

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 331**

51 Int. Cl.:

C04B 7/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2016** **E 16161105 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2018** **EP 3219688**

54 Título: **Línea de clínker de cemento y procedimiento para operar una línea de clínker de cemento**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.04.2018

73 Titular/es:

**SÜDBAYERISCHES PORTLAND-ZEMENTWERK
GEBR. WIESBÖCK & CO. GMBH (100.0%)
Sinning 1
83101 Rohrdorf, DE**

72 Inventor/es:

LEIBINGER, HELMUT

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 665 331 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

Línea de clínker de cemento y procedimiento para operar una línea de clínker de cemento

Campo de la invención

5 La invención se refiere a un procedimiento para fabricar clínker de cemento mediante la sinterización de harina cruda en un horno para clínker de cemento, denominado por brevedad como clínker. Con este fin, la harina cruda se precalienta en un precalentador usando una corriente de gas de combustión principal del horno como fuente de calor. Aguas abajo del precalentador, el gas de combustión se enfría a una temperatura inferior al punto de ebullición del mercurio y es desempolvado, obteniendo de esta manera polvo cargado con mercurio. Se extrae una corriente de gas de combustión de derivación del horno para eliminar las impurezas del proceso. La invención también se
10 refiere a una línea de clínker de cemento correspondiente.

Descripción de la técnica relacionada

15 El clínker de cemento es un producto intermedio importante para el hormigón. El clínker de cemento, más adelante denominado por brevedad como "clínker" se produce al calcinar y sinterizar la llamada harina cruda en un horno. La harina cruda es una mezcla principalmente de piedra caliza y arcilla y / u otros materiales de aluminosilicatos. Estos productos de minería se secan en una primera etapa utilizando calor residual transportado por el gas de escape del horno y son molidos. Posteriormente, la harina cruda obtenida se precalienta en la llamada torre de precalentamiento (denominada por brevedad como "precalentador"), utilizando de nuevo el gas de escape del horno como fuente de calor. A menudo, la harina cruda precalentada se proporciona a un calcinador para la (pre) calcinación de la harina cruda. La harina cruda precalentada y opcionalmente (pre) calcinada se sinteriza posteriormente en un horno y se
20 descarga a un enfriador de clínker. El proceso es bien conocido y una introducción ilustrativa es proporcionada en la publicación del Dr. Harder "Der Herstellungsprozess", publicada en ZKG - Handbuch Zementanlagenbau 2013/2014, pags. 20 a 37, Bauverlag BV, Gütersloh.

25 El consumo de energía de las líneas de clínker de cemento es notable: la energía térmica teórica para las reacciones químicas en la fabricación de clínker es 1,8 GJ / t. Se han reportado pérdidas de 3,3 GJ / t (números tomados de la publicación Química del Cemento, H.F.W. Taylor, tabla 3.3, segunda ed., Thomas Telford Publishing, Londres, 1997). Bayer informa una energía térmica media de 2,9 GJ / t de clínker para plantas alemanas en 2012 (ZKG - Handbuch Zementanlagenbau 2013/2014, pag. 41). Para reducir los costos de fabricación, los combustibles tales como el carbón, el gas y similares son sustituidos por desechos de plástico y otras materias orgánicas. Estos combustibles sustitutos aumentan aún más la cantidad de metales pesados tales como el mercurio en el proceso, que
30 también han sido introducidos por los productos de minería. La emisión de mercurio ha sido limitada por el Convenio de Minamata sobre el mercurio en 2013 y, como consecuencia, los límites de emisión han sido reducidos.

35 El mercurio se vaporiza con dependencia de su origen en el precalentador y en el horno. Lo mismo ocurre con otros metales pesados, dependiendo de sus respectivas temperaturas de ebullición. El vapor de mercurio se convierte en parte del gas de combustión que se transporta hacia el escape. Sin embargo, la emisión de mercurio a través del escape tiene un impacto negativo en el medio ambiente y debe ser evitada. Una parte adicional del mercurio se condensa en el polvo de los gases de combustión o es absorbida por el mismo y se separa del gas de combustión. Sin embargo, el polvo generalmente se reintroduce al proceso (a través del precalentador) ya que consiste principalmente en polvo de clínker y polvo de harina cruda. Por lo tanto, al calentar el polvo, el mercurio se vaporiza nuevamente y al enfriar el gas de combustión, se condensa nuevamente. En consecuencia, el mercurio se concentra en
40 la línea de fabricación.

Los autores del documento US 2015/0086453 sugieren inyectar compuestos de sulfuro de metal o compuestos de sulfuro orgánico en el horno para descomponer los compuestos y liberar azufre elemental. Este azufre elemental reacciona con mercurio elemental a sulfuros de mercurio. El sulfuro de mercurio se puede capturar utilizando filtros de bolsa o precipitadores electrostáticos.

45 En el documento WO 2010/107404 se sugiere desempolvar el gas de combustión aún caliente aguas abajo del precalentador utilizando un precipitador electrostático. El gas de combustión desempolvado se somete a una desnitrificación catalítica selectiva y se enfría a aproximadamente 125°C inyectando agua. Posteriormente, se inyecta un adsorbente a la corriente de gas de combustión enfriada. El mercurio se adhiere al adsorbente y es eliminado del gas de combustión por medio de un filtro de bolsa aguas abajo antes de liberar el gas de combustión a través de un escape.
50

Sumario de la invención

El problema que se resolverá con la invención es reducir las emisiones de mercurio y, al menos en parte, otras emisiones de metales pesados de una línea de clínker de cemento con costos operativos reducidos.

Las soluciones del problema se describen en las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes se refieren a mejoras adicionales de la invención.

5 La invención está basada en la observación de que la emisión de metales pesados, como por ejemplo las emisiones de mercurio, son bajas durante la rampa ascendente. De esta manera, parece que el mercurio tiene que acumularse en la línea de clínker de cemento antes de que abandone el proceso a través del escape. De acuerdo con la invención, es suficiente mantener una baja concentración de mercurio en la línea de clínker de cemento para reducir las emisiones de mercurio en el gas de escape. Esto se aplica en consecuencia a otras emisiones de metales pesados.

10 El procedimiento para fabricar clínker comprende al menos sinterizar harina cruda en clínker en un horno. Como de costumbre, la harina cruda se precalienta en un precalentador de harina cruda, denominado por brevedad como "precalentador" usando el gas de combustión producido en el horno. Después del precalentamiento, se proporciona al horno la harina cruda para la calcinación y la sinterización de la harina cruda en clínker. Por supuesto, el procedimiento también puede comprender calcinar la harina cruda precalentada al menos parcialmente en un calcinador y, por lo tanto, una parte del gas de combustión puede ser producida en el calcinador. No se enfocará en este aspecto la presente memoria descriptiva. Solo por simplicidad, la invención se explica sin referencia explícita a un calcinador opcional. Por lo tanto, se puede entender que el término horno incluye opcionalmente un calcinador. En cualquier caso, la harina cruda precalentada se alimenta al horno para convertirla en clínker.

20 El documento US 2011/0041690 sugiere añadir polvo cargado con mercurio a una corriente de gas de derivación de la línea de clínker de cemento, para evaporar de esta manera el mercurio en la corriente de gas de derivación. Posteriormente, el material particulado se elimina y puede ser procesado adicionalmente. El mercurio se elimina de la corriente de gas de derivación en primer lugar al agregar productos químicos oxidantes a la corriente para oxidar el mercurio. Posteriormente, se agrega un adsorbente a la corriente de gas de derivación y el mercurio se adhiere al adsorbente cuando la corriente se enfría. El adsorbente cargado con mercurio se elimina de la corriente de gas de derivación.

25 El documento XP - 002760467 de Cleaver Brooks "Reducción Catalítica Selectiva" (SCR) es un anuncio de Internet de Cleaver Brooks que ofrece instalaciones de SCR que están integradas en una caldera.

El gas de combustión que sale del precalentador se procesa como de costumbre y de esta manera se enfría a una temperatura en la que el mercurio y / o los compuestos de mercurio se condensan sobre las partículas de polvo que son transportados por la corriente principal de gases de combustión. De manera similar, otros metales pesados y sus compuestos se condensan sobre las partículas de polvo.

30 La corriente de gas de combustión fría es desempolvada por los medios de desempolvado del gas de combustión aguas abajo del precalentador. Esto proporciona un polvo cargado con mercurio, es decir, polvo que comprende mercurio metálico y / o compuestos de mercurio. Otros metales pesados y / o compuestos de metales pesados también están adheridos al polvo. En lo que sigue, simplemente se hará referencia al término "polvo cargado con mercurio", sin hacer referencia explícita a otros metales pesados y compuestos de metales pesados. El polvo consiste principalmente en polvo de clínker y harina cruda, pero el mercurio y otros metales pesados que han sido transportados con la corriente de gas de combustión son adsorbidos por las partículas de polvo. Esta adsorción se mejora si el gas de combustión es enfriado por debajo de la temperatura de ebullición del mercurio. Preferiblemente, el gas de combustión es enfriado a aproximadamente 250°C o menos para permitir la eliminación del polvo del gas de combustión utilizando filtros de bolsas, que tienen menores costos de instalación y funcionamiento que los precipitadores electrostáticos. Además, cuanto menor es la temperatura del gas de combustión (antes de desempolvarse) mejor se produce la adhesión del mercurio u otros metales pesados al polvo y, por lo tanto, menor es el contenido de mercurio en la corriente de gas de combustión principal desempolvado.

45 Se puede obtener el enfriamiento de la corriente de gas de combustión, por ejemplo, utilizando un intercambiador de calor que a su vez calienta otro fluido (o harina cruda); de este modo, la energía térmica transportada con el gas de combustión puede ser utilizada como calor de proceso, por ejemplo, para un proceso de turbina. También se pueden usar otras posibilidades de enfriamiento, por ejemplo, mezclar el gas de combustión con un gas (más) frío, enfriamiento por pulverización de agua y otros similares. El gas de combustión también puede desnitrificarse, por ejemplo, como se explica en el documento EP 2 545 337. Para la invención no es relevante en cual etapa particular del proceso se produce el desempolvado del gas de combustión principal (por ejemplo, antes o después de la desnitrificación), pero al menos una etapa de desempolvado debe tener lugar a un nivel de temperatura en el que una parte importante del contenido de mercurio en el gas de combustión está unido o adsorbido por las partículas de polvo. Por lo tanto, el polvo está cargado con mercurio y sus componentes principales son harina cruda y polvo de clínker.

55 Al menos una fracción del mercurio (y otros metales pesados) del polvo cargado con mercurio se vaporiza en una corriente de gas de combustión de derivación. A diferencia de la definición teórica de "vaporización", la vaporización del mercurio en la presente memoria descriptiva simplemente significa someter al mismo (o a los compuestos de mercurio respectivos) a una transición de fase de estado sólido a estado gaseoso, sin importar cómo esta transición de fase tiene lugar en detalle. En otras palabras, después de la vaporización, el mercurio está al menos en gran

medida en estado gaseoso sin importar qué proceso particular se utilice (por ejemplo, sublimación, vaporización, evaporación, ebullición ...). También se podría usar el término "gasificación", pero este término se usa típicamente solo para convertir combustibles de hidrocarburo en monóxido de carbono y por lo tanto podría ser engañoso potencialmente .

- 5 Alternativa o adicionalmente a la vaporización de al menos una fracción del mercurio unido al citado polvo cargado con mercurio proporcionado por la línea de clínker, se puede agregar otra materia cargada de mercurio (preferiblemente también en forma de polvo o partículas pequeñas) a la corriente de gas de combustión de derivación para vaporizar el mercurio. Otra materia cargada de mercurio de este tipo puede ser, por ejemplo, escoria cargada con mercurio de otros procesos industriales o vertedero contaminado con mercurio. Dependiendo del tipo de materia
10 cargada con mercurio y la cantidad, la materia libre de mercurio obtenida posteriormente se puede proporcionar al horno y / o como aditivo al clínker. Alternativamente, la materia libre de mercurio puede ser utilizada para otros procesos o ser depositada en un vertedero.

Esta vaporización de mercurio se puede obtener inyectando al menos una fracción del polvo (y / o materia) cargado con mercurio en la corriente de gas de combustión de derivación, que también se extrae del horno. La corriente de
15 gas de combustión de derivación es una fracción (típicamente del 3% al 10% o superior) del gas de combustión que proviene del horno (y / o de un calcinador) que está separado de la corriente principal de gas de combustión (en la presente memoria descriptiva denominada por brevedad como "corriente de gas de combustión") que entra al precalentador, antes de que el gas de combustión se haya enfriado significativamente. El gas de escape de derivación deriva de esta manera el precalentador. Tales corrientes de gas de combustión de derivación, como tales, son cono-
20 cidas y se describen, por ejemplo, en la solicitud EP con número de serie 15176157.4 y en WO 2012/163664 A1 y las referencias citadas en las mismas. Solo para evitar ambigüedades, inyectar una fracción de mercurio y / o polvo de materia cargado a una corriente de gas simplemente significa agregar la fracción de polvo a la corriente de gas respectiva. En otras palabras, la fracción está dispuesta en el conducto correspondiente, por ejemplo, usando una
25 cámara de mezcla, un alimentador rotativo y / u otro dispositivo similar. Después de la inyección, la harina cruda cargada con mercurio puede ser transportada con la citada corriente de gas respectiva. Por ejemplo, el polvo es calentado de esta manera con la corriente de gas de derivación y, debido al calentamiento, el mercurio cambia a su estado gaseoso.

Después de vaporizar el mercurio por el calor proporcionado por el gas de combustión de derivación (también denominado por brevedad como "gas de derivación"), el gas de derivación es desempolvado en una primera etapa de
30 desempolvado del gas de derivación. Preferiblemente se enfría a una temperatura T_1 , por ejemplo, aproximadamente de 400°C a 500°C, antes del desempolvado, para reducir los costos de instalación. Además, a este régimen de temperatura, los cloruros y otras sales en el gas de derivación se condensan en el polvo y, por lo tanto, se retiran del gas de derivación. La temperatura del gas de derivación en la primera etapa de desempolvado del gas de derivación debe ser seleccionada para que se encuentre al menos ligeramente por encima de la temperatura de ebullición del
35 mercurio (o de los compuestos de mercurio respectivos) para evitar la condensación de mercurio en el polvo. Puede estar incluso por debajo del punto de ebullición, puesto que el mercurio elemental tiene una presión de vapor significativa incluso a temperaturas inferiores a su punto de ebullición. En este último caso, una parte del mercurio se eliminará con el polvo (esto es posible, pero no pretendido). El objetivo del ajuste de temperatura es obtener al menos esencialmente polvo (y / o materia) libre de mercurio. El polvo libre de mercurio puede ser proporcionado al
40 horno para convertirlo en clínker, por ejemplo, por medio del precalentador. El término "polvo libre de mercurio" se debe entender como polvo con un contenido de mercurio preferiblemente significativamente reducido en comparación con el contenido de mercurio antes de calentar el polvo cargado con mercurio.

Después del desempolvado del gas de derivación, éste se enfría a una temperatura T_2 preferiblemente muy por debajo de la temperatura de ebullición del mercurio, por ejemplo, de 70°C a 150°C El enfriamiento se puede obtener
45 usando un intercambiador de calor, como por ejemplo una caldera de vapor, para permitir el uso del calor transportado por el gas de derivación como calor del proceso. Además, por ejemplo, después o antes de esta segunda etapa de enfriamiento del gas de derivación, se puede inyectar un adsorbente en el gas de derivación. El mercurio y otros metales pesados se adhieren al adsorbente y pueden ser eliminados del gas de derivación con el adsorbente por simple filtración u otras técnicas de desempolvado del gas de derivación. Más en general, el gas de derivación es
50 desempolvado (de nuevo) mediante medios de eliminación de adsorbente para eliminar el adsorbente cargado con mercurio del gas de derivación. El adsorbente puede comprender o incluso consistir en partículas de carbón activado. Se pueden usar otras partículas también o además, por ejemplo, polvo de clínker y / o harina cruda tal como se inyectó inicialmente en la corriente de gas de derivación. Al menos una fracción del adsorbente cargado con mercurio eliminado se elimina preferiblemente del proceso y es reemplazado por adsorbente nuevo. Mediante esta elimi-
55 nación del adsorbente, el mercurio (incluidos sus compuestos) finalmente se elimina del proceso. Otra fracción del adsorbente eliminado se puede reinyectar al gas de derivación preferiblemente enfriado aguas arriba de los medios de eliminación de adsorbente, es decir, se recircula y solo una fracción es reemplazada preferiblemente por un adsorbente nuevo. El gas de derivación se somete a una desnitrificación antes de la segunda etapa de enfriamiento . Se inyecta un reductor antes de la primera etapa de desempolvado del gas de derivación y el medio de desempol-
60 vado comprende o consiste en un filtro que comprende un catalizador para desnitrificación y convertir los óxidos de

5 nitrógeno en sustancias inocuas tales como nitrógeno diatómico y agua. Los filtros de este tipo pueden comprender elementos de filtro de cerámica en los que está incrustado o incorporado al menos un catalizador. En otras palabras, el filtro comprende al menos una sustancia catalítica tal como óxido de titanio, óxidos de metales básicos (tales como vanadio, molibdeno y tungsteno), zeolitas y / o metales preciosos. Estos catalizadores no solo reducen los óxidos de nitrógeno, sino que también convierten el mercurio (Hg) a un mayor estado de oxidación, por ejemplo, a Hg⁺². Este mercurio oxidado se une mejor al adsorbente.

10 En otras palabras, se inyecta un reductor antes de la primera etapa de desempolvado del gas de combustión de derivación en el gas de combustión de derivación y el gas de combustión de derivación es desempolvado usando un filtro catalítico de gas caliente para desnitrificar el gas de derivación. Al mismo tiempo, los átomos de mercurio en el gas de combustión de derivación se oxidan. Esto último mejora su adsorción posterior. Además, el catalizador elimina las dioxinas y otras sustancias orgánicas volátiles que podrían adherirse al adsorbente, al menos si el adsorbente es carbón activado. Por lo tanto, la superficie activa del adsorbente no es reducida por sustancias orgánicas.

15 El esquema que se ha descrito más arriba tiene un par de ventajas: en primer lugar, permite eliminar esencialmente el mercurio (y otros metales pesados), que es (son) añadido (s) al proceso por los productos de minería y al combustible del proceso y mantener bajas de esta manera las emisiones de mercurio a través del escape. Además, en la práctica, el gas de derivación es enfriado a una temperatura T₁ agregando un gas de enfriamiento tal como aire nuevo al gas de derivación para condensar los cloruros en el gas de derivación en el polvo. La adición de un gas de enfriamiento, sin embargo, aumenta los costes de instalación para los conductos, los medios de desempolvado, los catalizadores y similares, ya que el diámetro efectivo debe ser aumentado. Al agregar el polvo cargado con mercurio frío previamente retirado de la corriente principal de gases de combustión, el gas de derivación se enfría y, por lo tanto, se requiere menos gas de enfriamiento. A su vez, se reduce el caudal de gas de derivación. Además, si se usa aire nuevo para enfriar el gas de derivación para condensar los cloruros, se agrega oxígeno no deseado al gas de derivación. Por lo tanto, al reducir la cantidad de gas de enfriamiento, la concentración de oxígeno se mantiene baja. Además, al inyectar el polvo al gas de derivación, se mejora la condensación de los cloruros.

25 Al menos una fracción del polvo cargado con mercurio puede ser añadida a un flujo de gas de transporte, que transporta el polvo cargado con mercurio al gas de derivación. Mezclando el gas de transporte con el gas de derivación (por ejemplo, en una cámara de mezcla), el polvo cargado con mercurio es inyectado en el flujo de gas de derivación. Preferiblemente, el gas de transporte tiene una temperatura más baja que el gas de derivación, para enfriar de esta manera el flujo de gas de derivación hasta T₁, por ejemplo, de 200°C a 500°C, preferiblemente de 300°C a 450°C.

30 Preferiblemente, el gas de transporte se bifurca del flujo principal de gases de combustión después de enfriarlo por debajo de la temperatura de ebullición del mercurio, preferiblemente antes de desempolvar el mismo para obtener el polvo cargado con mercurio. Al menos una fracción del polvo cargado con mercurio proporcionado por los medios de desempolvado de los gases de combustión puede ser añadida al flujo de gas de transporte y mezclarse con el gas de derivación como gas de enfriamiento para inyectar de esta manera el polvo cargado con mercurio en el gas de derivación y vaporizar así el mercurio. De este modo, no se agrega oxígeno al gas de derivación y el gas de transporte está disponible en el lugar en el que se proporciona el polvo cargado con mercurio. Por lo tanto, los costos de instalación pueden mantenerse bajos. El polvo es eliminado como se ha explicado más arriba y se puede agregar al clínker, ya que está esencialmente libre de mercurio.

40 Preferiblemente, el gas de derivación desempolvado se proporciona a un intercambiador de calor para calentar un fluido portador de calor y, a su vez, enfriar el gas de derivación desempolvado previamente hasta, por ejemplo, la citada temperatura T₁ por debajo de la temperatura de ebullición del mercurio. Por lo tanto, el mercurio puede ser adsorbido de manera efectiva por el adsorbente y la energía térmica del gas de derivación puede ser recuperada y usada como un calor de proceso.

45 Como se ha explicado más arriba, una fracción del adsorbente eliminado se puede inyectar de nuevo en el gas de combustión de desvío enfriado y otra fracción se puede eliminar del proceso. Esto permite usar eficientemente el adsorbente y mantener la cantidad de adsorbente que se depositará debido a su baja carga de mercurio.

50 Como ya es evidente de lo anterior, la corriente principal de gases de combustión se enfría preferiblemente después del precalentador y antes de su desempolvado. Puede haber una etapa adicional de desempolvado antes de enfriar el flujo principal de gases de combustión, para eliminar de esta manera una parte del polvo antes de condensar el mercurio en el polvo restante. De ese modo, se reduce la cantidad de polvo cargado con mercurio y se aumenta la concentración de mercurio del polvo cargado con mercurio. Por lo tanto, se necesita proporcionar menos polvo cargado con mercurio al flujo de gas de derivación. La etapa adicional de desempolvado mejora además una reducción catalítica selectiva de la corriente principal de los gases de combustión. Esta configuración se conoce comúnmente como "configuración de polvo baja". Además, el mercurio se oxida nuevamente y se adhiere mejor al polvo restante.

55 En esta solicitud, los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" indican una posición relativa a la dirección del flujo del gas de combustión, es decir, con respecto a la corriente de gas de derivación o a la corriente de gas de combustión

principal. Además, las palabras "corriente" y "flujo" se han usado indistintamente para indicar que los gases respectivos son transportados en conductos que conectan los componentes respectivos de la línea de clínker. "Corriente" y "flujo" a veces se han omitido por simplicidad en partes de esta solicitud, o en otras palabras, los términos "corriente" y "flujo" se han añadido a los términos gas de combustión y gas de derivación solamente, si parecía particularmente apropiado.

Solo para evitar ambigüedades, la vaporización de mercurio significa una transición de fase de mercurio metálico o de compuestos de mercurio (tales como HgCL, HgCL₂, HgBr, HgBr₂, ...) de una fase líquida o sólida a una fase gaseosa. De manera más breve, el término "mercurio", a menos que se indique explícitamente, significa mercurio en cualquier forma (metálica, iónica, ligada a un compuesto, ...). La condensación a su vez es una transición de fase desde la fase gaseosa a la fase líquida o sólida. Los otros metales pesados y sus compuestos muestran un comportamiento similar y se pueden eliminar esencialmente de la misma manera, siempre que la temperatura de ebullición respectiva se encuentre por debajo de la temperatura del gas de derivación.

El término filtro se usa en la presente memoria descriptiva solo para indicar que la materia en polvo (u otro sólido) es eliminada de una corriente de gas. En general, es irrelevante qué proceso se utilice para separar el polvo del gas. Se han sugerido muchas técnicas diferentes y se pueden emplear de acuerdo con lo que sea necesario. Los filtros de bolsa, por ejemplo, son baratos pero no adecuados para desempolvar gases calientes. Los filtros de cerámica, los precipitadores electrostáticos y los ciclones también se pueden usar a temperaturas elevadas.

Descripción de Dibujos

En lo que sigue, la invención se describirá a modo de ejemplo, sin limitación del concepto general de la invención, en ejemplos de realizaciones con referencia a los dibujos.

La figura 1 muestra un dibujo esquemático de una línea de clínker de cemento.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo esquemático de un sistema de derivación de cloruro.

La línea de clínker de cemento en la figura 1 comprende, como es habitual, un precalentador 2, un horno 30 y un enfriador de clínker 4. La harina cruda 8 se precalienta en el precalentador 2 y es suministrada a la entrada 31 del horno. En el horno 30, la harina cruda 8 es calcinada y sinterizada en clínker. El clínker 9 se descarga en el enfriador de clínker 4 y puede ser procesado adicionalmente después de enfriarse (indicado por una flecha, que simboliza el clínker 9), por ejemplo, por molienda. El aire caliente del enfriador de clínker 4 es proporcionado al horno 30 como aire secundario y sale del horno 30 por su entrada 31 como gas de combustión o gas de escape. El citado gas de escape del horno está cargado de polvo y caliente (típicamente de 1500°C a 2000°C). La cantidad principal del gas de escape del horno (más brevemente, gas de combustión) es proporcionado al precalentador 2 para precalentar la harina cruda 8. Opcionalmente, se puede instalar un calcinador 5 entre el precalentador 2 y el horno 30. En ese caso, la harina cruda 8 se proporciona desde el precalentador 2 al calcinador 5 y desde el calcinador 5 al horno 30. Al menos una parte del gas de escape del horno puede ser proporcionada al precalentador 2 por medio del calcinador 5. Además, se puede proporcionar aire terciario desde el enfriador de clínker 4 al calcinador 5. El gas de combustión 38 que sale del precalentador 2 es enfriado como se ha indicado por un intercambiador de calor 10, que representa simplemente algunos medios de enfriamiento. El intercambiador de calor 10 permite recuperar energía térmica al enfriar el gas de combustión 38 y utilizar la energía térmica como calor de proceso. A continuación el gas de combustión es desempolvado como se indica por los medios de desempolvado 130, 135 o se usa para precalentar la harina cruda que se está produciendo en un molino 15 de harina cruda. La harina cruda 8 proporcionada por el molino 15 de harina cruda se proporciona al precalentador 2. El molino 15 de harina cruda también puede ser calentado por gas de derivación (ver la figura 2) u otros gases calientes, como está indicado por la entrada de gas caliente 16.

Con independencia de si el gas de combustión 39 se usa para calentar el molino 15 de harina cruda o si deriva el molino 15 de harina cruda, en cualquier caso el polvo es eliminado al menos por uno de los medios de desempolvado 130, 135. El polvo que es eliminado por los filtros comprende mercurio ya que debido a la etapa de enfriamiento indicada por el número de referencia 10, el mercurio es absorbido por el polvo. Una fracción del polvo se introduce en el precalentador de acuerdo con lo indicado por la punta de flecha 8, es decir, la fracción correspondiente del mercurio se reintroduce como harina cruda 8 en el precalentador 2. Otra fracción 110 puede ser eliminada e inyectarse en una corriente de gas de derivación 39 como se ha explicado en detalle con respecto a la figura 2.

La figura 2 muestra una ramificación de derivación de una línea de clínker de cemento. Al menos una fracción, típicamente de aproximadamente del 3% al 10% (posible del 1% al 30% o incluso más si es apropiado) del gas de escape del horno se extrae a través de una entrada de derivación de cloruro 35 (véase la figura 1) que es un escape de derivación del horno 30. Desde la citada entrada de derivación de cloruro 35, el gas de derivación 39 fluye con una temperatura T₀ típicamente de aproximadamente 1500°C a 2000°C a una primera entrada 41 de una cámara de mezcla 40 para mezclar el gas de derivación 39 con un gas de enfriamiento en una primera etapa de enfriamiento. El gas de enfriamiento puede ser proporcionado a la cámara de mezcla a través de una segunda entrada 42. De este

modo, la temperatura T_1 del gas de derivación que sale de la cámara de mezcla 40 a través de la salida 43 se puede ajustar, por ejemplo, de 350°C a 450°C. Aguas arriba de la cámara de mezcla 40, el polvo cargado con mercurio 110 previamente retirado de los filtros 130, 135 puede ser inyectado al gas de derivación 39. Alternativamente, o adicionalmente, también se puede inyectar otro polvo cargado con mercurio o materia 111. Este otro polvo cargado con mercurio puede ser, por ejemplo, algún producto de desecho cargado con mercurio de otro proceso industrial. Otro proceso industrial significa en la presente memoria descriptiva cualquier proceso que no es un subproceso de fabricación de clínker de cemento. Por ejemplo, la escoria que contiene mercurio podría tratarse utilizando la rama auxiliar de gases de combustión, para separar de esta manera el mercurio y reducir la cantidad de desechos contaminados con mercurio que se depositarán. Dependiendo de la composición del producto de desecho 111 y la cantidad a tratar, el polvo libre de mercurio 63 (o más en general la materia libre de mercurio 63) se puede proporcionar junto con la harina cruda al precalentador. Alternativamente, el polvo libre de mercurio 63 se puede usar como aditivo para el clínker.

Debido a la temperatura T_1 , el mercurio (y / o los compuestos de mercurio) del polvo cargado con mercurio se vaporiza en la corriente de gas de derivación 39, o en otras palabras, el mercurio del citado polvo 110, 111 obedece a una transición de fase a la fase gaseosa. Después de calentar el polvo 110, 111, está esencialmente libre de mercurio, o al menos tiene un contenido de mercurio significativamente reducido. A continuación, se inyecta un reductor 55 tal como amoníaco, amonio u otro producto similar en el gas de derivación como se indica por medio del recuadro de trazos 50. El recuadro de trazos indica que se inyecta el reductor. El gas de derivación 39 que contiene mercurio, enfriado y cargado con polvo, se canaliza subsiguientemente a un filtro de gas caliente 60 (como ejemplo para cualquier medio de desempolvado adecuado) para desempolvar del gas de derivación. Como se ha explicado más arriba, el filtro de gas caliente 60 puede comprender al menos un catalizador para reducir los óxidos de nitrógeno a nitrógeno diatómico y agua. Alternativamente, el catalizador puede ser una unidad separada como se indica por medio del recuadro de trazos 65. Por lo tanto, el gas de derivación es desempolvado y se desnitrifica usando una reducción catalítica selectiva (SCR), pero como la temperatura está todavía por encima de la temperatura de ebullición del mercurio, el mercurio permanece en el gas de derivación. El polvo 63 que es eliminado por el filtro de gas caliente 60 tiene una baja concentración de mercurio y se puede añadir a la harina cruda 8 a través del precalentador 2 al horno 30 (véase la figura 1).

El catalizador cambia el estado de oxidación del mercurio metálico Hg a Hg^{+2} mejorando su absorción posterior. A continuación, el gas de derivación 39 en el que se ha eliminado polvo se enfría a una temperatura T_2 por debajo de la temperatura de ebullición del mercurio, preferiblemente a aproximadamente 70°C a 150°C. Esto está simbolizado por un intercambiador de calor 70. El calor que es eliminado de la corriente de gas de derivación 39 en el intercambiador de calor puede ser utilizado como calor de proceso en el proceso de clínker o para calentar una caldera de vapor. Después de enfriar el gas de derivación a T_2 , se inyecta un adsorbente 85 en el gas de derivación 75 para adsorber el mercurio y preferiblemente otros metales pesados. Aguas abajo de la inyección, el adsorbente y, por tanto, el mercurio se eliminan de la corriente de gas de derivación 39 usando un filtro 80, que es un ejemplo de cualquier medio de desempolvado adecuado. El adsorbente cargado con mercurio 83 puede recircularse al menos en parte (ver flecha 84). Una parte adicional 87 del adsorbente cargado con mercurio se retira del proceso y es reemplazado por un adsorbente nuevo 86. El gas de derivación limpio que sale del filtro 80 en 82 tiene una baja concentración de polvo y un bajo contenido de mercurio. Se puede usar como gas de proceso, por ejemplo, para el secado de la harina cruda como se indica por 16. También se puede usar como gas de enfriamiento de acuerdo con lo indicado por la línea de trazos o liberado de acuerdo con lo indicado por 100. El gas de derivación limpio también puede ser proporcionado a través del conducto 16 al molino de harina cruda 15. En una realización adicional, el gas de derivación limpio puede ser alimentado al enfriador de clínker como enfriador.

Lista de números de referencia

45	2	precalentador
	4	enfriador de clínker
	5	calcinador
	6	conducto de aire terciario
	8	harina cruda
50	9	clínker
	10	medios de enfriamiento / intercambiador de calor (opcional)
	15	molino de harina cruda
	16	entrada de gas caliente

ES 2 665 331 T3

	20	medios de ventilación	
	26	medios de ventilación	
	27	medios de ventilación	
	30	horno	
5	31	entrada del horno (entrada de harina cruda y salida de gases de combustión)	
	35	entrada de derivación de cloruro	
	38	gas de combustión	
	39	gas de derivación de cloruro	
	40	cámara de mezcla	
10	41	primera entrada de la cámara de mezcla	
	42	segunda entrada de la cámara de mezcla	
	43	salida de la cámara de mezcla	
	50	inyector reductor	
	55	reductor	
15	60	medios de desempolvado	
	63	polvo, esencialmente libre de mercurio / materia	
	65	unidad de catalizador	
	70	medios de enfriamiento	
	75	medios de inyección de adsorbente	
20	80	medios de desempolvado / medios de eliminación de adsorbente	
	82	salida de gas de derivación desempolvado	
	83	adsorbente cargado con mercurio	
	84	adsorbente recirculado	
	85	adsorbente	
25	86	adsorbente nuevo	
	87	adsorbente eliminado	
	100	escape	
	110	polvo cargado con mercurio del proceso de clínker (opcional)	
30	111	producto de desecho cargado con mercurio (polvo / materia de otros procesos distintos del de fabricación de clínker) (opcional)	
	120	entrada de gas de enfriamiento	
	130	medios de desempolvado	
	135	medios de desempolvado	

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para fabricar clínker (9), comprendiendo el procedimiento al menos:
- sinterizar la harina cruda (8) en un horno (30) en clínker (9),
 - precalentar la harina cruda (8) en un precalentador (2) utilizando una corriente de gas de combustión principal (38) del horno (30) como fuente de calor,
 - desempolvar el gas de combustión principal (38) aguas abajo del precalentador (2) a una temperatura inferior al punto de ebullición del mercurio, obteniendo así polvo cargado con mercurio (110),
 - retirar una corriente de gas de combustión de derivación (39) del horno (30),
 - vaporizar al menos mercurio y / o un compuesto de mercurio en el gas de combustión de derivación (39) inyectando al menos una fracción del polvo cargado con mercurio (110) y / o productos de desecho cargados con mercurio (111) en la corriente de gas de combustión de derivación (39),
 - desempolvar la corriente de gas de combustión de derivación (39),
 - enfriar la corriente de gas de combustión de derivación (39) y unir el mercurio y / o el compuesto a un adsorbente (85), siendo inyectado el citado adsorbente en el gas de combustión de derivación enfriado (39),
 - eliminar el adsorbente (87) del gas de combustión de derivación (39) y procesar adicionalmente el gas de combustión de derivación (39).
- caracterizado en que** el procedimiento, además, comprende al menos:
- inyectar un reductor (55) antes de la etapa de desempolvado del gas de escape (39) en el gas de escape (39) y desempolvar el gas de escape (39) usando un filtro catalítico de gas caliente, oxidando átomos de mercurio de esta manera en el gas de combustión de derivación (39) y convertir los óxidos de nitrógeno en nitrógeno (N₂).
2. El procedimiento de la reivindicación 1,
- caracterizado en que**
- el polvo cargado con mercurio es añadido a un flujo de gas de transporte (120), que se mezcla con la corriente de gas de combustión de derivación (39) para enfriar el gas de derivación (39) aguas abajo.
3. El procedimiento de la reivindicación 2,
- caracterizado en que**
- el gas de transporte es el gas de combustión (38) que se desvía de la corriente de gas de combustión principal (38) antes de desempolvarlo para obtener el polvo cargado con mercurio (110).
4. El procedimiento de una de las reivindicaciones 1 a 3,
- caracterizado en que**
- el gas de combustión desempolvado (38) es proporcionado a un intercambiador de calor (10) para calentar un fluido portador de calor y, a su vez, enfriar el gas de combustión desempolvado (38) aguas abajo.
5. El procedimiento de una de las reivindicaciones anteriores,
- caracterizado en que**
- una fracción del adsorbente eliminado (83) es inyectada en el gas de combustión de derivación enfriado (39) y otra fracción (87) es eliminada del proceso.
6. El procedimiento de una de las reivindicaciones anteriores,
- caracterizado en que**

el gas de combustión (38) es enfriado aguas abajo del precalentador (2) y antes de su desempolvado.

7. Una línea de clínker de cemento, que comprende al menos:

- 5 - un horno (30) con un escape principal (38) para extraer una corriente de gas de combustión principal (38) y un escape de derivación (35) para extraer una corriente de gas de combustión de derivación (39).
- un precalentador (2) que está conectado al horno (30) para recibir la corriente principal de gas de combustión (38) del escape principal (38),
- primeros medios de desempolvado (60) aguas abajo del escape de derivación (35) para desempolvar el gas de combustión de derivación (39),
- 10 - segundos medios de desempolvado (130, 135) aguas abajo del precalentador (2) para desempolvar el gas de combustión (38) aguas abajo del citado precalentador (2)
- medios de transporte para transportar al menos una fracción del polvo (110) separado por los segundos medios de desempolvado (130, 135) y / o para transportar un producto de desecho cargado con mercurio (111) desde otros procesos a medios de inyección para inyectar la fracción del polvo (110) o el producto de desecho (111) al menos parcialmente en el gas de combustión de derivación (39) aguas arriba de los primeros medios de desempolvado (60), vaporizando de este modo al menos mercurio y / o un compuesto de mercurio comprendido en la citada fracción en el gas de combustión de derivación (39),
- 15 - medios de enfriamiento (70) aguas abajo de los primeros medios de desempolvado (60) para refrigerar el gas de combustión de derivación desempolvado (38),
- medios de inyección de adsorbente (75) aguas abajo de los medios de enfriamiento (70) para inyectar un adsorbente en la corriente de gas de combustión de derivación enfriado (39), y
- 20 - medios de eliminación de adsorbente (80) aguas abajo de los medios de inyección de adsorbente (75)

25 **caracterizada en que** comprende, además :

un catalizador (65) para la desnitrificación aguas abajo de los primeros medios de desempolvado (60) o incorporado en los primeros medios de desempolvado (60) y medios de inyección de reductor (50) para inyectar un reductor (55) aguas arriba del catalizador (65) en el gas de combustión en derivación (39).

30 8. La línea de clínker de cemento de la reivindicación 7,

caracterizada en que comprende, además, al menos,

medios de alimentación para alimentar al menos una fracción del adsorbente eliminado (83) a la entrada de adsorbente de los medios de inyección de adsorbente (75).

