



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 273 857**

51 Int. Cl.:
F27B 7/20 (2006.01)
C04B 7/43 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01947749 .6**
86 Fecha de presentación : **19.07.2001**
87 Número de publicación de la solicitud: **1313994**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **28.05.2003**

54 Título: **Método e instalación para fabricar clinker de cemento.**

30 Prioridad: **24.08.2000 DK 2000 01253**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.05.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.05.2007

73 Titular/es: **F.L. Smidth A/S**
Vigerslev Allé 77
2500 Valby, DK

72 Inventor/es: **Skaarup Jensen, Lars y**
Thomsen, Kent

74 Agente: **García-Cabrerizo y del Santo, Pedro**

ES 2 273 857 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 e instalación para fabricar clinker de cemento.

La presente invención se refiere a un método para fabricar clinker de cemento, método mediante el cual se precalienta crudo ("raw meal") de cemento en un precalentador, se calcina en un calcinador que comprende un extremo superior y un extremo inferior, se quema para dar clinker en un horno y se enfría en un enfriador de clinker posterior. La invención también se refiere a una instalación para llevar a cabo el método.

La instalación del tipo mencionado anteriormente para fabricar cemento se conoce bien a partir de la bibliografía. En algunas instalaciones, el calcinador está diseñado específicamente para utilizar combustibles que tienen un bajo contenido de constituyentes volátiles, tales como coque de petróleo, mientras que en otras instalaciones, el calcinador está diseñado específicamente para lograr un bajo nivel de emisión de NO_x . Hay una sólida evidencia de que en lo sucesivo se impondrán requisitos más rigurosos en cuanto a los niveles aceptables de emisión de NO_x y de que la utilización de combustibles con un bajo contenido de constituyentes volátiles continuará siendo ventajosa. En consecuencia, existe la necesidad de un método así como una instalación para fabricar cemento que realizará ambos de estos efectos beneficiosos al mismo tiempo.

Está disponible una variedad de tecnologías para limitar los niveles de emisión de NO_x y para quemar combustibles con un bajo contenido de constituyentes volátiles en instalaciones del tipo mencionado anteriormente. Será posible limitar los niveles de emisión de NO_x mediante métodos primarios, tales como el diseño apropiado del equipo de quemado, el diseño apropiado del calcinador y el precalentador, o mediante métodos secundarios que implican la inyección de sustancias extrañas tales como amoníaco y urea en ubicaciones designadas en el precalentador.

Por ejemplo, se conoce una instalación de horno del tipo ILC con bajo contenido en NO_x a partir de la solicitud de patente japonesa número 155433-1978. Esta instalación comprende una cámara de combustión que se sitúa entre el horno y el calcinador y que, en la práctica, constituye la parte inferior del calcinador. Se consigue la limitación de la emisión de NO_x inyectando el combustible en la cámara de combustión que constituye una denominada zona reductora, que implica una combustión de combustible haciendo reaccionar con NO_x contenido en los gases de escape del horno, reduciendo así el contenido de NO_x . Según métodos conocidos más recientemente, puede introducirse una pequeña cantidad de crudo precalentado procedente del precalentador en esta zona con el fin de limitar la temperatura. Posteriormente, se alimentan al calcinador el aire precalentado procedente del enfriador de clinker así como el crudo precalentado procedente del precalentador. En esta instalación de horno conocida, los gases de escape procedentes del horno se introducen en la parte inferior de la cámara de combustión, haciendo así que los gases fluyan hacia arriba a través de la cámara de combustión y el posterior calcinador. En este tipo de calcinador, el crudo debe dirigirse, por tanto, hacia arriba a través de la parte principal del calcinador suspendido en la corriente gaseosa que fluye hacia arriba a través del

calcinador. En cuanto a este tipo de calcinador, es una desventaja obvia que no puede lograrse una baja emisión de NO_x cuando se queman combustibles con un bajo contenido de constituyentes volátiles en el calcinador debido al excesivo enfriamiento de la suspensión de gas/combustible.

Por ejemplo, se conocen instalaciones de horno del tipo SLC-D a partir de la patente de los EE.UU. número 4014641 y el documento PCT/DK97/00029. Este tipo de instalación incorpora un calcinador que comprende una cámara configurada como un conducto de gas dirigido hacia abajo que en su extremo inferior está conectado a un conducto de gas dirigido hacia arriba que está conectado adicionalmente al extremo de descarga de gas de escape del horno. La calcinación tiene lugar esencialmente en el conducto de gas dirigido hacia abajo. La mayoría del combustible usado en el calcinador se introduce axialmente en la parte superior del calcinador. El aire precalentado procedente del enfriador de clinker y el crudo precalentado se dirigen tangencialmente hacia la parte superior del calcinador. Así se obtiene en el calcinador, la combustión completa de una cantidad sustancial del combustible del calcinador, mientras que el crudo se calcina simultáneamente durante su paso hacia abajo a través de la cámara. La suspensión de gases de escape, combustible sin quemar y crudo al menos parcialmente calcinado procedente del calcinador se unen juntos en el conducto de gas dirigido hacia arriba con un flujo hacia arriba de los gases de escape del horno, a lo que podría añadirse posiblemente una pequeña cantidad del combustible del calcinador y una pequeña cantidad del crudo precalentado. La suspensión de material/gas de escape combinada o entremezclada fluye posteriormente hacia arriba a través del conducto de gas dirigido hacia arriba en el que pueden añadirse cualquier cantidad residual de crudo y aire precalentado que no se hayan suministrado aún desde el enfriador de clinker. La ventaja de este tipo conocido de instalación es que pueden usarse combustibles con un bajo contenido de constituyentes volátiles debido a la realización especial del calcinador que hará posible lograr un alto grado de eficacia de combustión incluso cuando se utilizan tales combustibles. Además, la producción de NO_x en el calcinador es bastante baja. Sin embargo, la desventaja de este tipo de instalación de horno es que puede hacerse necesario añadir una proporción de crudo no calcinado directamente en los gases de escape del horno con el fin de combatir los recubrimientos en la cámara de humos del horno y/o el conducto ascendente del horno. Como resultado, la suspensión de gas de escape/combustible se enfría excesivamente, lo que supone posibilidades limitadas de reducir el NO_x que se produce en el horno, cuando se utiliza combustible con un bajo contenido de constituyentes volátiles.

Es el objetivo de la presente invención proporcionar un método así como una instalación para fabricar cemento por medio del cual será posible lograr un alto grado de eficacia de combustión incluso cuando se usa un combustible con un bajo contenido de constituyentes volátiles y lograr un nivel bajo de emisión de NO_x .

Esto se obtiene mediante un método del tipo mencionado en la introducción y que está caracterizado porque se introducen los gases de escape procedentes del horno en el extremo superior del calcinador, porque se introduce asimismo combustible en el extremo

superior del calcinador, porque se dirige la suspensión de gas de escape/combustible hacia abajo a través del calcinador, porque se alimentan en combinación o por separado aire precalentado procedente del enfriador de clinker y crudo precalentado procedente del precalentador en el calcinador en una ubicación bajo la zona en la que se introducen los gases de escape del horno y el combustible, porque se dirige el aire precalentado hacia abajo a través del calcinador, mezclándose gradualmente con la suspensión de gas de escape/combustible, porque se dirige el crudo bajo la acción de la gravedad hacia abajo a través del calcinador a lo largo de su pared, estando suspendido en los gases de escape en el extremo inferior del calcinador, y porque se extrae la suspensión de gas de escape/crudo desde el extremo inferior del calcinador y se transporta hasta un medio de separación para separar el crudo que se dirige posteriormente hasta el horno.

Por el presente documento, se obtiene una reducción significativa del NO_x que se conduce hasta el calcinador junto con los gases de escape del horno, un alto grado de quemado del combustible incluso cuando se utilizan combustibles con un bajo contenido de constituyentes volátiles, y un bajo grado de conversión en NO_x del nitrógeno que se conduce hasta el calcinador junto con el combustible. Por tanto, será posible generar una zona reductora de NO_x introduciendo el combustible del calcinador en los gases de escape del horno cargados de NO_x mientras se garantiza simultáneamente una alta temperatura de combustión en el intervalo de 900 y 1500°C, incluso cuando el proceso de combustión se basa en combustibles con un bajo contenido de constituyentes volátiles. Como resultado, la formación de NO_x resultante será a un nivel mucho menor que el que puede lograrse para la técnica anterior. Se logra la temperatura de combustión elevada debido al hecho de que el crudo, debido al paso dirigido hacia abajo a través del calcinador, se envía hacia abajo a lo largo de la pared del calcinador, sustancialmente bajo la acción de la gravedad. Esto reducirá el efecto de enfriamiento del crudo sobre la suspensión de gas de escape/combustible durante la combustión del combustible. La temperatura de combustión elevada también garantizará, además de una baja formación neta de NO_x , una rápida combustión del combustible que es necesaria para el funcionamiento estable de la instalación. El crudo que se dirige hacia abajo a lo largo de la pared del calcinador también protegerá este último frente a las altas temperaturas que pueden producirse, reduciendo así, como un efecto de eliminación ("spin-off"), el nivel de los recubrimientos sobre la pared.

Los gases de escape del horno pueden introducirse en el extremo superior del calcinador según diversos métodos adecuados, tales como radialmente, tangencialmente o axialmente.

El combustible puede introducirse en el extremo superior del calcinador, o bien por separado o bien junto con los gases de escape del horno. Si el combustible se introduce por separado, esto se realizará preferiblemente inyectando el combustible axialmente desde la parte superior del calcinador. Tal inyección axial puede producirse a lo largo del eje longitudinal del calcinador, pero también puede desplazarse radialmente con respecto al eje longitudinal. Sin embargo, el combustible también puede inyectarse radialmente, tangencialmente o de alguna otra manera

desde el lateral del calcinador. Si el combustible se introduce junto con los gases de escape del horno, se prefiere que el combustible se introduzca en los gases de escape del horno en una ubicación en la que puede garantizarse un contacto eficaz entre el combustible y el NO_x en los gases de escape, optimizando así el proceso de reducción de NO_x . Preferiblemente, esto puede realizarse en una ubicación apropiada antes de que se introduzcan los gases de escape del horno en el calcinador.

La suspensión mixta de los gases de escape del horno y el combustible se conduce preferiblemente hacia abajo a través del calcinador, generando una llama en su zona central.

El aire precalentado procedente del enfriador de clinker y el crudo precalentado procedente del precalentador se introducen preferiblemente en el calcinador como una suspensión combinada de aire/crudo. Se prefiere adicionalmente que esta suspensión de aire/crudo se introduzca tangencialmente, de modo que el crudo se lanza hacia la pared del calcinador haciendo que se deslice hacia abajo a lo largo de la pared, bajo la acción de la gravedad, mientras que el aire forma un colchón de aire envolvente alrededor de la llama, de modo que el aire se mezcla gradualmente con la suspensión de gases de escape/combustible.

Alternativamente, el aire precalentado procedente del enfriador de clinker y el crudo precalentado procedente del precalentador pueden introducirse por separado en el calcinador. En los casos en los que se aplica este procedimiento, el aire pueden introducirse también axialmente, radialmente o de cualquier otra manera apropiada, mientras que el crudo puede introducirse ventajosamente a través de un orificio de entrada o varios orificios de entrada, dispuestos en un patrón sustancialmente uniforme alrededor de la circunferencia del calcinador.

Para controlar la temperatura de combustión en el calcinador, y por tanto, garantizar un grado satisfactorio de quemado de los combustibles que requieren un periodo de tiempo relativamente largo a altas temperaturas, tales como combustibles que tienen un bajo contenido de constituyentes volátiles, sería ventajoso que el crudo precalentado se introdujese en el calcinador en varias ubicaciones aguas abajo a lo largo de la unidad. Por tanto, se prefiere que el crudo precalentado pueda introducirse en el extremo inferior del calcinador. El crudo introducido en el extremo inferior del calcinador se someterá inmediatamente a calcinación, reduciendo por tanto la temperatura hasta el nivel que se aplica para el proceso de calcinación.

El crudo precalentado procedente del precalentador pueden introducirse además en el calcinador junto con los gases de escape del horno con el fin de provocar, debido a su efecto catalítico, una reducción adicional del nivel de NO_x entre otros al promover la reacción $\text{NO} + \text{CO}$ para dar $\text{N}_2 + \text{CO}_2$. El crudo precalentado que se introduce de esta manera puede introducirse ventajosamente en la corriente de gas de escape del horno inmediatamente después de la descarga de estos gases desde el horno. Como consecuencia de esto, el crudo disminuirá la temperatura de los gases de escape del horno, reduciendo así cualquier problema de aglomeración en el conducto que transporta los gases de escape del horno desde el horno hasta el calcinador. En esta situación, la suspensión de gas de escape/crudo ventajosamente puede introducirse tangencialmente en el extremo superior del calcinador,

de modo que se garantice que el crudo se mantiene cerca de la pared del calcinador. Como resultado, la cantidad de crudo en la parte central de la zona reductora del calcinador será bastante pequeña, y esto significa que puede lograrse una alta temperatura y, por tanto, condiciones ventajosas para la ignición y la reducción de NO_x , incluso cuando se utilizan combustibles que tienen un bajo contenido de constituyentes volátiles.

La instalación para llevar a cabo el método según la invención es del tipo que comprende un precalentador, un calcinador que comprende un extremo superior y un extremo inferior, un horno y un enfriador de clinker posterior, y que se caracteriza porque comprende medios para introducir los gases de escape del horno en el extremo superior del calcinador, medios para introducir combustible en el extremo superior del calcinador, medios para introducir aire precalentado procedente del enfriador de clinker en el calcinador en una ubicación bajo la zona para introducir los gases de escape del horno y el combustible, medios para introducir crudo precalentado en el calcinador en una ubicación bajo la zona para introducir los gases de escape del horno y el combustible, medios para extraer la suspensión de gas de escape/crudo desde el extremo inferior del calcinador y transportarla hasta un medio de separación y medios para transportar el crudo separado hasta el horno.

La invención se explicará con detalles adicionales en lo siguiente haciéndose referencia al dibujo, cuya única figura muestra una instalación para llevar a cabo el método según la invención.

En la figura se muestra una instalación de horno para fabricar clinker de cemento. Esta instalación comprende un precalentador de ciclón, del que sólo se muestra el último ciclón 1 en la figura, un calcinador 3 con un ciclón 4 de separación, un horno 5 giratorio, así como un enfriador 7 de clinker. La instalación también comprende un conducto 9 ascendente de horno para transportar los gases de escape del horno hasta el calcinador 3, y un conducto 11 para transportar aire precalentado desde el enfriador 7 de clinker hasta el calcinador 3. El crudo procedente de una instalación de molienda de crudo no mostrada se precalienta en el precalentador a contracorriente con los gases de escape, tras lo cual se separa del precalentador en el ciclón 1 y se transporta hasta el calcinador 3 en el que se somete a calcinación. Desde la salida de la parte inferior del ciclón 4 de separación, se dirige el crudo calcinado a través de un conducto 8 hasta el horno 5 giratorio en el que se quema para dar clinker de cemento, que se enfría posteriormente en el enfriador 7 de clinker. Los gases de escape procedentes del horno 5 giratorio y el calcinador 3 se extraen del calcinador 3 a través del ciclón 4 y van hacia arriba a través del precalentador por medio de un ventilador 6 representado esquemáticamente.

Según la invención, los gases de escape del horno se introducen en el extremo 3a superior del calcinador 3 o bien simultánea o bien inmediatamente después de que se introduzca al menos la mayor parte del combustible en el calcinador. En la realización mostrada, se introduce el combustible en el calcinador 3 a través de un quemador 13 que se dispone de modo que sobresale axialmente en el interior de la parte superior del calcinador 3, mientras que los gases de escape del horno se introducen a través de un conducto 15 de entrada que descarga tangencialmente en

lado del extremo 3a superior del calcinador. Por tanto, la combustión del combustible que se introduce en el calcinador 3 a través del quemador 13 se inicia en una atmósfera que consiste en los gases de escape del horno con un bajo contenido de oxígeno. Como resultado, se formará una zona reductora en la que el NO_x que se suministra junto con los gases de escape del horno reacciona con el combustible, reduciendo así el nivel de NO_x .

Adicionalmente aguas abajo del calcinador, tras una zona reductora de longitud apropiada, se introduce aire precalentado procedente del enfriador 7 de clinker a través del conducto 11 que descarga tangencialmente en el calcinador 3. Se introduce la parte principal del crudo precalentado procedente del precalentador en el calcinador tal como se muestra en la flecha 17 junto con el aire precalentado procedente del enfriador. Debido al método de introducción tangencial, la suspensión de crudo/aire precalentado fluirá hacia abajo a través de la posterior zona de combustión siguiendo una trayectoria con forma espiral, haciendo que el crudo se lance hacia la pared del calcinador, tras lo cual se desliza hacia abajo a lo largo de esta pared, bajo la acción de la gravedad, mientras el aire precalentado envuelve la llama en la parte central del calcinador, de modo que se mezcla gradualmente con la suspensión de gas de escape/combustible. Como resultado, la cantidad de crudo en la parte central de la zona de combustión del calcinador será bastante pequeña, y esto significa que puede lograrse una alta temperatura y, por tanto, un grado elevado de quemado del combustible, incluso cuando se utilizan combustibles que tienen un bajo contenido de constituyentes volátiles. El crudo que se desliza hacia abajo a lo largo de la pared del calcinador se calcina mediante la acumulación del calor procedente de la zona de combustión central del calcinador, y así sirve como un escudo térmico que protege la pared del calcinador frente a las altas temperaturas que predominan en la zona de combustión.

En el extremo 3b inferior del calcinador, se suspende el crudo en la corriente de gas de escape dirigida hacia abajo, haciendo que el crudo se someta a una calcinación adicional y disminuyendo la temperatura de los gases de escape. La suspensión de gas de escape/crudo se transporta posteriormente a través de una sección 3c de transición hasta el ciclón 4 de separación en el que se separa el crudo de los gases de escape y se transporta hasta el horno 5 giratorio a través de la salida de la parte inferior del ciclón 4.

Para controlar la temperatura en la zona de combustión y para garantizar una reducción simultánea en la temperatura de descarga de los gases de escape desde el calcinador, puede introducirse una pequeña cantidad de crudo precalentado en el extremo 3b inferior del calcinador, tal como se muestra en la flecha 19, o en la sección 3c de transición.

Además, puede introducirse una pequeña cantidad de crudo precalentado procedente del precalentador en la corriente de gas de escape del horno inmediatamente después de que se haya descargado esta última desde el horno 5 giratorio, tal como se muestra en la flecha 21. Este crudo disminuirá entonces la temperatura de los gases de escape del horno, reduciendo así cualquier problema de aglomeración en el conducto 9. Además, debido a su efecto catalítico, este crudo reducirá adicionalmente el nivel de NO_x en el calcinador 3. En este caso, la suspensión de gas de esca-

pe/crudo se introduce tangencialmente en el extremo superior del calcinador, con el fin de mantener el crudo cerca de la pared del calcinador. Como resultado, la cantidad de crudo en la parte central de la zona reductora del calcinador será bastante pequeña, lo que

5

significa que puede lograrse una alta temperatura y, por tanto, condiciones ventajosas para la ignición y la reducción de NO_x, incluso cuando se utilizan combustibles que tienen un bajo contenido de constituyentes volátiles.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Método para fabricar clinker de cemento, método mediante el cual se precalienta crudo de cemento en un precalentador (1), se calcina en un calcinador (3) que comprende un extremo (3a) superior y un extremo (3b) inferior, se quema para dar clinker en un horno (5) y se enfría en un enfriador (7) de clinker posterior, **caracterizado** porque los gases de escape del horno (5) se introducen en el extremo (3a) superior del calcinador, porque se introduce asimismo combustible en el extremo (3a) superior del calcinador, porque se dirige la suspensión de gas de escape/combustible hacia abajo a través del calcinador (3), porque se alimentan en combinación o por separado aire precalentado procedente del enfriador (7) de clinker y crudo precalentado procedente del precalentador (1) en el calcinador (3) en una ubicación bajo la zona en la que se introducen los gases de escape del horno y el combustible, porque se dirige el aire precalentado hacia abajo a través del calcinador (3), mezclándose gradualmente con la suspensión de gas de escape/combustible, porque se dirige el crudo bajo la acción de la gravedad hacia abajo a través del calcinador (3) a lo largo de su pared, estando suspendido en los gases de escape en el extremo (3b) inferior del calcinador, y porque se extrae la suspensión de gas de escape/crudo desde el extremo (3b) inferior del calcinador y se transporta hasta un medio (4) de separación para separar el crudo que se dirige posteriormente hasta el horno (5).

2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los gases de escape del horno se introducen en el extremo (3a) superior del calcinador radialmente, tangencialmente o axialmente.

3. Método según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el combustible se introduce en el extremo (3a) superior del calcinador junto con los gases de escape del horno.

4. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el combustible se introduce por separado en el extremo (3a) superior del calcinador.

5. Método según la reivindicación 4, **caracterizado** porque el combustible se inyecta axialmente desde la parte superior del calcinador (3).

6. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la suspensión mixta de gases de escape del horno y combustible se conduce hacia abajo a través del calcinador (3), generando una llama en su zona central.

7. Método según la reivindicación 1, **caracteriza-**

do porque el aire precalentado procedente del enfriador (7) de clinker y el crudo precalentado procedente del precalentador (1) se introducen en el calcinador como una suspensión combinada de aire/crudo.

8. Método según la reivindicación 7, **caracterizado** porque la suspensión de aire/crudo se introduce tangencialmente de modo que el crudo se lanza hacia la pared del calcinador haciendo que se deslice hacia abajo a lo largo de la pared, bajo la acción de la gravedad, mientras el aire forma un colchón de aire envolvente alrededor de la llama, de modo que el aire se mezcla gradualmente con la suspensión de gases de escape/combustible.

9. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el crudo precalentado se introduce en el calcinador (3) en varias ubicaciones aguas abajo a lo largo de la unidad.

10. Método según la reivindicación 9, **caracterizado** porque el crudo precalentado procedente del precalentador (1) se introduce en el extremo (3b) inferior del calcinador y/o en la sección (3c) de transición.

11. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el crudo precalentado procedente del precalentador (1) se introduce en el calcinador junto con los gases de escape del horno.

12. Método según la reivindicación 11, **caracterizado** porque el crudo precalentado que se introduce de esta manera, se introduce en la corriente de gas de escape del horno inmediatamente después de la descarga de estos gases desde el horno (5).

13. Instalación para llevar a cabo el método según la invención del tipo que comprende un precalentador (1), un calcinador (3) que comprende un extremo (3a) superior y un extremo (3b) inferior, un horno (5) y un enfriador (7) de clinker posterior, y que se **caracteriza** porque comprende medios (15) para introducir los gases de escape del horno en el extremo (3a) superior del calcinador, medios (13) para introducir combustible en el extremo (3a) superior del calcinador, medios (11) para introducir aire precalentado procedente del enfriador (7) de clinker en el calcinador (3) en una ubicación bajo la zona para introducir los gases de escape del horno y el combustible, medios (17) para introducir crudo precalentado en el calcinador (3) en una ubicación bajo la zona para introducir los gases de escape del horno y el combustible, medios (6) para extraer la suspensión de gas de escape/crudo desde el extremo (3b) inferior del calcinador y transportarla hasta un medio (4) de separación y medios (8) para transportar el crudo separado hasta el horno (5).

55

60

65

