

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 980**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/58** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2016** E 16190657 (3)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019** EP 3299080

54 Título: **Método para controlar el contenido de amoníaco en gases de escape de cemento y plantas de cemento con emisión controlada de amoníaco**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.06.2020**

73 Titular/es:

**HEIDELBERGCEMENT AG (100.0%)**  
**Berliner Strasse 6**  
**69120 Heidelberg, DE**

72 Inventor/es:

**MAJCHROWICZ, MAREK y**  
**CAMBIER, PIERRE-OLIVIER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 764 980 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 para controlar el contenido de amoníaco en gases de escape de cemento y plantas de cemento con emisión controlada de amoníaco

5 La presente invención se refiere a un método para controlar el contenido de amoníaco en gases de escape de una planta de cemento y a una planta con emisión controlada de amoníaco.

10 Las restricciones cada vez mayores sobre el contenido de sustancias dañinas en los gases de escape son una dificultad para la industria cementera. Entre las sustancias que no deben estar presentes en exceso de límites fijos en los gases de escape emitidos desde la planta están los metales pesados, los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y los óxidos de azufre. Existe una multitud de propuestas para su control y están en uso.

15 Para otras sustancias, los límites se han disminuido recientemente, por ejemplo, para amoníaco. El amoníaco está contenido a menudo en materias primas y combustibles por un lado y también puede añadirse para reducir el NO<sub>x</sub> por otro. El amoníaco se reduce de forma inherente en el proceso por absorción en componentes alcalinos de la harina cruda y por quemado en NO<sub>x</sub> en el calcinador y en la entrada del horno. Pero estos procesos no podrían eliminar el amoníaco suficientemente cuando hay altas cantidades de amoníaco presentes. Además, la emisión de amoníaco llega a ser especialmente problemática cuando la fase de molienda de la harina cruda no es activa, porque entonces el gas de combustión del precalentador/calcinador no pasa a través del molino que constituye la zona principal de absorción de amoníaco en los componentes alcalinos en la harina cruda.

20 El problema es más agudo con cemento de sulfoaluminato de calcio (C\$A) que con cemento Portland (OPC), porque C\$A puede incorporar más materias primas alternativas. Algunas de estas materias primas alternativas contienen cantidades sustanciales de amoníaco o compuestos de amoníaco. El amoníaco presente en las materias primas se evapora durante la molienda de la materia prima y el quemado de la harina cruda. Una cantidad importante del amoníaco puede permanecer sin quemar. Por encima de una determinada cantidad de amoníaco en el gas de combustión, su emisión puede violar los límites de emisión locales y, por tanto, tiene que reducirse hasta por debajo de los límites localmente válidos.

30 Los límites difíciles, es decir, muy bajos, para el amoníaco son relativamente nuevos, de modo que no hay muchas soluciones para controlarlos en los gases de combustión de las plantas cementeras. Las propuestas que se han hecho se refieren a un control de la filtración de amoníaco a partir de la eliminación de NO<sub>x</sub>. La mayoría prevén una regulación estricta de la cantidad de amoníaco añadido para el control de NO<sub>x</sub>, véase, por ejemplo, el documento US 5 510 092 A o el documento DE 43 13 479 C1. El documento US 2009/0252665 A1 describe un control de la filtración de amoníaco a partir de una reducción no catalítica de NO<sub>x</sub> añadiendo una oxidación catalítica del amoníaco en calderas de combustibles fósiles. La solicitud publicada anterior EP 15001227.6 (EP 3 085 431 A1) no propone una reducción catalítica de NO<sub>x</sub> del gas de combustión del horno antes de entrar en el precalentador usando un exceso adecuado de amoníaco combinado con una combinación de una oxidación catalítica del amoníaco y un acondicionamiento del gas en el gas de combustión del precalentador/calcinador. Sin embargo, la instalación de fases catalíticas significa altos costes de inversión. El documento US 5 137 704 A divulga el mantenimiento de un excedente de amoníaco en el gas de combustión de una planta cementera para asegurar una desnitrificación eficaz y después reducir el contenido de amoníaco por reacción con el NO<sub>x</sub> residual y los productos de desulfuración, formando de ese modo sólidos que contienen NH<sub>3</sub> que se separan del gas para proporcionar un gas de combustión con un nivel reducido de amoníaco. El estricto control del amoníaco añadido carece de sentido cuando el amoníaco se introduce por las materias primas. Por tanto, aún hay una necesidad de un método simple para controlar el amoníaco que también cubra el amoníaco llevado al sistema con las materias primas.

50 Sorprendentemente, ahora se ha descubierto que el amoníaco en el gas de combustión del horno puede capturarse de forma eficaz por el dióxido de azufre, por lo que el sulfato de amonio formado se separa del gas de combustión de la planta en el filtro para la retención del polvo posterior, de donde puede devolverse al precalentador/calcinador o directamente al horno o usarse de cualquier otra manera.

55 Se conoce bien la adición de amoníaco para capturar óxidos de azufre, véase, por ejemplo, H. Bai et al., "SO<sub>2</sub> removal by NH<sub>3</sub> gas injection ...", Ind. Eng. Chem. Res. 1994, 33, 1231-1236 y el documento DE 10 2013 008 756 A1. En principio, también se sabe que los productos formados sulfato de amonio, sulfito de amonio y otros componentes de azufre de amonio se depositarán como sólidos cuando la temperatura del gas caiga por debajo de un determinado límite. Sin embargo, hasta ahora no se había contemplado hacer uso de esta reacción para controlar el amoníaco. Parece posible que el amoníaco se haya considerado siempre el mal menor en comparación con SO<sub>2</sub>.

60 Por tanto, el problema anterior se resuelve mediante un método de control del contenido de amoníaco en un gas de combustión de una planta de fabricación de cemento, en la que el gas de combustión producido durante el sinterizado de una harina cruda para formar un clínker de cemento de pasa a una fase de acondicionado en que se ajusta una cantidad de SO<sub>2</sub> que es suficiente para reducir el amoníaco al nivel deseado. De este modo, el amoníaco que se introduce mediante la harina cruda y el amoníaco añadido para disminuir el NO<sub>x</sub> en una fase de reducción catalítica selectiva (SCR) y/o una fase de reducción no catalítica selectiva (SNCR) puede capturarse y controlarse su

5 contenido. El objeto se resuelve además mediante una planta de fabricación de cemento que comprende un molino de materia prima para moler una materia prima para proporcionar una harina cruda, un precalentador o un precalentador/calcinador para precalentar o precalentar y calcinar la harina cruda, un horno para sinterizar la harina cruda en un clínker, un enfriador para enfriar el clínker y un filtro de extracción de polvo para separar una corriente gaseosa del precalentador y/o el molino de materia prima en un polvo sólido y un gas de combustión, caracterizado por que una unidad de acondicionado que recibe una cantidad ajustada de SO<sub>2</sub> y equipada con un dispositivo para medir el contenido de amoníaco y SO<sub>2</sub> en la corriente gaseosa del precalentador y/o el molino de materia prima está dispuesto antes del filtro de extracción de polvo o está integrado con el filtro de extracción de polvo.

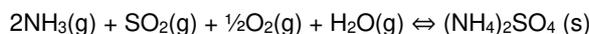
10 De forma ideal, la cantidad de SO<sub>2</sub> ajustada en la unidad de acondicionado coincide con la cantidad requerida para la reacción con la cantidad de amoníaco en la corriente gaseosa. Es decir, están presentes cantidades aproximadamente estequiométricas de amoníaco y SO<sub>2</sub> en la unidad de acondicionado. Por tanto, las relaciones preferidas de SO<sub>2</sub> a amoníaco son de 1:2,5 a 1:1,5, más preferiblemente de 1:2,2 a 1:1,8 y especialmente preferidas de 1:2,1 a 1:1,9.

15 Cuando el contenido de SO<sub>2</sub> excede la cantidad necesaria para la reacción con amoníaco, el SO<sub>2</sub> en el gas de combustión puede disminuirse con los métodos conocidos *per se*, por ejemplo, depuración húmeda, hasta por debajo de la cantidad máxima permitida.

20 Los compuestos de azufre de amonio formados se capturan en el filtro de polvo como material sólido. Pueden reciclarse ventajosamente en la harina cruda que entra en el precalentador/calcinador y/o el horno o reciclarse en los quemadores junto con los combustibles principales. De este modo, devuelven de nuevo el azufre al proceso.

25 La adición de compuestos de azufre de amonio al precalentador/calcinador también puede disminuir el NO<sub>x</sub> mediante SNCR en regiones con la temperatura apropiada para ese proceso. De lo contrario, el amoníaco liberado de los compuestos de azufre de amonio es propenso a quemarse en NO<sub>x</sub> en el horno y se eliminará del gas de combustión junto con cualquier NO<sub>x</sub> formado a partir del nitrógeno del aire de la combustión y otras fuentes con otros métodos conocidos tal cual, típicamente SNCR o SCR.

30 La invención se basa en los mismos principios que la depuración húmeda de SO<sub>2</sub> o de sulfuración en seco y puede resumirse como:



35 en el que g indica gas y s indica sólido. Los compuestos de azufre de amonio a menudo se denominan sulfato de amonio en este documento por conveniencia, estando claro que los compuestos realmente formados también pueden tener sulfato de hidrógeno, sulfito, sulfato de hidrógeno y otros aniones de azufre como el anión y pueden contener cantidades variables de agua, véase Bai et al., "SO<sub>2</sub> Removal ...", mencionado anteriormente.

40 El cemento producido puede ser cualquier tipo de cemento, preferiblemente es cemento Portland o cemento de sulfoaluminato de calcio, mucho más preferiblemente es cemento de sulfoaluminato de calcio. El cemento de sulfoaluminato de calcio denomina cementos que dependen de ye'elemita como al menos una de las fases principales que proporcionan fuerza. C\$A puede comprender cantidades sustanciales de belita y/o ternesita y entonces a veces se denomina cemento belítico de sulfoaluminato de calcio (C\$AB) o cemento ternesita de sulfoaluminato de calcio belítico (BCT), respectivamente. Salvo que se indique de otro modo, el término C\$A en este documento significa cualquier cemento de sulfoaluminato de calcio, es decir, el término C\$A comprende cementos que podrían denominarse más específicamente como C\$AB o BCT.

50 En una realización, específicamente para fabricar C\$A donde el azufre (por ejemplo, sulfuro) es una materia prima, un contenido de fuentes de azufre se ajusta en la harina cruda y/o en el combustible que alimenta al quemador del horno y/o el quemador calcinador de modo que se forme un nivel suficiente de SO<sub>2</sub> para reacción con el amoníaco durante el sinterizado y contenido en la corriente gaseosa que abandona el precalentador o el precalentador y el calcinador. El SO<sub>2</sub> requerido para la absorción de amoníaco también puede suministrarse desde la descomposición de materias primas alternativas que contienen, por ejemplo, piritita (FeS<sub>2</sub>). Dichos materiales pueden añadirse a la harina cruda de clínker a propósito. En otras palabras, el contaminante SO<sub>2</sub> se genera deliberadamente en un exceso suficiente para reducir el amoníaco mediante reacción con el mismo formando compuesto de azufre de amonio.

60 El dióxido de azufre también puede generarse durante el proceso de producción de clínker quemando un combustible en el horno y/o el calcinador muy cerca de condiciones estequiométricas. Dicha operación es bien conocida en la fabricación de clínker de cemento donde no se desea, pero a menudo sucede. La operación cercana a condiciones estequiométricas incluso ligeramente por debajo de las condiciones estequiométricas está generando localmente monóxido de carbono que reacciona con minerales de sulfato (u otros materiales que contienen azufre) presentes en la materia prima y el clínker y libera SO<sub>2</sub> de los mismo.

65

Como una fuente alternativa o adicional de SO<sub>2</sub>, el azufre o los compuestos de azufre, preferiblemente azufre líquido o sólido, pueden quemarse en un reactor diferente y el gas de combustión o parte del mismo se usa para que reaccione con el amoníaco. El SO<sub>2</sub> restante puede enviarse a, por ejemplo, producción de clínker de C\$A, por ejemplo, en el quemador principal del horno o en el quemador del calcinador. Proporcionar SO<sub>2</sub> de esta manera es especialmente adecuado para OPC y ortos cementos que no necesitan azufre en las materias primas. Aún otra posibilidad es proporcionar SO<sub>2</sub> de un medio de almacenamiento de acuerdo con las necesidades, como una alternativa a las fuentes mencionadas previamente o como una fuente adicional. Ambas realizaciones son especialmente ventajosas para el ajuste fino de la cantidad de SO<sub>2</sub> recibida en la fase de acondicionado. Además, ambas fuentes de SO<sub>2</sub> son útiles como segunda opción cuando se producen altas cantidades de amoníaco, por ejemplo, durante el llamado modo directo.

Cuando el clínker de C\$A es el producto diana, el dióxido de azufre se suministra preferiblemente desde el proceso de quemado en el horno donde el azufre desempeña una función importante.

El sulfato de amonio obtenido en la unidad de acondicionado o el filtro de extracción de polvo puede pasarse al quemador principal del horno. Ahí, debido a la destrucción de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (s), el azufre volverá al clínker y el amoníaco se quemará en NO<sub>x</sub>. La emisión de NO<sub>x</sub> se tratará mediante tecnologías disponibles. También sería posible devolver el sulfato de amonio al sistema de calcinador (alimentación de combustible) que es parte de las plantas de producción de clínker de cemento modernas. Finalmente, el sulfato de amonio también puede descartarse.

Preferiblemente, se usa un sistema de horno moderno con calcinador de ciclón y precalentador. La harina cruda alimenta a la planta bajo el ciclón superior. Especialmente cuando se fabrica clínker de C\$A, materias primas alternativas típicamente constituyen una cantidad principal de las materias primas. Pero esto puede aplicarse asimismo a la producción de OPC u otros clínkers de cemento. Algunas de estas materias primas alternativas pueden contener sales de amoníaco. Por tanto, el amoníaco adicional se libera en fases superiores del sistema del precalentador, porque las sales de amoníaco se descomponen a bajas temperaturas. El NO<sub>x</sub> generado por el sistema de horno durante la producción de clínker de cemento típicamente se tratará mediante inyección de amoníaco usando una instalación SNCR. Este proceso tiene lugar en una zona de alta temperatura a 800 - 900 °C sin catalizadores. Puede haber algo de filtración de amoníaco debido a eso. Tanto el NO<sub>x</sub> como el amoníaco estará presentes en la salida de, por ejemplo, el ciclón inferior. No se espera interacción adicional entre ambos gases.

En contraste con la producción de clínker de OPC convencional, una absorción del amoníaco en la harina cruda en el molino de materia prima habitualmente es insuficiente durante la producción de harina cruda de C\$A, debido a una presencia mucho mayor de sales de amoníaco. Adicionalmente, tanto para C\$A como para OPC existe el problema conocido de los tiempos durante los que se detiene el molino de materia prima, el llamado modo directo y el proceso de captura de amoníaco en las materias primas cesa completamente.

Por lo tanto, antes del sistema de extracción de polvo del horno, la filtración de amoníaco del SNCR (o un SCR) y el amoníaco de la harina cruda (molienda) y el NO<sub>x</sub> restante están presentes en la corriente gaseosa. De acuerdo con la invención, se prevé una unidad de acondicionado para la reacción del amoníaco con SO<sub>2</sub>. La unidad de acondicionado se integra en el filtro de extracción de polvo de la planta o se proporciona como una unidad separada directamente antes del filtro. La unidad de acondicionado comprende un dispositivo de medición para el contenido de amoníaco y SO<sub>2</sub> en la corriente gaseosa que entra en la unidad o está dentro de la misma. Recibe además SO<sub>2</sub> de cualquiera de las fuentes descritas previamente. En realizaciones donde se genera SO<sub>2</sub> en el horno y/o en el calcinador, por ejemplo, de materias primas, ya está presente en la corriente gaseosa. Cuando se añade SO<sub>2</sub> de un reactor separado o medio de almacenamiento, habitualmente se añadirá mediante un medio de alimentación directamente a la unidad de acondicionado. En todos los casos, el SO<sub>2</sub> gaseoso se suministra a la corriente gaseosa, cuando la cantidad medida contenida en la misma es demasiado baja. La reacción entre el amoníaco y el SO<sub>2</sub> tiene lugar dentro de la unidad de acondicionado o filtro del horno, respectivamente.

La eliminación del dióxido de azufre de las corrientes gaseosas tiene lugar a una alta tasa a temperaturas por encima de 54 °C. La tasa de eliminación está por encima de un 95 % a temperaturas por debajo de 85 °C. Por ejemplo, tanto, la ventana de funcionamiento ideal para la unidad de acondicionado es de 54 a 85 °C. Una temperatura de funcionamiento típica del molino de materia prima es aproximadamente 90 °C. Las temperaturas típicas en el filtro de extracción de polvo también están cercanas a 90 °C dependiendo del diseño del circuito de flujo de gas por detrás del horno y el molino de materia prima. Temperaturas de aproximadamente 90 °C proporcionan un margen de seguridad para el equipo posterior, por ejemplo, el filtro del horno y/u otros, mientras que el agua debida al punto de gas de combustión en dichos sitios habitualmente es de aproximadamente 60 °C. Se demostró durante un ensayo de producción que a temperaturas de aproximadamente 82 °C, la eficacia de eliminación es suficiente para reducir tanto la emisión de amoníaco como de azufre por debajo de los límites de emisión. Por lo tanto, la temperatura en la unidad de acondicionado se ajusta preferiblemente para que esté en un intervalo de 60 a 95 °C, más preferiblemente de 70 a 90 °C.

Preferiblemente, las cantidades de amoníaco y SO<sub>2</sub> están cercanas a las estequiométricas, de modo que la emisión tanto de amoníaco como de SO<sub>2</sub> es muy baja. Si se esperan circunstancias en las que las cantidades no estén

cercanas a las estequiométricas, se proporciona una unidad de absorción final para uno o ambos gases, por ejemplo, un depurador húmedo, por detrás del filtro de extracción de polvo.

Los compuestos de azufre de amonio obtenidos pueden enviarse de nuevo a la alimentación del horno (harina cruda) directamente a la entrada del horno o incluso al quemador del horno y/o calcinador. Sin embargo, para evitar un efecto de ciclado pesado, una parte de los compuestos de azufre de amonio tiene que descargarse y usarse de otro modo, por ejemplo, usarse posteriormente como materia prima. El retorno de los compuestos de azufre a la entrada del horno proporciona un proceso de reducción de NO<sub>x</sub> parcial similar a SNCR. Las sales de amonio alimentadas al quemador principal muy probablemente se queman en NO<sub>x</sub>.

El NO<sub>x</sub> se reduce preferiblemente por el amoniaco en una fase de SNCR y/o SCR, como es bien sabido en la técnica. Debido a este proceso, puede haber amoniaco adicional presente en la corriente gaseosa que abandona el precalentador/calcinador. El método de acuerdo con la invención también controla ventajosamente este amoniaco, de modo que la reducción de NO<sub>x</sub> puede funcionar con más amoniaco, porque se captura cualquier filtración de amoniaco. Para SNCR y SCR, típicamente se alimenta amoniaco o un compuesto que proporciona amoniaco al gas que se tratará. Un compuesto que proporciona amoniaco usado a menudo es solución de urea, pero también es posible y útil cualquier otro material que proporcione amoniaco en las condiciones en la fase de SNCR o SCR, por ejemplo, productos residuales que contienen amoniaco. La fase de SNCR está dispuesta habitualmente entre el precalentador/calcinador y el horno, opcionalmente integrada dentro del precalentador/calcinador o el horno. De acuerdo con la invención, tiene que colocarse antes de la unidad de acondicionado.

La invención se ilustrará adicionalmente con referencia a las figuras adjuntas, sin restringir el alcance a las realizaciones específicas descritas. Si no se especifica de otro modo, cualquier cantidad en % o partes es en peso y caso de duda, se refiere al peso total de la composición/mezcla implicada. Una caracterización como "aproximadamente", "de alrededor de" y expresión similar en relación con un valor numérico significa que se incluyen valores hasta un 10 % mayores e inferiores, preferiblemente valores hasta un 5 % mayores e inferiores, y en cualquier caso valores al menos hasta un 1 % mayores e inferiores, siendo valor exacto el valor o límite más preferido.

La expresión "sustancialmente libre" significa que un material particular no se añade deliberadamente a una composición, y está presente únicamente en cantidades mínimas o como una impureza. Como se usa en este documento, salvo que se indique de otro modo, la expresión "libre de" significa que una composición no comprende un material particular, es decir, la composición comprende un 0 % en peso de dicho material.

Breve descripción de las figuras

- La figura 1 muestra una primera realización de una planta de acuerdo con la invención
- La figura 2 muestra una segunda realización de una planta de acuerdo con la invención
- La figura 3 muestra una tercera realización de una planta de acuerdo con la invención
- La figura 4 muestra una cuarta realización de una planta de acuerdo con la invención

Las figuras muestran plantas de cemento de acuerdo con la invención que usan el método para controlar el amoniaco de acuerdo con la invención. Los flujos de gas se muestran con flechas rellenas y los flujos de material se muestran con flechas huecas. Los flujos y unidades opcionales se muestran con líneas discontinuas. Como es usual, los flujos de gas y los flujos de material sólido pasan a través de la planta en una contracorriente para hacer uso del intercambio de calor para ahorrar energía.

En la figura 1, las materias primas R se alimentan a un molino 1 para molerlas para proporcionar una harina cruda M. La harina cruda M se alimenta a un precalentador 2a y calcinador 2b. Como es usual, la harina cruda M también puede almacenarse en primer lugar o adicionalmente en silos de harina cruda. En la realización mostrada, el amoniaco o una composición que proporciona amoniaco se alimenta antes de la fase más baja del precalentador/calcinador (la última fase antes de la transferencia al horno), donde la temperatura es adecuada para SNCR. Por tanto, una parte principal del NO<sub>x</sub> contenida en el aire A que proviene del horno 3 reacciona con el amoniaco y se elimina de la corriente de gas. También puede tener lugar SNCR en una unidad separada o en la parte superior del horno 3 como se conoce *per se*. Dentro del precalentador/calcinador 2, la harina cruda M se precalienta y se calina en caliza.

La harina cruda M precalentada y calcinada pasa al horno 3 donde se sinteriza en un clínker C. El aire A para quemar el combustible (combustible clásico y/o alternativo) en el horno 3 proviene de un enfriador 4. La cantidad de aire A se elige de modo que el combustible se queme en condiciones aproximadamente estequiométricas o ligeramente por debajo de condiciones estequiométricas. De ese modo, la cantidad requerida de SO<sub>2</sub> se genera en paralelo al sinterizado de la harina cruda M y presente en el aire A que abandona el horno 3. El clínker C pasa al enfriador 4 que se alimenta con aire A para enfriarlo. El clínker C enfriado puede procesarse adicionalmente de una manera conocida. En el caso de producción de clínker de BCT, típicamente se prevé una unidad de templado entre el horno 3 y el enfriador 4 para proporcionar un tiempo de templado entre 1200 °C y 750 °C del clínker intermedio que abandona el horno 3 que es necesario para obtener suficiente ternesita.

En la realización mostrada, la corriente gaseosa G del precalentador/calcinador 2 puede pasar al molino de materia prima 1 (o a cualquier otro punto adecuado) para secar las materias primas R. Si eso no se desea o durante el funcionamiento en el modo directo la corriente gaseosa G pasa directamente a la unidad de acondicionado 5, que aquí está integrada con el filtro de extracción de polvo. Esta unidad 5 típicamente es un filtro de tela usual o un precipitador electrostático para separar el polvo de la corriente gaseosa G. De acuerdo con la invención, la cantidad de SO<sub>2</sub> recibida en la unidad 5 está contenida en la corriente gaseosa G para que reaccione con el amoníaco contenido. Para este fin, se instala un dispositivo de medición usual que controla el amoníaco y el contenido de SO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub> generado durante el quemado se ajusta por la cantidad de fuentes de azufre alimentadas al horno y la cantidad de combustible de acuerdo con las necesidades.

El polvo D que contiene los compuestos de azufre de amonio formados por la reacción de amoníaco con SO<sub>2</sub> se alimenta al calcinador 2b o al horno 3. De ese modo, el polvo D puede introducir el azufre necesario para generar SO<sub>2</sub>. El polvo D puede descargarse de vez en cuando como se indica por la flecha discontinua y usarse de otro modo. Por ejemplo, el sulfato de amonio es útil como fertilizante. El gas de combustión E que abandona la unidad de acondicionado y el filtro 5 puede pasarse, cuando sea necesario, a través de una unidad de purificación adicional 6, por ejemplo, un depurador húmedo, para eliminar el SO<sub>2</sub>.

La figura 2 muestra una realización alternativa de una planta de cemento de acuerdo con la invención. Muchos dispositivos y etapas son iguales a la figura 1, tienen los mismos signos de referencia y no se describen de nuevo. La planta de la figura 2 difiere de la planta de la figura 1 en el punto de adición de fuentes de amoníaco para la reducción de NO<sub>x</sub> y en el modo de suministro de SO<sub>2</sub>. El amoníaco o un material que proporciona amoníaco se alimenta al aire A que pasa al precalentador/calcinador.

El SO<sub>2</sub> recibido en la unidad de acondicionado 5 aquí se proporciona al menos principalmente de un reactor separado 7 o un medio de almacenamiento 8. Este modo de suministro permite un ajuste más rápido y más específico de la cantidad de SO<sub>2</sub> recibida en la unidad 5. Por lo tanto, no se necesita una unidad de purificación 6 pero, por supuesto, puede preverse. Como se muestra, el SO<sub>2</sub> se alimenta habitualmente directamente en la unidad de acondicionado 5, pero también puede alimentarse de alternativa o adicional a la corriente gaseosa G que pasa al molino de materia prima 1. Otra posibilidad más (no mostrada) es alimentar el SO<sub>2</sub> a la corriente gaseosa G que entra en la unidad de acondicionado y el filtro de extracción de polvo 5 combinados. Con la alimentación a la unidad de acondicionado 5 también se comprenden realizaciones donde el SO<sub>2</sub> se añade a conductos que pasan el gas G a la unidad de acondicionado 5. Asimismo, se idea una alimentación al molino de materia prima 1 en lugar de la adición a la corriente gaseosa G que pasa al molino 1.

En esta realización, el polvo D se descarta típicamente y se usa fuera de la planta, por ejemplo, como materia prima en otra planta para fabricar C\$A o como fertilizante. Sin embargo, en el caso de la planta de la figura 2, se usa para fabricar C\$A, el polvo D puede añadirse a las materias primas y/o al calcinador y/o al horno para suministrar algo del azufre necesario.

En la realización mostrada en la figura 3, la planta no tiene adición de amoníaco para la reducción de NO<sub>x</sub> y depende del azufre introducido con la materia prima R y la alimentación del polvo D en el calcinador/horno/harina cruda para ajustar el SO<sub>2</sub> recibido en la unidad de acondicionado 5a. La unidad de acondicionado 5a aquí es una unidad separada del filtro de extracción de polvo 5b. Como se indica, el polvo D puede alimentarse directamente al calcinador 2b o al horno 3. Si fuera necesario, el polvo D puede descargarse. Por lo demás, la planta de la figura 3 es igual a la de la figura 1.

En la realización de la figura 4, el polvo D se añade a la harina cruda M alimentada al precalentador/calcinador 2. Es posible la adición a la materia prima R, pero no se prefiere, ya que el polvo D es suficientemente fino y no necesita molienda. Además, como en la planta de la figura 2, el amoníaco o un material que proporciona amoníaco se alimenta al aire A que pasa del horno 3 al precalentador/calcinador 2. El SO<sub>2</sub> aquí se proporciona predominantemente por las materias primas R y el polvo D. Puede proporcionarse una cantidad adicional a la unidad de acondicionado 5 como se muestra con la flecha discontinua. Esta proviene, por ejemplo, de un reactor 7 o de un medio de almacenamiento 8. También puede añadirse, por supuesto, en otros puntos como se describe para la planta mostrada en la figura 2.

Naturalmente, son posibles muchas variaciones de las plantas mostradas como se sabe en el estado de la técnica. Por ejemplo, el método de acuerdo con la invención también es adecuado para plantas que funcionan en el modo de oxicomustión, es decir, reciclado del gas de combustión E en el horno 3. El precalentador/calcinador 2 puede alimentarse con aire secundario directamente del enfriador 4 o, cuando se use, de la unidad de templado. Podría usarse SCR y/o SNCR separado. Podría haber únicamente un precalentador y el calcinado tendría lugar en el extremo superior del horno 3.

Lista de números de referencia

1 molino de materia prima

## ES 2 764 980 T3

- 2 precalentador y calcinador
- 2a precalentador
- 2b calcinador
- 3 horno
- 5 4 enfriador
- 5 unidad de acondicionado integrada con el filtro de extracción de polvo
- 5a unidad de acondicionado
- 5b filtro de extracción de polvo
- 6 unidad de purificación como depurador húmedo
- 10 7 reactor
- 8 medio de almacenamiento
  
- A aire
- C clínker
- 15 D polvo
- E gas de combustión
- G corriente gaseosa
- M harina cruda
- R una o más materias primas
- 20

REIVINDICACIONES

1. Método para controlar un contenido de amoniaco en el gas de combustión (E) de una planta de fabricación de cemento, en el que la corriente gaseosa (G) producida durante el sinterizado de una harina cruda (M) para formar un clínker de cemento (C) se pasa a una fase de acondicionado en que se ajusta una cantidad de SO<sub>2</sub> que es suficiente para reducir el contenido de amoniaco hasta un nivel deseado mediante la reacción del amoniaco con SO<sub>2</sub> para formar compuestos de azufre de amonio que se separan de la corriente gaseosa (G) y se capturan en un filtro de extracción de polvo (5, 5b) de la planta como material sólido para proporcionar el gas de combustión (E) con el nivel deseado de contenido de amoniaco.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la relación de SO<sub>2</sub> a amoniaco se ajusta de 1:2,5 a 1:1,5, preferiblemente de 1:2,2 a 1:1,8 y especialmente preferida de 1:2,1 a 1:1,9 en la fase de acondicionado.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que los compuestos de azufre de amonio se reciclan en la harina cruda (M) que entra en el precalentador/calcinador (2) y/o el horno (3) y/o al quemador del horno (3) y/o al quemador del calcinador (2b) y/o en conductos de harina/conductos de gas entre los ciclones del precalentador.
4. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1, 2 y 3, en el que un contenido de fuentes de azufre en la harina cruda y/o en los combustibles quemados en el horno (3) y/o el calcinador (2b) se ajusta de modo que se forme un nivel suficiente de SO<sub>2</sub> para la reacción con amoniaco en la fase de acondicionado.
5. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que se genera SO<sub>2</sub> por quemado de azufre líquido o sólido en un reactor separado (7) o se proporciona SO<sub>2</sub> de un medio de almacenamiento (8).
6. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que se proporciona SO<sub>2</sub> por quemado estequiométrico de combustibles en el horno (3) y/o en el calcinador (2b).
7. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la fase de acondicionado está localizada en el filtro de extracción del polvo (5).
8. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la fase de acondicionado está ubicada en una unidad de acondicionado separada (5a) directamente antes del filtro de extracción de polvo (5b).
9. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que un exceso de SO<sub>2</sub> en el gas de combustión (E) después de la fase de acondicionado se disminuye con un depurador húmedo.
10. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el NO<sub>x</sub> se reduce con reducción no catalítica selectiva y/o reducción catalítica selectiva.
11. Método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que los compuestos de azufre de amonio se usan como al menos una fuente de amoniaco para la reducción no catalítica selectiva y/o reducción catalítica selectiva.
12. Método de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la cantidad de SO<sub>2</sub> se ajusta por alimentación de SO<sub>2</sub> en una fase de molienda para materias primas y/o a la fase de acondicionado.
13. Planta de fabricación de cemento que comprende un molino de materia prima (1) para moler una materia prima (R) para proporcionar una harina cruda (M), un precalentador (2a) o un precalentador/calcinador (2) para precalentar o precalentar y calcinar la harina cruda (M), un horno (3) para sinterizar la harina cruda (M) en un clínker (C), un enfriador (4) para enfriar el clínker (C) y un filtro de extracción de polvo (5, 5b) para separar una corriente gaseosa (G) del precalentador (2) y/o el molino de materia prima (1) en un polvo sólido (D) y un gas de combustión (E), **caracterizado por que** una unidad de acondicionado (5, 5a) que recibe una cantidad ajustada de SO<sub>2</sub> y equipada con un dispositivo para medir el contenido de amoniaco y SO<sub>2</sub> en la corriente gaseosa (G) del precalentador (2) y/o el molino de materia prima (1) está dispuesto antes del filtro de extracción de polvo (5b) o está integrado con el filtro de extracción de polvo (5).
14. Planta de fabricación de cemento de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizada por que** una unidad de purificación (6), preferiblemente un depurador húmedo, está dispuesta después del filtro de extracción de polvo (5, 5b).
15. Planta de fabricación de cemento de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, **caracterizada por que** comprende un reactor separado (7) para generar SO<sub>2</sub> y/o un medio de almacenamiento (8) para SO<sub>2</sub> para suministrar el SO<sub>2</sub> que se recibe en la unidad de acondicionado (5, 5a).

Fig. 1

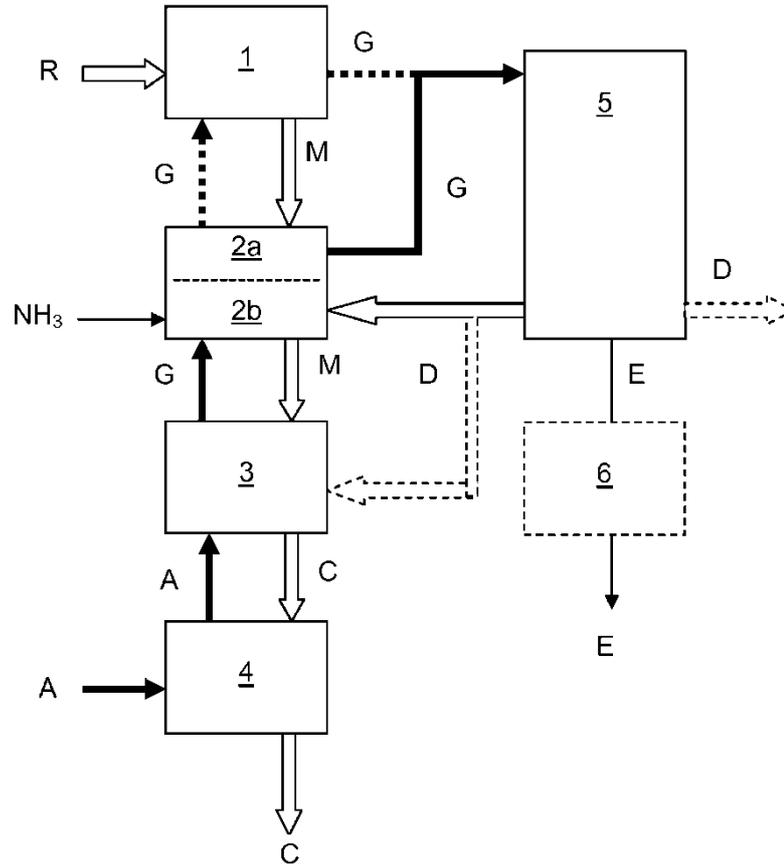


Fig. 2

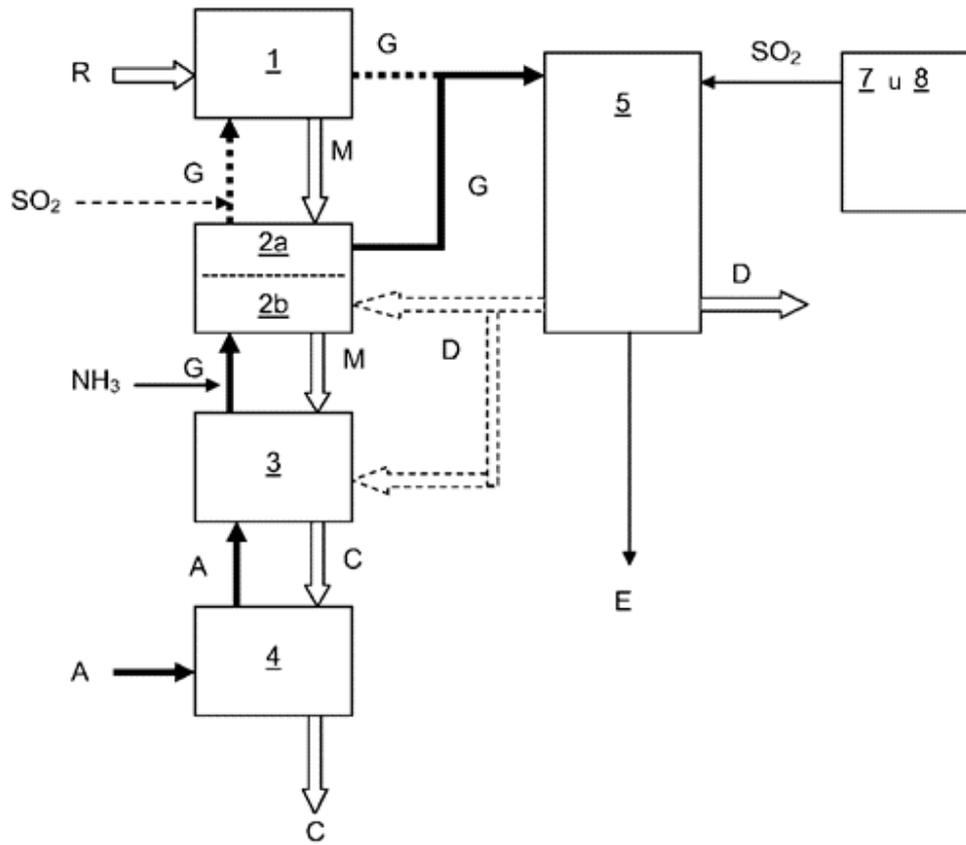


Fig. 3

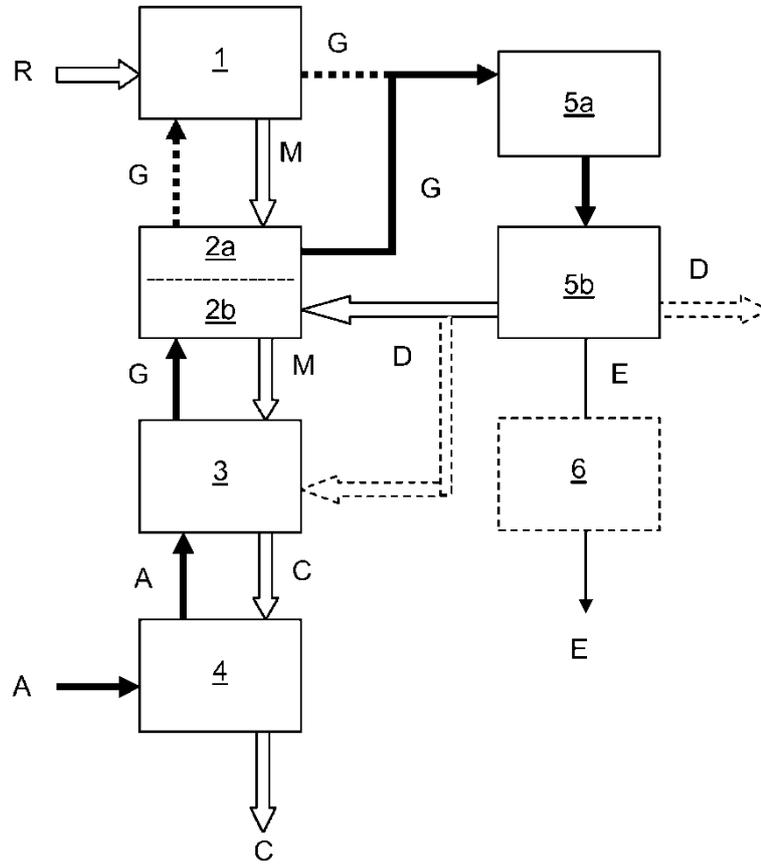


Fig. 4

