx. Para compensar el menor contenido de oxígeno, el gas primario también se suministra a una temperatura elevada. Como gas primario, a este respecto, se utiliza gas de escape del horno tubular rotatorio o del intercambiador de calor, que dado el caso se mezcla con aire ambiente.

40 Una dificultad en este procedimiento la representa el ajuste del nivel de temperatura óptimo y del contenido de oxígeno del gas primario. La temperatura y el contenido de oxígeno son para el proceso de combustión y, por lo tanto, para la calidad del clínker resultante, de crucial importancia, debiendo garantizarse, en particular, relaciones lo más constantes posible. Si la temperatura del gas primario es demasiado alta, el efecto de reducción de NOx ya no se producirá en una medida suficiente. Una temperatura demasiado baja, a su vez, conduce a una condensación ácida del azufre contenido en el gas de escape recirculado, lo que conduce a problemas de corrosión. Con respecto al contenido de oxígeno, es necesaria una optimización en el sentido de que se debe encontrar un compromiso entre un contenido demasiado bajo, en el que el proceso de combustión no es eficaz, y un contenido demasiado alto, en el que la medida de la reducción de NOx es demasiado pequeña.

45 Además, se deben mantener valores predeterminados del flujo de volumen total del gas primario para optimizar el proceso de combustión.

50 Por lo tanto, es deseable que dentro del contexto de la recirculación de gases de escape con el fin de reducir NOx, se regulen y se mantengan constantes con la mayor precisión posible los valores predeterminados de temperatura, contenido de oxígeno y de flujo volumétrico. Esto no es posible de forma satisfactoria con el procedimiento según el documento DE 3530683 A1, porque el contenido de oxígeno y la temperatura del aire primario no se pueden ajustar de forma independiente entre sí. Un aumento en la proporción del gas de escape recirculado en el gas primario, por ejemplo, conduce, dependiendo de la relación de mezcla, ciertamente a una reducción del contenido de oxígeno en la medida deseada, pero al mismo tiempo también a un cambio en la temperatura en un valor que

no puede elegirse libremente. Además, las variaciones naturales en la temperatura del aire ambiente y del gas de escape conducen a un cambio incontrolable en la temperatura del gas primario.

5 Por lo tanto, la presente invención tiene como objetivo mejorar el procedimiento de recirculación de gas de escape de forma que la temperatura y el contenido de oxígeno del gas primario y, dado el caso, el flujo volumétrico puedan ajustarse del modo más independiente posible entre sí para lograr una reducción suficiente de NOx optimizando simultáneamente las condiciones de combustión.

10 Para solucionar este problema, la invención prevé esencialmente en un procedimiento del tipo mencionado anteriormente, que el aire primario se obtenga adicionalmente mediante mezclado con aire caliente, en particular aire de escape de un enfriador de clínker. Con ello, añadiendo ahora adicionalmente al aire ambiente y al gas de escape, según se precise, una tercera corriente de aire, es decir, aire caliente, pueden ajustarse mediante la elección de una relación de mezcla adecuada la temperatura y el contenido de oxígeno del gas primario de forma en gran medida independiente entre sí. Con ello, teniendo ahora a disposición un tercer parámetro de control, el ajuste de las propiedades deseadas del gas primario se facilita incluso en condiciones ambientales fluctuantes dentro de otras áreas distintas al estado de la técnica.

15 A este respecto, por aire caliente se entiende aire que presenta una temperatura más alta que el aire ambiente, prefiriéndose el uso de aire de escape de un enfriador de clínker. El aire caliente tiene preferentemente una temperatura que se encuentra por encima de la temperatura del gas de escape o entre la misma y la del aire ambiente.

20 Un modo de procedimiento preferido prevé que la relación de mezcla de aire ambiente, gas de escape y aire caliente se regule de forma que el gas primario se suministre al quemador con una temperatura de 50-250°C, en particular de 100-150°C y un contenido de oxígeno del 8-18% en volumen, en particular del 13-16% en volumen. Los flujos volumétricos de aire ambiente, gas de escape y aire caliente se seleccionan y se coordinan de forma que se obtengan las propiedades deseadas del gas primario. Para este fin, la temperatura y el índice de oxígeno del gas primario se miden de forma continua o a intervalos regulares lo más directamente posible antes de su entrada al quemador por sensores y se suministran a una regulación, en la que se calculan los valores apropiados para los flujos volumétricos y se generan comandos de ajuste para las unidades de ajuste correspondientes en las líneas de suministro. A este respecto, la regulación tiene en cuenta la temperatura y el contenido de oxígeno del aire ambiente disponible, de los gases de escape y del aire caliente. Por otra parte, se tienen en cuenta las características del tramo de regulación entre el punto de mezclado de los flujos volumétricos individuales y el punto de recogida del valor medido en la entrada del gas primario antes del quemador, tal como, por ejemplo, una presión y, por lo tanto, el aumento de temperatura por medio de un soplante principal dispuesto a este respecto.

25 Se ha encontrado que el cumplimiento de los valores mencionados anteriormente para la temperatura y el contenido de oxígeno del gas primario representa un compromiso ideal entre los requisitos contradictorios de una reducción suficiente de los valores de NOx por una parte y la garantía de un proceso de combustión eficaz en el horno tubular rotatorio, la eficacia del funcionamiento del horno y la observación de una buena calidad de clínker, por otra parte.

30 Se puede recurrir ventajosamente al flujo volumétrico total del gas primario como variable de regulación adicional. En este contexto, el procedimiento se lleva a cabo preferentemente de tal forma que el mezclado de aire ambiente, gas de escape y aire caliente se regule para obtener un flujo volumétrico del gas primario adaptado al proceso.

35 Con respecto a la temperatura de las corrientes parciales individuales del gas primario, se prefieren los valores siguientes. El aire caliente puede utilizarse con una temperatura de 80-150°C, pudiendo obtenerse dicho nivel de temperatura de un modo sencillo utilizando el aire de escape del enfriador de clínker. El gas de escape recirculado se utiliza preferentemente a una temperatura de 100-200°C.

40 Preferentemente, está previsto también que se utilice gas de escape con un contenido de oxígeno del 6-10% en volumen.

45 Se considera como aire primario, en el contexto de la invención, la suma de todas las corrientes de transporte que se conducen a la cámara de combustión a través del quemador del horno tubular rotatorio. El quemador es, a este respecto, en particular, el quemador para la zona de combustión principal del horno tubular rotatorio. Dichos quemadores presentan generalmente una pluralidad de canales para gas primario, en particular por lo menos un canal para el suministro del componente de turbulencia del gas primario y por lo menos uno para el suministro del componente axial del gas primario. Para el aire primario se cuenta además la cantidad de aire de transporte para la entrada de combustible. Como aire secundario se considera el aire suministrado a la cámara de combustión exterior al quemador, por ejemplo lateralmente al quemador.

50 La mayor parte de la cantidad de aire de combustión se alimenta, a este respecto, a través del aire secundario. Preferentemente, está previsto en el contexto de la invención que se alimente al horno tubular rotatorio el 5-20% en volumen del aire de combustión como gas primario y el 80-95% en volumen como aire secundario.

Según otro aspecto, la invención se refiere a un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento descrito anteriormente que comprende un horno tubular rotatorio con un quemador, un intercambiador de calor conectado al horno tubular rotatorio en el lado del gas de escape con o sin calcinador, y un enfriador de clínker, estando prevista una entrada de gas primario para el quemador con un soplante principal, estando dispuesto aguas arriba del soplante principal un dispositivo de mezclado con una entrada de aire ambiente, una entrada de gas de escape alimentada por medio del gas de escape del intercambiador de calor y una entrada de aire caliente alimentada por medio del aire de escape del enfriador de clínker.

5

10

15

Preferentemente, está previsto que la entrada de aire ambiente, la entrada de gas de escape y la entrada de aire caliente estén equipadas en cada caso con un elemento de regulación para regular el flujo volumétrico, estando conectados los elementos de regulación a un dispositivo de control, suministrándose los valores medidos en un sensor de temperatura y un sensor de contenido de oxígeno dispuestos aguas abajo del soplante principal, estando equipado el dispositivo de control para ajustar los elementos de regulación de forma que se mantenga una temperatura predeterminada preferentemente de 50-250°C, en particular de 100-150°C, y un contenido de oxígeno predeterminado preferentemente del 8-18% en volumen, en particular del 13-16% en volumen, del gas primario suministrado al quemador.

20

Además, está previsto preferentemente que el dispositivo de control para ajustar los elementos de control esté equipado de forma que se mantenga un flujo volumétrico predeterminado del gas primario suministrado al quemador.

25

30

35

La invención se explicará a continuación con más detalle con referencia a un ejemplo de realización representado esquemáticamente en el dibujo. En la figura 1, se muestra una chimenea 1 para la descarga de gas de escape desde un intercambiador de calor de un precalentador para harina bruta. Desde la chimenea 1, el gas de escape se desvía a través de una conducción 2, pudiendo ajustarse el flujo volumétrico desviado por medio de un elemento de regulación 3. El soplante para extraer los gases de escape se denota con el número 4. El gas de escape se conduce preferentemente a través de un condensador 5, en el que se elimina el agua del gas de escape, que después se puede reciclar. El contenido de oxígeno, la temperatura y, dado el caso, la presión del gas de escape se miden por medio de sensores 6, denotándose con el número 7 un elemento de regulación adicional para ajustar el flujo volumétrico. El gas de escape se suministra después a una cámara de mezclado 8. A la cámara de mezclado 8 se suministra además aire de escape de la chimenea 9, que es aire de escape del enfriador de clínker. El aire de escape se conduce través de una conducción 10 y un soplante 12. Los sensores para medir la temperatura y dado el caso la presión del aire de escape se determinan por medio de los sensores 11. El flujo volumétrico del aire de escape se puede ajustar con un elemento de regulación 13.

Además, a la cámara de mezclado 8 se alimenta aire ambiente 14 a través de una conducción 15.

40

45

La mezcla de aire ambiente, gas de escape y aire de escape se suministra a través de un soplante 17 y una conducción 18 al quemador 19 del horno tubular rotatorio como gas primario. Una parte del gas primario se puede suministrar a través de la conducción 21 y el soplante 22 también como gas de transporte a los dispositivos de dosificación correspondientes para combustible. Para ajustar el flujo volumétrico del gas primario, está previsto un elemento de regulación 16. En el punto de medición 20, la temperatura, el contenido de oxígeno, la presión y el flujo volumétrico del gas primario se miden y se comparan en un dispositivo de control, no mostrado, con valores de referencia. En caso de una desviación de los valores de referencia, el dispositivo de control coopera con los elementos de regulación 3, 7, 13 y un elemento de regulación no representado para ajustar la cantidad de aire ambiente para efectuar una corrección.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para reducir las emisiones de NOx de un horno tubular rotatorio de una planta de producción de clínker, en el que se quema combustible suministrado a través de un quemador del horno tubular rotatorio con aire primario suministrado a través del quemador y el aire primario presenta un contenido de oxígeno menor con respecto al del aire ambiente y una temperatura aumentada con respecto a la del aire ambiente, obteniéndose el aire primario mediante mezclado de aire ambiente con gas de escape del horno tubular rotatorio o de un intercambiador de calor conectado al horno tubular rotatorio que sirve para precalentar la harina bruta, caracterizado por que el aire primario se obtiene además mediante mezclado con aire caliente, en particular el aire de escape de un enfriador de clínker.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la relación de mezcla de aire ambiente, gas de escape y aire caliente se regula de forma que el gas primario se suministre al quemador a una temperatura de 50-250°C, en particular de 100-150°C, y con un contenido de oxígeno del 8-18% en volumen, en particular del 13-16% en volumen.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el mezclado de aire ambiente, gas de escape y aire caliente se regula para mantener un flujo volumétrico del gas primario adaptado al proceso.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, 2 o 3, caracterizado por que se utiliza aire caliente a una temperatura de 80-150°C, preferentemente de 90-100°C.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el gas de escape se utiliza a una temperatura de 100-200°C, preferentemente de 145-185°C.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el gas de escape se utiliza con un contenido de oxígeno del 6-10% en volumen, preferentemente del 6-8% en volumen.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que se suministra el 5-20% en volumen de gas primario y el 80-95% en volumen de gas secundario al horno tubular rotatorio.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que una parte del gas primario se utiliza como gas de transporte para combustibles.
9. Dispositivo para llevar a cabo el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8 que comprende un horno tubular rotatorio con un quemador, un intercambiador de calor conectado al horno tubular rotatorio en el lado del gas de escape y un enfriador de clínker, estando prevista una entrada de gas primario (18) para el quemador (19) con un soplante principal (17), estando dispuesto aguas arriba del soplante principal un dispositivo de mezclado (8) con una entrada de aire ambiente, una entrada de gas de escape (2) alimentada con el gas de escape del intercambiador de calor y una entrada de aire caliente (10) alimentada con el aire de escape del enfriador de clínker.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado por que la entrada de aire ambiente, la entrada de gas de escape y la entrada de aire caliente están equipadas de forma correspondiente con un elemento de regulación para regular el flujo de volumen, estando conectados los elementos de regulación a un dispositivo de control al que se suministran valores de medición de un sensor de temperatura y un sensor de contenido de oxígeno dispuestos aguas abajo del soplante principal, estando equipado el dispositivo de control para ajustar los elementos de regulación de forma que se mantenga una temperatura predeterminada preferentemente de 50-250°C, en particular de 100-150°C, y un contenido de oxígeno predeterminado preferentemente del 8-18% en volumen, en particular del 13-16% en volumen, del gas primario suministrado al quemador.
11. Dispositivo según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que el dispositivo de control está equipado para ajustar los elementos de regulación de forma que se mantenga un flujo de volumen predeterminado del gas primario suministrado al quemador.

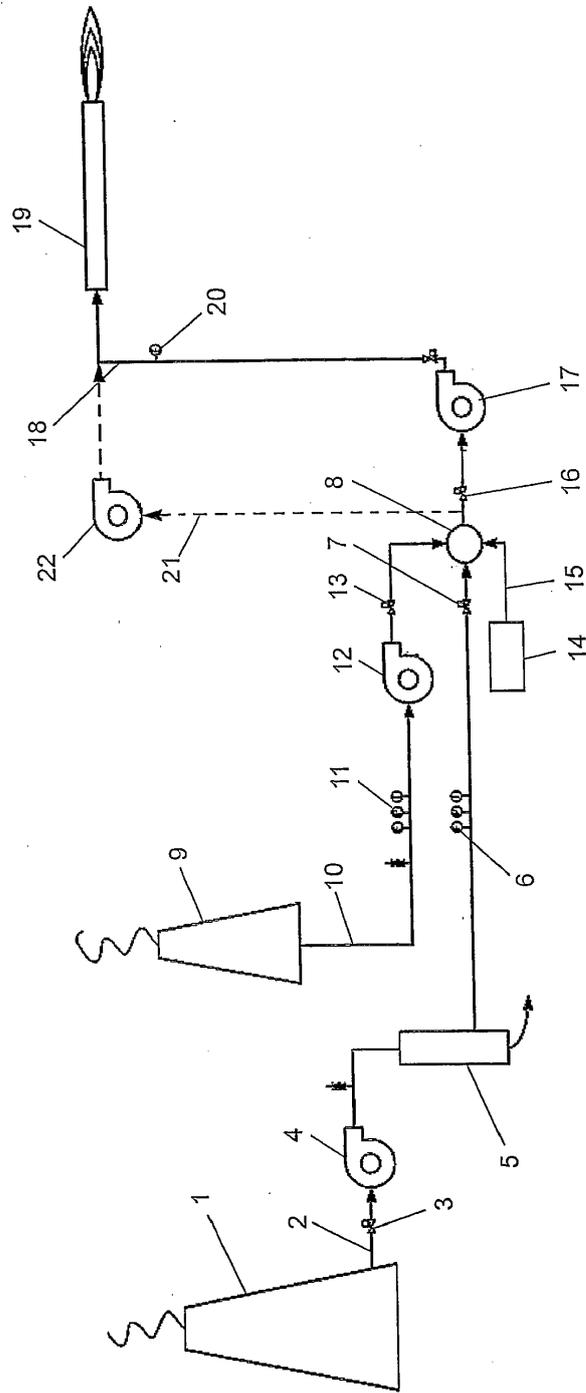


Fig. 1