

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 067**

51 Int. Cl.:

| | |
|-------------------|-----------|
| C04B 2/10 | (2006.01) |
| F23J 15/02 | (2006.01) |
| F23G 5/02 | (2006.01) |
| F23J 1/00 | (2006.01) |
| F27B 7/20 | (2006.01) |
| C04B 7/36 | (2006.01) |
| C04B 7/43 | (2006.01) |
| F27D 17/00 | (2006.01) |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2009 PCT/IB2009/007818**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.07.2010 WO10073089**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2009 E 09805822 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016 EP 2379468**

54 Título: **Procedimiento para purificar un flujo de humos de combustión de una planta de producción de clínker y equipo relacionado**

30 Prioridad:

23.12.2008 IT MI20082310

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.03.2017

73 Titular/es:

**ITALCEMENTI S.P.A. (100.0%)
Via G. Camozzi, 124
24121 Bergamo, IT**

72 Inventor/es:

**FEDI, ROBERTO;
CLAUSI, ANTONIO y
CINTI, GIOVANNI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 606 067 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 purificar un flujo de humos de combustión de una planta de producción de clínker y equipo relacionado

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para purificar un flujo de humos de combustión de una planta de producción de clínker y el equipo relacionado.

El cemento es un aglomerante hidráulico usado para aglomerar materiales sólidos inertes, como arena y grava, formando de esta forma hormigón y mortero, es decir, los componentes base en la construcción.

A escala industrial, el cemento se hace mezclando y triturando clínker y yeso con sustancias correctoras como cal, escoria y puzolana.

10 En el procedimiento para producir cemento según la que se conoce como tecnología "seca", el clínker se obtiene calcinando a elevada temperatura una mezcla de materias primas que consiste principalmente en cal (carbonato de calcio) y arcilla (sílice, alúmina, óxidos de hierro, así como agua de cristalización). Las materias primas se mezclan en estado sólido en las proporciones deseadas y a continuación se trituran finamente hasta que se obtiene un polvo homogéneo denominado "harina cruda de cemento" (o "mezcla cruda"). En la presente descripción, por "harina cruda" o "mezcla cruda" se quiere decir, por lo tanto, el polvo homogéneo así obtenido utilizado como material inicial para producir clínker.

20 La harina cruda se transforma en un clínker por calcinación a una temperatura de aproximadamente 1.450°C en un horno rotatorio que consiste esencialmente en un cilindro rotatorio inclinado. Durante su tránsito en el horno rotatorio, la harina cruda se calienta hasta temperaturas de aproximadamente 1.450°C. Durante el calentamiento, la harina experimenta en primer lugar una calcinación completa y, a continuación, reacciona formando los silicatos y aluminatos de calcio (reacción de clinkerización) que representan los principales constituyentes del clínker. Más específicamente, durante la reacción de clinkerización se producen una serie de reacciones químicas entre el óxido de calcio, el óxido de silicio, el óxido de aluminio y el óxido de hierro, siendo dichas reacciones estimuladas por la fusión de una parte de las materias primas mismas (óxidos de aluminio y de hierro).

25 La energía necesaria para hacer que la reacción de clinkerización tenga lugar se produce por medio de un quemador colocado en la parte superior del horno rotatorio, en el extremo opuesto con respecto al que se carga la harina. Los combustibles usados generalmente son carbón, coque de petróleo, fueloil, metano, así como combustibles alternativos como, por ejemplo, harinas de carne.

30 La energía térmica se transmite a la harina cruda sometida al tratamiento por irradiación en el área de calcinación en el quemador (temperatura de aproximadamente 2.000°C) y por convección y conducción por medio de los gases de combustión en la parte restante del horno.

Al final del tratamiento de calcinación, el clínker así obtenido se descarga del horno rotatorio y se enfría rápidamente en un refrigerador por aire con el fin de estabilizarlo.

Los procedimientos según el estado de la técnica se representan y discuten con referencia a las siguientes figuras:

- 35
- la figura 1A, que muestra una representación esquemática de una planta de producción de clínker según el estado de la técnica, que comprende un horno rotatorio equipado con un precalentador en suspensión de 4 etapas;
 - la figura 1B, que muestra una representación esquemática de una planta de producción de clínker según el estado de la técnica que comprende un horno rotatorio equipado con un precalentador en suspensión de 5
- 40 etapas y un precalcinador.

En las figuras mencionadas anteriormente las líneas continuas indican los flujos de material sólido, las líneas discontinuas indican los flujos de corrientes gaseosas, mientras que los numerales romanos indican las etapas de los precalentadores en suspensión.

45 En las plantas de producción de clínker conocidas en el estado de la técnica, la harina cruda, antes de ser alimentada en el horno rotatorio, se somete a un precalentamiento y, opcionalmente, a un tratamiento de precalcinación.

50 Una de las técnicas de precalentamiento más ampliamente utilizadas en la actualidad se basa en la utilización del denominado "precalentador en suspensión" o "precalentador de ciclones multietapas" (en la parte siguiente de la presente memoria también denominado solo "precalentador"), que consiste en una torre de ciclones en la que cada etapa de precalentamiento tiene lugar en uno o más ciclones.

En dicho tipo de precalentador, por primer ciclón se entiende el ciclón en el que tiene lugar la primera etapa de precalentamiento y la primera separación entre la harina precalentada y los humos de combustión, por segundo ciclón se entiende el ciclón en el que tiene lugar la segunda etapa de precalentamiento y la segunda separación

entre la harina precalentada y los humos de combustión y los ciclones subsiguientes del precalentador de ciclones multietapas se definen análogamente. En la presente descripción, el primer ciclón del precalentador, igual que los ciclones subsiguientes, deberían siempre ser interpretados según la definición anterior.

5 La primera etapa, a diferencia de las subsiguientes, se configura para minimizar el transporte de polvo por los humos de combustión del horno. A pesar de esto, la concentración de polvo en los humos de combustión que salen del precalentador se mantiene elevada (aproximadamente 50-100 g/Nm³).

10 Las etapas de precalentamiento y precalcación se realizan, respectivamente, en el precalentador 1 y en el precalcador 2 (figuras 1A y 1B). La presencia de estas etapas permite que la harina parcialmente calcinada (30-40%), que ha sido precalentada a una temperatura de aproximadamente 950°C, sea alimentada en el horno rotatorio 3, con un ahorro de energía sustancial en la subsiguiente reacción de clinkerización.

La presencia de la etapa de precalentamiento, opcionalmente acompañada por la etapa de precalcación, también permite utilizar hornos rotatorios de tamaño reducido, reduciendo de esta forma las pérdidas de calor que se producen en dichos hornos y aumentando la eficacia energética total del procedimiento de producción de clínker.

15 En el precalentador, la harina cruda inicial se lleva gradualmente de la temperatura de 40°C a aproximadamente 950°C. El calentamiento se realiza manteniendo la harina en suspensión en un flujo de gases calientes que consisten en los humos de combustión del horno rotatorio y opcionalmente los humos de combustión del precalcador, explotando la gran superficie de intercambio de calor entre la harina y la fase gaseosa.

20 En la etapa de precalentamiento, la cantidad de tiempo en el que la fase sólida (harina) está en contacto con la fase gaseosa (humos de combustión del horno rotatorio) es de fundamental importancia. Con el fin de asegurar un tiempo de contacto óptimo entre la fase sólida y la fase gaseosa, el precalentador en suspensión consiste en una serie de ciclones (de 4 a 6) dispuestos uno sobre otro para formar una torre de altura variable incluso de hasta 130-150 m. Dicho precalentador puede definirse como un precalentador de ciclones multietapas. La primera etapa de precalentamiento, que se produce en la parte superior de la torre, puede realizarse en dos ciclones en paralelo para asegurar una mejor eficacia de separación de la harina y el flujo gaseoso antes de que salga del precalentador.

25 Con referencia a la figura 1A, en el precalentador de ciclones multietapas 1 los humos de combustión del horno rotatorio 3 y que tienen una temperatura de aproximadamente 900-1.000°C pasan a través de los ciclones desde la parte inferior hacia la parte superior (de IV a I). La harina cruda inicial se mezcla con los humos de combustión en el precalentador 1, dentro del que se introduce a través de una entrada 4, dispuesta en la parte superior del precalentador, entre el primer ciclón (I) y el segundo ciclón (II). La harina cruda pasa a través del precalentador hasta la salida en la parte inferior, transportada de un ciclón al siguiente por el flujo de los humos de combustión. En cada ciclón aproximadamente 80% de la fase sólida (harina) se separa de la fase gaseosa (humos de combustión) para a continuación ser introducida una vez más en la fase gaseosa que entra en el ciclón inferior. Por otra parte, la fase gaseosa que contiene la fracción sólida restante (aproximadamente 20% de la harina) fluye hacia el siguiente ciclón superior.

35 En la parte inferior del precalentador 1 se obtiene una harina precalentada que tiene una temperatura de aproximadamente 950°C. Desde la última etapa de precalentamiento en el precalentador de ciclones multietapas, la harina se descarga directamente en el horno rotatorio 3 para la subsiguiente reacción de clinkerización.

40 En las plantas equipadas con un precalcador 2 (figura 1B), la harina precalentada es alimentada desde el precalentador 1 a una cámara de combustión 5 adecuada, equipada con un quemador 6, dentro de la que experimenta un procedimiento de calcinación parcial. La harina precalcada deja el precalcador 2 y es alimentada, junto con los humos de combustión del precalcador 2, en la última etapa (V) del precalentador 1 para a continuación seguir hacia el horno rotatorio 3. Los humos de combustión del precalcador 2 fluyen junto con los del horno rotatorio 3 y ascienden el precalentador 1 hasta la salida superior 7, después del primer ciclón.

45 El flujo gaseoso que sale a través de la salida 7 del precalentador, que comprende los humos de combustión del horno rotatorio 3 y, opcionalmente, los del precalcador 2, tiene una temperatura de aproximadamente 270-360°C.

En las plantas de producción de clínker según el estado de la técnica, antes de ser liberado a la atmósfera, este flujo se usa generalmente en otras etapas en el procedimiento de producción del cemento (por ejemplo, para la trituración y el secado de las materias primas o incluso como aire de combustión en el horno rotatorio o en el precalcador) para recuperar su contenido calorífico.

50 La preparación del clínker en una planta de producción de cemento como la descrita anteriormente genera un volumen enorme de emisiones gaseosas que pueden contaminar potencialmente el medio ambiente.

El flujo gaseoso que sale del precalentador se caracteriza por una elevada concentración de sustancias contaminantes, en particular óxidos de nitrógeno (NO_x) y polvos.

El NO_x procede principalmente de los procesos de combustión que tienen lugar en el horno rotatorio y, opcionalmente, en el precalcinador. Las principales técnicas usadas actualmente para reducir el NO_x en el flujo gaseoso que sale del precalentador son las dos siguientes:

- 5
- Reducción no catalítica selectiva (SNCR) que prevé la reacción del NO_x con un agente reductor (por ejemplo, amoníaco o urea) en el área de alta temperatura del precalentador;
 - Reducción catalítica selectiva (SCR) que prevé la reacción del NO_x con NH₃ como agente reductor en presencia de un catalizador.

La técnica de SNCR es eficaz si se usa en un flujo gaseoso que tenga una temperatura de 800-900°C y permite reducir la mayor parte del NO_x presente.

- 10
- La aplicación de la técnica de SCR, utilizada solo recientemente en el campo de la producción de energía eléctrica y en fase de desarrollo en el campo del cemento, permite obtener rendimientos de reducción muy altos (por encima de 90%). La técnica de SCR es eficaz si se usa en un flujo gaseoso que tenga una temperatura entre aproximadamente 300 y 400°C.

- 15
- Considerando este intervalo de temperatura óptimo para la reducción del NO_x, el dispositivo de SCR se instala en las plantas de producción del clínker inmediatamente posterior al precalentador con respecto a la dirección del flujo de los humos de combustión.

A la salida del precalentador, después de la etapa del primer ciclón, los humos de combustión están a una temperatura de aproximadamente 270-360°C y contienen grandes cantidades de NO_x (> 1 g/Nm³) y de polvo (50-100 g/Nm³).

- 20
- Dicha técnica de reducción del NO_x aplicada a las plantas de producción de clínker se denomina generalmente en la bibliografía con el término "SCR de alto contenido en polvo" ya que la reducción del NO_x se realiza en un efluente gaseoso sin que se haya eliminado el polvo.

- 25
- La aplicación de esta técnica tiene varios inconvenientes relacionados principalmente con la presencia de grandes cantidades de polvo en los humos de combustión que salen del precalentador. El polvo, que se deposita sobre la superficie del catalizador, disminuye la eficacia del sistema de reducción SCR, aumentando al mismo tiempo la resistencia al paso del flujo gaseoso y por lo tanto el consumo de energía unido a su movimiento.

- 30
- La presencia de polvo en el efluente gaseoso tratado también significa un elevado consumo de energía asociado con la necesidad de limpiar el catalizador con aire comprimido, así como la reducción de la vida útil del catalizador debida a la acción abrasiva que el polvo produce sobre la superficie del lecho catalítico. La elevada presencia de polvo está unida esencialmente a la limitada eficacia de eliminación del polvo de los ciclones que constituyen el precalentador. Aunque están diseñados para maximizar la eficacia de la separación, los ciclones solo son capaces de separar eficazmente el polvo más pesado.

- 35
- Un segundo inconveniente de la técnica de SCR de alto contenido en polvo está representado por el hecho de que en los humos de combustión que salen del precalentador también hay cenizas generadas por la combustión en los quemadores del horno rotatorio y del precalcinador de combustibles alternativos como, por ejemplo, harinas de carne. La presencia de cenizas (que contienen fosfatos) hace que el catalizador se envenene y su eficacia en la reducción del NO_x se reduzca consecuentemente.

Algunas veces en los humos hay óxidos de azufre, principalmente en forma de SO₂, dependiendo del contenido de azufre de las materias primas utilizadas.

- 40
- La reducción del SO₂ en estos casos se puede realizar por medio de la inyección de compuestos basados en óxido de calcio y/o hidróxido de calcio en los humos de combustión, con la consiguiente formación de sulfato de calcio, siendo capaz dicho sulfato de calcio de ser ventajosamente reciclado en el procedimiento de producción de clínker. La eficacia de la reducción de los óxidos de azufre en fase gaseosa según la técnica mencionada anteriormente también está limitada por la presencia en los humos de elevadas concentraciones de polvo, que hacen casi imposible reciclar la cal que no ha reaccionado.
- 45

- 50
- Una alternativa a la técnica de purificación de SCR de alto contenido en polvo descrita anteriormente es la técnica de "SCR de bajo contenido en polvo". Esta técnica prevé la reducción del NO_x por medio de SCR en los humos de combustión de los que ya se ha eliminado el polvo por medio de filtración. La filtración de los humos de combustión reduce esencialmente el contenido en polvo a valores de aproximadamente 5-10 g/Nm³, evitando la obstrucción del catalizador y los consiguientes problemas de control del procedimiento de reducción catalítica selectiva del NO_x.

En las plantas que adoptan la técnica de SCR de bajo contenido en polvo, la reducción del NO_x se realiza como una técnica en el punto de descarga, es decir como la última etapa de tratamiento de los humos de combustión antes de que sean liberados a la atmósfera.

5 Generalmente se considera que la aplicación en el punto de descarga es la única vía posible de usar la técnica de SCR de bajo contenido en polvo en las plantas de producción de clínker. Ciertamente, en casi todas estas plantas la técnica para eliminar polvo de los humos de combustión que se usa es la filtración en filtros textiles, siendo estos los únicos dispositivos capaces de asegurar los bajos niveles de emisión de polvo establecidos por los estándares medioambientales actuales.

10 Sin embargo, los filtros textiles solo pueden operar en un intervalo de temperaturas limitado. Aunque varía con el tipo de tejido utilizado, la temperatura de operación nunca supera 250°C. El uso de la técnica de SCR de bajo contenido en polvo, por lo tanto, requiere la instalación de sistemas adecuados para reducir la temperatura de los efluentes gaseosos que deben ser filtrados (por ejemplo, torres de acondicionamiento, intercambiadores de calor, inserción de aire diluyente) con el consiguiente aumento en los costes de inversión para las plantas y en el consumo de energía global del procedimiento de purificación de los humos de combustión.

15 Además, como la etapa de reducción catalítica selectiva, que sigue a la filtración del polvo, requiere que la temperatura del efluente gaseoso tratado esté en el intervalo de 300-400°C con el fin de realizar la reducción eficaz del NO_x, es necesario calentar los humos de combustión sin polvo antes de alimentarlo en el reductor SCR. Esto significa, por supuesto, un aumento adicional del consumo de energía del procedimiento de purificación.

Todos estos inconvenientes han evitado hasta ahora la aplicación de una técnica prometedora como la SCR de bajo contenido de polvo en el campo de la purificación de los humos de combustión de las plantas de producción de clínker.

20 El documento JP 53040012 describe un procedimiento para purificar un flujo de gas residual de una planta de producción de clínker que comprende las siguientes etapas de operación: a) eliminar polvo a una temperatura de 350°C de un flujo de gas residual que sale de un precalentador con formación de un flujo de gas residual sin polvo; b) realizar sobre dicho flujo de gas residual sin polvo un tratamiento de reducción catalítica selectiva del NO_x con amoníaco como agente reductor, con formación de un flujo purificado de gas residual (2-4 g/Nm³); c) el calor que permanece en el gas purificado puede ser usado para secar las materias primas. Adicionalmente se describe un dispositivo para realizar un procedimiento de purificación de un flujo de gas residual de una planta de producción de clínker que comprende: i) medios (ciclón) para eliminar polvo a una temperatura de 350°C de un flujo de gas residual que sale de un precalentador con formación de un flujo de gas residual sin polvo; ii) medios (dispositivo de tipo de lecho fluidizado relleno con pellets catalíticos intercambiables de W, V, Cr, Mo, Fe, Cu, Mn) para realizar un tratamiento de reducción catalítica selectiva del NO_x con amoníaco NH₃ como agente reductor en dicho flujo de gas residual sin polvo, con formación de un flujo purificado de gas residual; iii) opcionalmente, existe una conexión entre el dispositivo de lecho fluidizado y el secador con el fin de permitir la introducción del gas de residual todavía caliente a 350°C en los medios de secado de las materias primas; después de este intercambio de calor entre el gas caliente y las materias primas, el gas residual se descarga a la atmósfera a través de una chimenea.

El objetivo de la presente invención es superar los inconvenientes destacados en el estado de la técnica.

35 Por lo tanto, un primer objetivo de la presente invención es un procedimiento para purificar un flujo de humos de combustión de una planta de producción de clínker que comprende las siguientes etapas de operación:

- 40 a) eliminar polvo a una temperatura comprendida entre 250 y 400°C de un flujo de humos de combustión que sale de un precalentador en suspensión con formación de un flujo de humos de combustión sin polvo;
- b) realizar en dicho flujo de humos de combustión sin polvo un tratamiento de reducción catalítica selectiva del NO_x con agente reductor, con formación de un flujo purificado de humos de combustión;
- c) someter el flujo purificado de humos de combustión a tratamientos de eliminación de contaminantes adicionales y/o a recuperación del calor,

45 donde la etapa c) comprende un tratamiento de disminución de los óxidos de azufre presentes en el flujo purificado de humos de combustión, en particular SO₂, preferiblemente por medio de inyección en dicho flujo purificado de humos de combustión de compuestos basados en óxido de calcio y/o hidróxido de calcio y/o una recuperación del calor del flujo purificado de humos de combustión por medio de al menos un intercambiador de calor y/o una torre de acondicionamiento.

50 Un segundo objetivo de la presente invención es un dispositivo para realizar un procedimiento de purificación de un flujo de humos de combustión de una planta de producción de clínker que comprende:

- 55 i. medios para eliminar polvo a una temperatura comprendida entre 300 y 400°C de un flujo de humos de combustión que sale de un precalentador en suspensión con formación de un flujo de humos de combustión sin polvo,
- ii. medios para realizar un tratamiento de reducción catalítica selectiva del NO_x con un agente reductor en un flujo de humos de combustión sin polvo, con formación de un flujo purificado de humos de combustión, estando conectados dichos medios para realizar dicho tratamiento a los medios de eliminación de polvo del

5 que reciben un flujo de humos de combustión sin polvo, y comprendiendo además medios para eliminar contaminantes adicionales de un flujo purificado de humos de combustión y/o medios para recuperar su calor, donde los medios para eliminar contaminantes adicionales de un flujo purificado de humos de combustión comprenden un dispositivo de disminución del óxido de azufre, en particular SO₂, preferiblemente un dispositivo para la inyección en dichos humos de compuestos basados en óxido de calcio y/o hidróxido de calcio y los medios para recuperar el calor contenido en un flujo purificado de humos de combustión comprenden un intercambiador de calor y/o una torre de acondicionamiento.

10 Para los objetivos de la presente invención, por el término “humos de combustión” se entiende el flujo gaseoso usado dentro de un precalentador en suspensión para precalentar la harina cruda, comprendiendo dicho flujo gaseoso los humos de combustión que salen de un horno de calcinación del clínker y, opcionalmente, los humos de combustión que salen de un precalcinador, si está presente.

Un modo de realización preferido del procedimiento y el dispositivo según la presente invención se representa esquemáticamente en la figura 2 adjunta.

15 En la figura 2 también las líneas continuas indican el flujo del material sólido, las líneas discontinuas indican los flujos de corrientes gaseosas, mientras que los numerales romanos indican los ciclones del precalentador en suspensión.

En el modo de realización del procedimiento ilustrado en la figura 2, un flujo de humos de combustión 11, de un horno rotatorio 8, fluye desde la parte inferior hacia la parte superior en un precalentador de ciclones multietapas 9 hasta una salida 12 dispuesta en la parte superior del precalentador 9.

20 La harina cruda inicial 13 se introduce en el precalentador 9 a través de una entrada 18 dispuesta entre el primer ciclón (I) y el segundo ciclón (II). En el precalentador 9, la harina cruda 13 se mezcla con los humos de combustión 11 permaneciendo en suspensión en la fase gaseosa y, al mismo tiempo, calentándose. La harina cruda 13 pasa a través del precalentador 9 desde la parte superior hacia la parte inferior, en la dirección opuesta con respecto al flujo ascendente del flujo de humos de combustión 11. Al final del precalentamiento, la harina cruda precalentada 14, que está a una temperatura de aproximadamente 950°C, se descarga desde la parte inferior del precalentador 9 en el horno rotatorio 8 en el que se somete a la subsiguiente reacción de clinkerización.

25 El flujo de los humos de combustión 11 que sale por la salida 12 del precalentador 9 se alimenta en la etapa a) del procedimiento según la presente invención. En la etapa a), el flujo 11 se somete a la eliminación del polvo a una temperatura entre 250 y 400°C, preferiblemente entre 270 y 360°C. Estos intervalos de temperatura son los que se encuentran generalmente para un flujo de humos de combustión que salen de la parte superior de un precalentador en suspensión de ciclones de 4-6 etapas.

30 En el modo de realización ilustrado en la figura 2, la eliminación del polvo del flujo de humos de combustión 11 que sale del precalentador 9 se realiza con la técnica de precipitación electrostática. Para este objetivo, el dispositivo según la presente invención comprende un electrofiltro 10. El electrofiltro 10 permite que el flujo de humos de combustión 11 a una temperatura elevada (250-400°C) sea liberado del polvo, evitando de esta forma las operaciones de enfriamiento del flujo gaseoso que son, sin embargo, esenciales en el caso de la filtración con filtros textiles.

35 Para los objetivos de la presente invención, en lugar de precipitación electrostática, es posible usar cualquier otra técnica de filtración que sea adecuada para eliminar polvo de los humos de combustión que salen del precalentador a las mismas temperaturas de operación que un electrofiltro.

En la etapa a) del procedimiento según la presente invención, se forman un flujo de humos de combustión sin polvo 15 y un residuo de polvo 16 que comprende esencialmente la harina cruda parcialmente precalentada. La harina cruda así recuperada puede ser reciclada en el procedimiento de producción de clínker, por ejemplo, introduciéndola una vez más en el precalentador 9 a través de la entrada 18.

40 Independientemente de los medios usados para realizar la etapa a), la eliminación del polvo del flujo de humos de combustión 11 en la etapa a) reduce la concentración de polvo en el flujo de humos de combustión sin polvo 15 hasta un valor por debajo de 15 g/Nm³, más preferiblemente por debajo de 10 g/Nm³, incluso más preferiblemente por debajo de 5 g/Nm³.

45 En la etapa subsiguiente b) del procedimiento según la presente invención, se realiza un tratamiento de reducción catalítica selectiva (SCR) sobre el flujo de humos de combustión sin polvo 15 por medio de agentes reductores (por ejemplo, amoníaco). El tratamiento de SCR se puede realizar por medio de un dispositivo de reducción catalítica selectiva adecuado (dispositivo de SCR 20 en la figura 2), según los métodos conocidos en el estado de la técnica. El agente reductor puede ser alimentado en el flujo gaseoso dentro del dispositivo de SCR. Alternativamente, el amoníaco posiblemente presente en el mismo flujo de humos de combustión sometido al tratamiento de SCR puede ser utilizado como agente reductor. Este amoníaco procede del tratamiento térmico de las materias primas alimentadas en el precalentador y es transportado por los humos de combustión a través del electrofiltro hasta el

catalizador del dispositivo de SCR. Si la cantidad de amoniaco que procede de las materias primas no es suficiente, es posible alimentar una cantidad adicional de amoniaco u otro agente reductor en el flujo gaseoso.

Durante el tratamiento de SCR de la etapa b), el NO_x se convierte en N_2 y vapor. Desde el reductor 20 al final de la etapa b), sale un flujo purificado de humos de combustión 17, esencialmente libre de polvo y de NO_x .

- 5 El procedimiento según la presente invención también comprende una etapa adicional c) que consiste en someter al flujo purificado de humos de combustión 17 que sale del reductor SCR 20 a uno o más tratamientos para eliminar contaminantes adicionales y/o a una recuperación de calor.

Para este objetivo, el dispositivo objetivo de la presente invención prevé la presencia de medios de tratamiento adecuados para purificar los contaminantes y/o medios de recuperación de calor.

- 10 Un primer tratamiento de purificación al que es posible someter al flujo purificado de humos de combustión 17 es un procedimiento de reducción de los óxidos de azufre (desulfuración), en particular para reducir el SO_2 . Preferiblemente, este procedimiento prevé la inyección de compuestos basados en óxido de calcio y/o hidróxido de calcio en el flujo de humos de combustión purificados 17, por medio de un dispositivo de inyección adecuado. El procedimiento de desulfuración mencionado anteriormente (no mostrado en la figura 2), puede ser realizado sin distinción antes o después de haber sometido al flujo purificado de humos de combustión 17 a una etapa de recuperación de calor.

- 15 Con el fin de recuperar el calor del flujo de humos de combustión que sale del reductor SCR 20, el flujo 17 puede ser alimentado en otras etapas del procedimiento de producción de clínker o, de forma más general, en otras etapas del procedimiento de producción de cemento (por ejemplo, en la trituración y secado de las materias primas o incluso como aire de combustión en el horno rotatorio y/o en el precalcinador).

Alternativamente, el calor residual de los humos de combustión purificados 17 se puede recuperar usando medios de recuperación de calor adecuados. Para este objetivo, el dispositivo según la presente invención puede comprender, por ejemplo, un intercambiador de calor del tipo aire/aire, aire/aceite diatérmico, aire/vapor de agua o incluso una torre de acondicionamiento operada por agua (torre de acondicionamiento 18 en la figura 2).

- 25 El procedimiento según la presente invención también puede ser aplicado en plantas de producción de clínker equipadas con un precalcinador. En este caso, los humos de combustión del horno rotatorio se alimentan en el precalcinador y de aquí, junto con los humos de combustión del precalcinador, en el precalentador en suspensión 9.

El procedimiento y el dispositivo según la presente invención pueden ser aplicados tanto a plantas de producción de clínker existentes como a nuevas plantas.

- 30 El procedimiento según la presente invención y el dispositivo relacionado tienen varias ventajas con respecto a los procedimientos y dispositivos conocidos en el estado de la técnica.

En primer lugar, el procedimiento según la presente invención hace posible aplicar efectivamente la técnica de SCR de bajo contenido en polvo para purificar los humos de combustión de un procedimiento de producción de clínker, evitando los inconvenientes señalados en el estado de la técnica.

- 35 La planta y el procedimiento según la presente invención, realizando la eliminación a alta temperatura del polvo de los humos de combustión que salen del precalentador, permite que un efluente gaseoso sin polvo sea sometido al tratamiento subsiguiente de purificación del NO_x y, opcionalmente de otros contaminantes, con una serie de ventajas importantes.

- 40 El bajo contenido en polvo en los humos de combustión sometidos al tratamiento de reducción catalítica selectiva del NO_x hace posible:

- obtener eficacias elevadas de la reducción del NO_x y al mismo tiempo mejorar la fiabilidad y la continuidad de operación del reductor SCR;
- disminuir las intervenciones de mantenimiento del sistema de SCR debidas a la obstrucción del catalizador, envenenamiento, etc.;
- 45 - reducir la ocurrencia de pérdida de carga del flujo de humos de combustión que pasa a través del catalizador y, por lo tanto, el consumo de energía relacionado con su movimiento;
- reducir esencialmente el consumo de aire comprimido necesario para limpiar el catalizador;
- aumentar la vida útil del catalizador después de la acción abrasiva reducida del polvo;
- utilizar un catalizador de menor tamaño, con la consiguiente disminución del tamaño y costes del sistema de SCR;
- 50 - reducir esencialmente los problemas típicos de ensuciamiento de los intercambiadores de calor, en el caso en el que se utilicen estos dispositivos para recuperar la energía térmica residual de los humos de combustión que salen del tratamiento de SCR.

Además, en caso de que se usen combustibles alternativos en el procedimiento de producción de clínker, el electrofiltro asegura la reducción de las posibles cenizas producidas (que generalmente contienen fosfatos) que pueden hacer que el catalizador se envenene. Una ventaja adicional de la presente invención es, por lo tanto, hacer que el uso de la tecnología de SCR sea compatible con el uso de cualquier tipo de combustibles alternativos.

- 5 El siguiente modo de realización ejemplo se proporciona únicamente con el objetivo de ilustrar la presente invención y no debería ser considerado como límite del alcance de la protección definida por las reivindicaciones adjuntas.

Ejemplo 1

Se evaluó un dispositivo según la presente invención que comprende un precalentador en suspensión de ciclones con 4 etapas, un electrofiltro y un sistema de reducción del NO_x.

- 10 Se sometió a un flujo de humos de combustión de un precalentador en suspensión, y que tenía una temperatura de 350°C y una concentración de polvo de aproximadamente 70 g/Nm³, a la eliminación de polvo en un electrofiltro que operaba a la misma temperatura. El flujo de humos de combustión sin polvo a la salida del electrofiltro tenía una concentración de polvo de aproximadamente 5 g/Nm³.

- 15 Los humos de combustión purificados que salían del electrofiltro se sometieron a un tratamiento de reducción catalítica selectiva en un dispositivo de SCR. La reducción catalítica selectiva se realizó a una temperatura de aproximadamente 320°C, en presencia de NH₃ como agente reductor (100-150 mg/Nm³, valor que se refiere a los humos anhidros y a 10% en volumen de O₂). El amoníaco estaba presente en los humos de combustión, ya que procede de las materias primas.

- 20 Los humos de combustión purificados que salían del electrofiltro y se alimentaron en el dispositivo de SCR tenían una concentración de polvo (harina) de aproximadamente 5 g/Nm³ y una temperatura de aproximadamente 350°C. En los humos de combustión también había una elevada concentración de SO₂ (100-200 mg/Nm³, valor que se refiere a los humos anhidros y a 10% en volumen de O₂).

- 25 En el ensayo de la eficacia de la reducción del NO_x, se evaluaron el consumo de energía eléctrica para la limpieza con aire comprimido del catalizador, las pérdidas de carga producidas por la obstrucción del catalizador, cuánto duraba el catalizador y la ocurrencia de problemas de operación del horno rotatorio.

Los resultados obtenidos en el ensayo del dispositivo mencionado anteriormente (indicado en la tabla 1 como "dispositivo de la presente invención") se muestran en la tabla 1 siguiente junto con los datos relativos a un tratamiento de SCR de los humos de combustión de una planta de producción de clínker de tipo convencional (indicado en la tabla 1 como "dispositivo convencional").

- 30 En el dispositivo convencional, los humos de combustión sometidos al tratamiento de SCR provenían de un precalentador en suspensión de ciclones con 5 etapas y tenían una temperatura de aproximadamente 310°C. La concentración de polvo en los humos tratados en el sistema de SCR era mayor de 70 g/Nm³. En los humos de combustión del dispositivo convencional también había pequeñas concentraciones de NH₃ y SO₂ procedentes de las materias primas. Entonces se añadió NH₃ adicional al flujo gaseoso tratado para realizar el procedimiento de SCR en condiciones tan cercanas como fuera posible a las del dispositivo según la presente invención.
- 35

Tabla 1

| Parámetro | Unidad | Dispositivo de la presente invención | Dispositivo convencional |
|---|--------------------------|--------------------------------------|---|
| Temperatura | °C | 320 | 310 |
| Eficacia de la reducción del NO _x | % | 99 | > 90 |
| Sistema de limpieza | kWh/t _{clínker} | 0,2 (discontinuo) | 2 (continuo) |
| Vida del catalizador | ----- | > 5 años | 3-5 años |
| Interrupciones de operación del horno rotatorio | ----- | Ninguna | Frecuente |
| Pérdidas de carga | ----- | Como previsto | Aumentando progresivamente debido a la obstrucción del lecho catalítico |

Los resultados de la tabla 1 demuestran como el dispositivo y el procedimiento objeto de la presente invención permiten que la eficacia del sistema de tratamiento de SCR también sea mejorada con respecto a un tratamiento análogo incluido en una planta de producción de clínker convencional.

Los resultados también muestran como el dispositivo de la presente invención se caracteriza por una regularidad de operación excelente y por un bajo consumo de energía asociado con la limpieza del catalizador.

Finalmente, merece la pena señalar que una modesta eliminación del polvo de los humos de combustión por medio de un electrofiltro (hasta concentraciones del orden de un gramo) es suficiente para obtener un aumento sustancial en la eficacia del dispositivo de SCR.

5

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para purificar un flujo de humos de combustión de una planta de producción de clínker que comprende las siguientes etapas de operación:
- 5 a) eliminar polvo a una temperatura comprendida entre 250 y 400°C de un flujo de humos de combustión que sale de un precalentador en suspensión con formación de un flujo de humos de combustión sin polvo;
- b) realizar sobre dicho flujo de humos de combustión sin polvo un tratamiento de reducción catalítica selectiva del NO_x con un agente reductor, con formación de un flujo purificado de humos de combustión;
- c) someter el flujo purificado de humos de combustión a tratamientos de eliminación de contaminantes adicionales y/o a recuperación del calor,
- 10 donde la etapa c) comprende un tratamiento de disminución de los óxidos de azufre presentes en el flujo purificado de humos de combustión, en particular SO₂, preferiblemente por medio de inyección en dicho flujo purificado de humos de combustión de compuestos basados en óxido de calcio y/o hidróxido de calcio y/o una recuperación del calor del flujo purificado de humos de combustión por medio de menos un intercambiador de calor y/o una torre de acondicionamiento.
- 15 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa a) se realiza a una temperatura comprendida en el intervalo de 270-360°C.
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la eliminación de polvo en la etapa a) reduce la concentración de polvo en el flujo de humos de combustión sin polvo hasta un valor inferior a 15 g/Nm³, preferiblemente inferior a 10 g/Nm³, todavía más preferiblemente inferior a 5 g/Nm³.
- 20 4.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones previas, en el que la eliminación de polvo en la etapa a) se realiza por medio de precipitación electrostática.
- 5.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones previas, en el que el agente reductor en el tratamiento de reducción catalítica selectiva es el amoníaco.
- 25 6.- Dispositivo para realizar un procedimiento de purificación de un flujo de humos de combustión de una planta de producción de clínker que comprende:
- i. medios para eliminar polvo a una temperatura comprendida entre 250 y 400°C de un flujo de humos de combustión que sale de un precalentador en suspensión con formación de un flujo de humos de combustión sin polvo;
- 30 ii. medios para realizar un tratamiento de reducción catalítica selectiva del NO_x con un agente reductor en un flujo de humos de combustión sin polvo, con formación de un flujo purificado de humos de combustión, estando conectados dichos medios para realizar dicho tratamiento con los medios de eliminación de polvo de los que reciben un flujo de humos de combustión sin polvo, y en el que comprende además medios para eliminar contaminantes adicionales de un flujo purificado de humos de combustión y/o medios para recuperar su calor, donde los medios para eliminar contaminantes adicionales de un flujo purificado de
- 35 humos de combustión comprenden un dispositivo para disminuir el óxido de azufre, en particular SO₂, preferiblemente un dispositivo para la inyección en dichos humos de compuestos basados en óxido de calcio y/o hidróxido de calcio y los medios para recuperar el calor contenido en un flujo purificado de humos de combustión comprenden un intercambiador de calor y/o una torre de acondicionamiento.
- 40 7.- Dispositivo según la reivindicación 6, en el que los medios para eliminación de polvo comprenden un precipitador electrostático.



