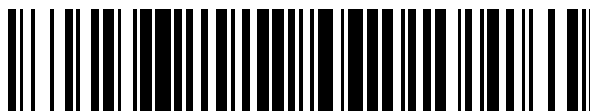


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 448 819**

51 Int. Cl.:

**B02C 15/04** (2006.01)

**B02C 23/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.03.2011** **E 11715869 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2013** **EP 2427271**

54 Título: **Procedimiento para la molienda de material a moler**

30 Prioridad:

**23.04.2010 DE 102010018046**

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

**17.03.2014**

73 Titular/es:

**LOESCHE GMBH (100.0%)**  
**Hansaallee 243**  
**40549 Düsseldorf, DE**

72 Inventor/es:

**BUCHANENKO, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 448 819 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 la molienda de material a moler

La invención se refiere a un procedimiento para la molienda de material a moler, en particular para la industria del cemento, así como industria del acero, industria de minerales, instalaciones de gasificación del carbón para la industria eléctrica e industria química.

La invención está prevista en particular para instalaciones de molienda de clínquer/escoria, en las que el material a moler insertado debe someterse a un procedimiento de secado con molienda. La invención es adecuada también para instalaciones de molienda de harina cruda de la industria del cemento.

Para instalaciones de molienda de cemento/escoria granulada de horno alto de la industria del cemento que funcionan en relación con un sistema de líneas de horno del procedimiento de combustión del clínquer, están a disposición por regla general los gases de escape formados en un horno tubular giratorio para cemento como fuente térmica para el secado del material a moler.

En el documento DE 198 36 323 C2 se describen instalaciones de molienda para material compuesto con molinos trituradores de rodillos con flujo de aire para procedimientos de secado con molienda.

Las instalaciones de secado con molienda sin fuentes ajenas, tales como por ejemplo gases de escape de horno tubular giratorio o gases refrigeradores de clínquer, requieren dispositivos adecuados, por ejemplo quemadores, en particular generadores de gas caliente, para la generación de un gas de procedimiento caliente, por ejemplo aire caliente, que se alimenta a un molino para el secado del material a moler húmedo y descarga de la cantidad de agua del circuito de molienda. A continuación debe comprender el término gas caliente o gas de procedimiento también aire o aire caliente, y el término aire fresco debe incluir siempre también gases frescos de otros procedimientos que presentan por ejemplo temperatura ambiente.

Para instalaciones de molienda de carbón en la industria de minerales, la industria siderúrgica (procedimiento de alto horno) y gasificación del carbón (centrales eléctricas e industria química) no están a disposición en la mayoría de los casos fuentes de energía ajenas para el procedimiento de secado en el molino.

Para garantizar el secado durante la molienda en un molino de flujo de aire vertical, por ejemplo un molino triturador de rodillos con flujo de aire y no quedar por debajo del punto de condensación del gas de procedimiento en el circuito de molinos se prevé en una instalación de molienda de cemento/escoria granulada de horno alto por regla general una temperatura de gas de procedimiento detrás de un clasificador de aproximadamente 80 °C a 100 °C. Los gases calientes que entran en el molino deben estar suficientemente secos para poder absorber la humedad contenida en el material a moler. Por este motivo no es posible conducir el aire de procedimiento en un circuito cerrado, sino que deben alimentarse al circuito de molienda continuamente aire ambiente y/o gases calientes secos desde fuera. El aire ambiente alimentado y/o los gases calientes alimentados deben descargarse, junto con la humedad del material absorbida, de nuevo en la chimenea. De manera condicionada mediante este tipo de procedimiento se produce un gran flujo de pérdida de calor, dado que los gases descargados en la chimenea presentan de aproximadamente 80 °C a 110 °C y el contenido en calor contenido en los mismos ahora no puede usarse posteriormente en el sistema de molienda.

El aire ambiente alimentado al sistema de molienda está compuesto por un lado por proporciones que se alimentan al sistema de manera controlada, por ejemplo como aire de combustión o aire fresco, y por proporciones que debido a impermeabilidades del sistema (aire infiltrado) se introducen de manera no controlada en el sistema.

En particular en instalaciones de molienda de escoria granulada de horno alto debe descargarse un caudal relativamente grande en la chimenea para eliminar del sistema la humedad contenida en el material insertado. La escoria granulada de horno alto presenta tras la granulación con agua un contenido en humedad alrededor del 30 %. Tras un drenaje previo puede ascender el contenido en humedad de la escoria granulada de horno alto, que se alimenta a un molino de flujo de aire vertical, aún hasta el 15 %.

La energía térmica alimentada al gas de procedimiento o al aire caliente con ayuda de un quemador, por ejemplo de un generador de gas caliente, se requiere en gran parte para la evaporación del agua presente en el material a moler insertado. Además se requiere energía térmica para calentar el aire infiltrado que va a introducirse de manera indeseada en el sistema desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de salida del molino, dado que a esta temperatura debe descargarse el aire infiltrado introducido a través de la chimenea. Una parte de la energía térmica alimentada se requiere además para calentar el aire de combustión necesario para el quemador así como el otro aire fresco (aire ambiente) alimentado al sistema hasta la temperatura de salida del molino para poder descargar de nuevo éste al ambiente a través de la chimenea.

En el documento EP 0 154 281 A2 se desvía el gas caliente que sirve para el secado con molienda en un molino después de la separación de polvo en un filtro como gas de escape caliente. Una parte de este gas de escape caliente se emite al ambiente, mientras que la otra parte se conduce como aire de circulación del molino a la entrada del molino y allí se calienta previamente el aire fresco alimentado al procedimiento, antes de que se introduzcan el

aire de circulación del molino junto con el aire fresco precalentado en el circuito de molienda.

La invención se basa en el **objetivo** de dar a conocer un procedimiento para la molienda de material a moler, en particular de escoria granulada de horno alto, una mezcla de escoria granulada de horno alto/cemento o una mezcla de cemento/aditivo, que presente un balance energético mejorado y debido a ello costes de funcionamiento más bajos.

De acuerdo con la invención se consigue el objetivo mediante las características de la reivindicación 1. Ciertas configuraciones ventajosas y convenientes están contenidas en las reivindicaciones dependientes y en la descripción de las figuras.

La invención se basa en la idea fundamental de permitir un ahorro energético mediante una temperatura de entrada del aire fresco lo más alta posible con contenido en humedad lo más baja posible.

De acuerdo con la invención se precalienta el aire fresco (aire ambiente) alimentado a un gas de recirculación o a un aire de recirculación como gas de procedimiento antes de la adición mezclando al gas de recirculación mediante la transmisión de la energía térmica del gas de escape que va a descargarse al ambiente. El calor del gas de escape emitido hasta ahora a través de una chimenea al ambiente se usa, por consiguiente, para el calentamiento del aire fresco (aire ambiente) que va a alimentarse de manera controlada.

Es ventajoso alimentar el aire fresco del ambiente y el gas de escape caliente del sistema de molienda después del filtro para la separación del material fino de una mezcla de material fino y gas y de un ventilador de molino a un dispositivo para la transmisión de la cantidad de calor del gas de escape al aire fresco.

Convenientemente, un dispositivo de este tipo es un intercambiador de calor de gas/gas, en el que el aire fresco (aire ambiente) y el gas de escape caliente se conducen por ejemplo en corriente continua, corriente cruzada o contracorriente. El gas de escape caliente se enfría con la emisión de energía térmica al aire fresco que se calienta y accede después de nuevo a la conducción de gas de escape y puede emitirse a través de una chimenea con una cantidad de energía más baja al ambiente, de manera que se reduce claramente la energía térmica que va a alimentarse en total al sistema de molienda.

El aire fresco precalentado en el medio transmisor térmico puede añadirse mezclando al quemador como aire de combustión y/o al gas de recirculación antes o en el molino.

El procedimiento eficaz de acuerdo con la invención puede usarse de manera especialmente ventajosa en instalaciones de molienda cemento/escoria granulada de horno alto. Una parte del flujo de aire de escape caliente se desvía después del ventilador de molino con ayuda al menos de una válvula de mariposa y se alimenta al intercambiador de calor para el precalentamiento de aire fresco del ambiente. El aire ambiente presenta a este respecto una temperatura y humedad predeterminadas mediante las condiciones ambientales. Mediante el precalentamiento del aire fresco en el intercambiador de calor, éste está a disposición en el sistema de molienda con la humedad ambiente, sin embargo con temperatura claramente elevada.

Una ventaja esencial del procedimiento de molienda energéticamente eficaz de acuerdo con la invención consiste en que en el intercambiador de calor se intercambia únicamente la energía térmica entre los dos flujos de gas del aire de escape caliente y del aire fresco, sin embargo no la humedad del flujo de aire de escape.

Al quemador por ejemplo de un generador de gas caliente se alimenta de manera controlada el aire fresco precalentado como aire de combustión a través de un ventilador de aire fresco propio del quemador. Antes del molino se prevé en la conducción de recirculación una válvula de aire fresco, para que pueda alimentarse de manera controlada el aire fresco adicional necesario para el procedimiento.

Es ventajoso que el intercambiador de calor pueda integrarse con el espacio necesario más bajo en la instalación de molienda y necesita únicamente algunas tuberías adicionales entre el quemador del generador de gas caliente, la chimenea y la conducción de recirculación para la realización del dispositivo de recuperación de calor en la instalación de molienda.

Es conveniente cuando el intercambiador de calor presenta para el condensado del gas de procedimiento una cuba de condensado que puede estar dispuesta por debajo del intercambiador de calor. El condensado acumulado puede descargarse al red de aguas residuales o puede usarse de nuevo como agua de inyección del molino. Un nuevo uso del condensado como agua de inyección del molino conduce a una reducción ventajosa de la necesidad de agua de la instalación.

El procedimiento de acuerdo con la invención descrito hasta ahora se refiere únicamente al precalentamiento de la cantidad de aire ambiente alimentada al sistema, lo que conduce ya a las ventajas mencionadas anteriormente.

En una variante ampliada del procedimiento de acuerdo con la invención puede usarse adicionalmente la energía térmica del aire de escape caliente para sustituir una parte del gas de recirculación por aire fresco precalentado con la humedad baja contenida en el mismo. Con ello puede conseguirse un punto de condensación esencialmente más

bajo en el circuito de gas de procedimiento, de modo que la temperatura después del molino o del clasificador puede reducirse, lo que a su vez conduce a otro ahorro energético del sistema de molienda.

Otra ventaja de la sustitución de gas de recirculación por aire fresco precalentado consiste en una reducción de la humedad del gas caliente alimentado al molino. Mediante la entrada del gas más seco en el molino se produce una transferencia de materia mejorada del agua contenida en el material a moler insertado en la fase gaseosa. De manera condicionada por esto puede reducirse la temperatura de entrada del molino del gas, lo que conduce otra vez a una reducción de la necesidad de energía. Dado que de manera conocida la densidad de un gas húmedo es más baja que la de un gas seco, se eleva la capacidad de carga del gas para el transporte del material a moler. Debido a ello puede reducirse cuantitativamente el flujo de gas que va a conducirse por el molino. Resultan ventajas también mediante una estabilidad de marcha mejorada del molino. En el caso extremo es posible sustituir el gas de recirculación completamente por aire fresco (aire ambiente) precalentado, de modo que la conducción de recirculación puede suprimirse completamente.

Otra ventaja del sistema resulta cuando se llega a reducir el aire infiltrado que se introduce hasta ahora de manera no controlada en el sistema, ya que sería posible entonces alimentar a través del intercambiador de calor al sistema también este aire ambiente de manera controlada y precalentada.

La invención se explica adicionalmente a continuación por medio de un ejemplo de realización. La correspondiente figura de dibujo muestra un diagrama de flujo de una instalación de molienda con un molino 3, un clasificador 5, un filtro 7 y un ventilador de molino 8 conectado posteriormente así como con un generador de gas caliente 18 para la generación de gas caliente 4 o aire caliente.

En caso del molino 3 se trata de un molino de flujo de aire vertical 13 con un clasificador integrado 5. El gas caliente 4 o aire caliente se alimenta como gas de procedimiento al espacio de molienda del molino 3 para secar el material a moler húmedo 2, por ejemplo escoria granulada de horno alto o una mezcla de escoria granulada de horno alto/cemento o una mezcla de cemento/aditivos durante la molienda. Una mezcla de polvo y gas 6 llega en una conducción de conexión debido al vacío parcial generado por el ventilador de molino 8 después del molino 3 con clasificador 5 al filtro 7, donde se separa el material fino y después se alimenta el gas de escape caliente 9 a través del ventilador de molino 8 a una chimenea 21 para la descarga al ambiente. Según esto el cemento puede ser también clínquer de cemento.

Una parte del gas de escape caliente o del aire de escape caliente 9 se desvía de la conducción de gas de escape y se alimenta como gas de recirculación 11 a un dispositivo 18 para el calentamiento, por ejemplo a un generador de gas caliente.

De acuerdo con la idea inventiva de la reducción de la necesidad energética se alimenta una proporción predeterminable del flujo de gas de escape caliente 9 antes de la chimenea a un intercambiador de calor 10. En el intercambiador de calor 10 se conduce aire fresco 12 del ambiente, de modo que se realiza una transmisión de la energía térmica desde el aire de escape caliente 9 al aire fresco 12, que entonces se alimenta como aire fresco precalentado 16 al ventilador de aire de combustión de quemador 19 como aire de combustión 17 y además se añade mezclando por medio de una válvula de regulación o de aire fresco 20 al gas de recirculación caliente 11 después del generador de gas caliente 18, sin embargo antes del molino 3. Ha de indicarse que es insignificante para la idea inventiva cómo y de qué modo está incorporado el generador de gas caliente en el circuito de molienda. Es decisivo únicamente que el aire alimentado al generador de gas caliente se precaliente en un intercambiador de calor. Una alimentación del aire fresco precalentado 16 a través de la válvula de mariposa 20 es posible igualmente antes del generador de gas caliente 18 en la conducción de recirculación 11.

Dado que el aire de escape caliente 9 en particular con cantidades distintas no puede conducirse en todos los estados de funcionamiento por el intercambiador de calor 10, se dispone además de una válvula de mariposa 14 en la conducción de aire de escape hacia la chimenea 21 otra válvula de mariposa 15 en una conducción de alimentación para un flujo de aire de escape desviado 9. Las dos válvulas 14, 15 están conectadas de manera paralela, de modo que no aumenta la pérdida de presión.

Al quemador 22 en el generador de gas caliente 18 se alimenta el aire fresco precalentado 16 a través de un ventilador de aire fresco 19 propio del quemador.

Ha de indicarse otra vez que en el caso del diagrama de flujo representado se trata únicamente de una posibilidad de distribución de la instalación. Es decisivo para la idea inventiva que en instalaciones de molienda de cemento/escoria granulada de horno alto se precaliente una parte o también todo el aire ambiente, que se alimenta al circuito de molienda, previamente en un intercambiador de calor 10.

En un ejemplo se alimentó al molino triturador de rodillos con flujo de aire 13 escoria granulada de horno alto como material a moler 2 con un contenido en agua del 12 % y una temperatura de 10 °C. Como dispositivo 18 para el calentamiento del aire caliente 4 que va a alimentarse al molino triturador de rodillos con flujo de aire 13 se consideró un generador de gas caliente 18 que se encuentra en la conducción de recirculación. De acuerdo con el balance de calor pudieron alimentarse 46.879 m<sup>3</sup>/h de aire fresco 12. Todo el flujo de calor que va a alimentarse ascendía a 43,03 GJ/h. El flujo de aire de escape que va a descargarse en la chimenea ascendía sin recuperación

de calor o el procedimiento descrito nuevo a 142.946 m<sup>3</sup>/h a una temperatura de 98,2 °C y un punto de condensación de 58,1 °C.

- 5 Con un intercambiador de calor 10 configurado como intercambiador de calor de placas de corriente cruzada para la reducción de energía del gas de escape caliente 9 que va a descargarse en el ambiente se precalentó el aire fresco 12 desde una temperatura de entrada antes del intercambiador de calor 10 de 10 °C hasta 82,1 °C después del intercambiador de calor 10. De gas de escape 9 se requirieron únicamente 100.440 m<sup>3</sup>, que se enfriaron desde 98,2 °C hasta 88,9 °C. El flujo de aire de escape residual 9 se desvió a la chimenea 21. Con el aire fresco 16 precalentado hasta 82,1 °C se redujo el flujo de calor que va a generarse en el generador de gas caliente 18 hasta 38,62 GJ/h, lo que con el uso de aceite pesado como combustible del quemador 22 del generador de gas caliente 18 conduce a una reducción de combustible de aproximadamente 110 kg/h y por consiguiente a un ahorro de aproximadamente 20.000,- € por mes.

Con el procedimiento de molienda eficaz de acuerdo con la invención con el uso de un intercambiador de calor puede conseguirse con un gasto técnico de inversión relativamente bajo un ahorro de energía considerable y con ello una reducción de los costes de funcionamiento en la molienda de material a moler húmedo.

- 15 La invención no está limitada a un secado con molienda con un molino de flujo de aire vertical, sino que es adecuada también para procedimientos de molienda con otros tipos de molino, por ejemplo trituradoras de rodillos, molinos tubulares y/o procedimientos de molienda de dos etapas con un gas de procedimiento caliente, conducido en el circuito. Ciertos usos ventajosos del procedimiento son además de la industria del cemento con molienda de escoria granulada de horno alto/cemento y harina cruda también instalaciones de molienda de carbón en la industria
- 20 de minerales y siderúrgica y la gasificación de carbón.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la molienda de material a moler, en particular para la industria del cemento, en el que el material a moler (2) se somete en un molino (3) con alimentación de un gas caliente (4) a un secado con molienda, se clasifica y se alimenta como mezcla de polvo y gas (6) a un filtro (7) para la separación del polvo, y en el que se desvía el gas caliente (4) después del filtro (7) y un ventilador de molino (8) como gas de escape caliente (9) y se descarga a través de una chimenea (21) al ambiente, mientras que una parte del gas de escape caliente (9) se alimenta como gas de recirculación (11) después de la adición mezclando de aire fresco u otros gases de procedimiento (12) de nuevo al molino (3), en el que una parte o todo el aire fresco alimentado al procedimiento u otros gases de procedimiento (12) se precalientan antes de la incorporación al circuito de molienda, en particular antes de la adición mezclando al gas de recirculación (11), **caracterizado porque** para el precalentamiento del aire fresco o de los otros gases de procedimiento (12) se usa al menos una parte o también todo el gas de escape caliente (9) que va a alimentarse a la chimenea (21) y **porque** el gas de escape caliente (9) usado para el precalentamiento del aire fresco o de los otros gases de procedimiento (12) se emite con una temperatura más baja a través de la chimenea (21) al ambiente.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el aire fresco o los otros gases de procedimiento (12) y el gas de escape caliente (9) se alimentan a un dispositivo (10) para la transmisión de la energía térmica del gas de escape caliente (9) al aire fresco o los otros gases de procedimiento (12).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** el aire fresco o los otros gases de procedimiento (12) y el gas de escape caliente (9) se alimentan a un intercambiador de calor (10) y se conducen en corriente continua, corriente cruzada o contracorriente y se calientan o se enfrían.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** como material a moler (2) se someten clínquer de cemento y/o aditivos y/o escoria granulada de horno alto en un molino triturador de rodillos con flujo de aire (13) a un secado con molienda, **porque** como gas caliente se alimenta aire caliente (4) y **porque** una parte del flujo de aire de escape caliente (9) se desvía después del ventilador de molino (8) con ayuda de al menos una válvula de mariposa (14, 15) y se alimenta al intercambiador de calor (10) para el precalentamiento de aire fresco (12), que presenta como aire ambiente una temperatura y una humedad predeterminadas mediante las condiciones ambiente.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado porque** se alimenta un caudal de aire fresco regulable (12) al intercambiador de calor (10) y se precalienta en el mismo y **porque** el aire fresco precalentado (16) se alimenta a un dispositivo (18) para el calentamiento del aire de recirculación (11) como aire de combustión (17) y/o se añade mezclando al aire de recirculación (11) después o antes del dispositivo (18).
6. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, **caracterizado porque** al menos una parte del flujo de aire de escape caliente (9) con ayuda de dos válvulas de mariposa (14, 15), que están conectadas de manera paralela, se desvía y se alimenta al intercambiador de calor (10).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado porque** como dispositivo para el calentamiento del aire de recirculación (11) se usa un generador de gas caliente (18) con un quemador (22), al que se alimenta el aire fresco precalentado (16) como aire de combustión (17) a través de un ventilador de aire fresco (19) propio del quemador.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 7, **caracterizado porque** como intercambiador de calor (10) se usa un intercambiador de calor con rotor con medio de almacenamiento o un intercambiador de calor de placas y se acumula el condensado producido del gas de escape (9) por debajo del intercambiador de calor (10).
9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el condensado acumulado se descarga en el sistema de aguas residuales o se usa posteriormente como agua de inyección del molino.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** para la reducción del punto de condensación y de la temperatura del gas caliente (6) después del clasificador (5) y/o para la reducción del contenido en humedad del gas (4) antes del molino (3) se sustituye el gas de recirculación (11) parcialmente por el aire fresco (16) precalentado en el intercambiador de calor (10).
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el gas caliente o el aire caliente (4) se alimentan al molino (3, 13) con una temperatura > 150 °C.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se precalienta aire fresco (12), que se alimenta al intercambiador de calor (10) con una temperatura ambiente de aproximadamente 10 °C y un contenido en humedad relativa de aproximadamente el 70 %, hasta una temperatura de aproximadamente 80 °C y un contenido en humedad relativa del 1 % y al mismo tiempo se enfría el aire de escape (9) en el intercambiador de calor (10) desde aproximadamente 109 °C hasta aproximadamente 90 °C.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el aire infiltrado que va a introducirse como consecuencia del vacío parcial que impera en el molino (3), el clasificador (5), el filtro (7) y las conducciones de conexión se sustituye al menos parcialmente por aire fresco precalentado (16).

