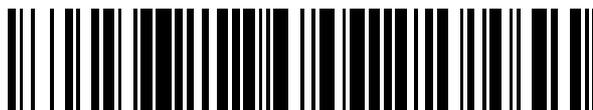


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 815**

51 Int. Cl.:

B01D 53/10 (2006.01)

C04B 7/36 (2006.01)

F27B 7/20 (2006.01)

F27D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **10740229 .9**

96 Fecha de presentación: **05.08.2010**

97 Número de publicación de la solicitud: **2437866**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.04.2012**

54 Título: **Procedimiento e instalación para la separación de mercurio de gases de escape de un proceso de producción de cemento**

30 Prioridad:

11.08.2009 DE 102009036950

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

14.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

14.12.2012

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP POLYSIUS AG (100.0%)
Graf-Galen-Strasse 17
59269 Beckum, DE**

72 Inventor/es:

**SCHULZ, DIETMAR;
BRENTROP, LUDGER;
MENZEL, KARL;
BEILMANN, REINHARD;
KUPPER, DETLEV y
TERRY, MARK**

74 Agente/Representante:

TORO GORDILLO, Francisco Javier

ES 2 392 815 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 e instalación para la separación de mercurio de gases de escape de un proceso de producción de cemento

5 La invención se refiere a un procedimiento y a una instalación para la separación de mercurio de gases de escape de un proceso de producción de cemento.

10 El mercurio es un metal pesado muy volátil que está presente de forma líquida incluso a temperaturas ambiente. El punto de ebullición del mercurio asciende a 357 °C. Debido a estas propiedades, el mercurio se transfiere en procesos de combustión, tales como la producción de cemento, completamente al gas de humo y se emite a través de la chimenea. Durante la generación de clínker se introduce mercurio a través de materiales crudos y combustibles en el proceso.

15 La producción de clínker se realiza habitualmente en dos estados de funcionamiento, el funcionamiento compuesto y el directo. Después de abandonar el precalentador, el gas de humo cargado con polvo se conduce en el funcionamiento compuesto al molino para material crudo, donde se muele el material crudo y se seca mediante la energía térmica del gas de escape del horno. Después de la separación de la harina cruda en ciclones, el gas de humo se conduce a través de un filtro (filtro textil o electroestático) para el desempolvamiento. En el funcionamiento
20 directo, el molino no se hace funcionar y el gas de escape del horno, después de un enfriamiento con aire o una inyección de agua a través de boquillas, se conduce directamente al filtro. El gas desempolvado llega a través de la chimenea a la atmósfera. Con ello, en el funcionamiento compuesto se separa en el filtro el polvo que se emite tanto desde el horno como a través del molino para material crudo. Por el contrario, en el funcionamiento directo en el filtro se separa solamente el polvo que procede del horno.

25 Debido a la condensación dependiente de la temperatura y la adsorción en la harina cruda y en el polvo del filtro se extraen del gas de humo en el funcionamiento compuesto grandes cantidades de mercurio, de tal manera que con frecuencia se pueden cumplir los valores límite legales existentes. La causa de esto es la buena sorción del mercurio en el área de secado de molienda que se debe al íntimo contacto gas-sólido, bajas temperaturas de
30 aproximadamente 90 °C y la generación de superficies muy grandes mediante la molienda muy fina de la harina cruda de cemento hasta diámetros de grano de menos de 100 µm. A este respecto, el mercurio se acumula tanto en la harina cruda de cemento que se separa en los ciclones de molino como en el polvo de filtro del filtro que durante el funcionamiento compuesto se expone a la fracción más fina del producto de molino terminado.

35 Esta sorción del mercurio en las partículas finas de la harina de piedra caliza conduce a una concentración del metal pesado en el sistema del horno, ya que el mercurio unido durante el proceso de combustión se vuelve a expulsar de la harina de piedra caliza para unirse de nuevo en el molino. Durante el tiempo de marcha del molino, con ello, aumenta la concentración de mercurio tanto en el gas de escape del horno delante del molino como en la harina cruda de cemento molida de forma terminada al igual que el polvo de filtro.

40 Si se desconecta el molino, el gas de escape enriquecido con mercurio después de un enfriamiento con aire o agua llega directamente a la instalación de filtro. La sorción de mercurio en el filtro se desarrolla claramente peor en comparación con la sorción en el molino. La causa de esto son las temperaturas claramente mayores de
45 aproximadamente 120-180 °C y el peor entremezclado de gas y sólido. Con ello, durante el funcionamiento directo se producen emisiones claramente mayores de mercurio y una descarga parcial del circuito de mercurio.

En la técnica de centrales eléctricas o en la combustión de residuos se usa para la separación de mercurio el procedimiento de corriente de arrastre. En este caso se inyectan a través de boquillas en el gas de humo sorbentes, tales como, por ejemplo, carbón activado, coque de horno de solera o mezclas de carbono/calcio. El mercurio se
50 adsorbe en el sorbente y de este modo se separa a través del filtro de polvo posterior. Dependiendo de la temperatura del gas de humo puede requerirse un enfriamiento del gas de humo.

Un procedimiento de este tipo se describe, por ejemplo, en el documento DE 30 18 319 A1. A este respecto se inyecta a través de boquillas agua para el enfriamiento del gas de humo o una suspensión de calcio en el gas de
55 humo para favorecer la sorción de mercurio en el polvo o en el calcio. El mercurio sorbido se retira del gas de humo con el polvo.

Este procedimiento no es suficiente en la industria cementera, ya que el sorbente se separaría junto con el producto de molino en un filtro y, con ello, no se podría eliminar el polvo. Ya que el polvo tiene que suministrarse de nuevo al
60 proceso, con ello, no se produce una disminución de mercurio, sino una concentración en el proceso. La alternativa de colocar un filtro exclusivamente para la separación del sorbente del gas de humo ya limpiado de los polvos del proceso aumenta la complejidad de la instalación.

Por tanto, existe la necesidad de acondicionar el polvo de filtro en el funcionamiento compuesto y, dado el caso, el
65 sorbente mezclado con el polvo de filtro que se insufló para mejorar la sorción en el filtro, es decir, liberar el mismo de su carga de mercurio, de tal manera que se pueda volver a suministrar la corriente de material al proceso de

producción sin causar al mismo tiempo un enriquecimiento del mercurio en el proceso.

5 En la solicitud de patente EP 0 272 465 A1 se representa un proceso para la separación de sólidos en un circuito. El medio portador (habitualmente aire) necesario puede transportarse en un circuito. En este caso se retiran constituyentes sólidos mediante separadores (ciclones y filtros de gas caliente) del proceso, después de que se hayan transferido las contaminaciones mediante expulsión térmica de los sólidos al gas portador. Los contaminantes se eliminan mediante condensación en una o varias torres de lavado posteriores y un separador del gas y, de este modo, se pasan de la fase gaseosa a la fase líquida.

10 Sin embargo, este procedimiento tiene la desventaja de que en el circuito de gas no existe una temperatura constante. De este modo se realizan el calentamiento con el fin de la liberación de contaminantes y el enfriamiento con el fin de la condensación de contaminantes en un circuito. La eliminación completa de sólidos en el circuito plantea además elevados requisitos económicos al filtro de gas caliente usado.

15 Por el documento US 2009/0193968 A1 se conoce un procedimiento adicional para la separación de mercurio durante la producción de cemento. En este caso se pone en contacto polvo de filtro que contiene mercurio en una zona de reacción con gases de escape calientes, pasándose el mercurio a la fase gaseosa. Después de la filtración del polvo se suministra al gas que contiene mercurio un sorbente, en el que se acumula el mercurio después del enfriamiento. En un filtro adicional se vuelve a filtrar finalmente el sorbente. El procedimiento trabaja con bajas concentraciones de mercurio en la fase gaseosa y volúmenes de construcción innecesariamente grandes de los separadores. El calentamiento y el enfriamiento posterior de todo el gas portador tampoco son adecuados energéticamente.

20 Por el documento DE 41 20 277 A1 se conoce además un procedimiento para la limpieza de gases de escape de instalaciones de hornos industriales.

25 A este respecto se separa mercurio de gases de escape de un proceso de producción de cemento, sorbiéndose el mercurio en un sorbente y suministrándose el sorbente a un reactor de expulsión que se hace funcionar con un gas portador, donde el sorbente a continuación se calienta a temperaturas de más de 250 °C, de tal manera que el mercurio se expulsa del sorbente y se pasa a la fase gaseosa. El gas enriquecido con mercurio del reactor de expulsión se desempolva a continuación en un dispositivo de desempolvamiento previo y el gas enriquecido con mercurio y desempolvado se limpia en una etapa de sorción posterior.

30 En el documento EP 0 299 340 A1 se describe un procedimiento para la retirada de compuestos de metales pesados del polvo de filtro de instalaciones industriales mediante separación térmica al calentar el polvo de filtro en un recipiente de reacción hasta la temperatura de evaporación y al transportar los vapores de metal pesado formados con ayuda de un gas portador a un refrigerador y al enfriar bruscamente, condensar, sublimar y retirar los mismos en ese lugar. A este respecto se conduce el gas portador en un circuito.

35 Por el documento US 2005/0075236 A1 se puede obtener una separación de mercurio mediante polvo volátil y una cantidad inyectada adicionalmente en el gas de escape de carbón activado como sorbente y desorción posterior mediante calentamiento.

40 La invención se basa ahora en el objetivo de indicar un procedimiento así como una instalación para la separación de mercurio de gases de escape de un proceso de producción de cemento, posibilitándose un cumplimiento seguro de valores límite legales con una reducida complejidad térmica.

De acuerdo con la invención se resuelve este objetivo mediante las características de las reivindicaciones 1 y 13.

45 En el procedimiento de acuerdo con la invención para la separación de mercurio de gases de escape de un proceso de producción de cemento se sorbe el mercurio en un sorbente y se suministra a un reactor de expulsión que se hace funcionar con un gas portador. El sorbente se calienta en ese lugar a temperaturas de más de 250 °C, de tal manera que se expulsa el mercurio del sorbente y se pasa a la fase gaseosa, desempolvándose el gas enriquecido con mercurio del reactor de expulsión a continuación en un equipo de desempolvamiento previo y retirándose solo una corriente parcial del gas enriquecido y desempolvado de este modo a altas temperaturas y limpiándose en una etapa de sorción posterior, mientras que la corriente parcial restante en un sistema de transferencia de calor se lleva hasta la temperatura requerida para la expulsión del mercurio en el reactor de expulsión y se suministra de nuevo como gas portador al reactor de expulsión.

50 A este respecto se conduce el gas portador en un circuito, de tal manera que el mercurio expulsado se concentra en la fase gaseosa y se elimina solo una corriente parcial con altas concentraciones de mercurio y se limpia en una etapa de sorción posterior. El retorno del gas portador está asociado a una reducida complejidad térmica, ya que el gas de escape no se enfría. Solamente se enfría la corriente parcial eliminada con alta concentración de mercurio.

55 La instalación de acuerdo con la invención para la realización del procedimiento anterior está compuesta esencialmente por

- a. un reactor de expulsión que se puede exponer al sorbente y que se puede hacer funcionar con un gas portador,
- b. un equipo de desempolvamiento previo para el desempolvamiento del gas enriquecido con mercurio del reactor de expulsión,
- c. un equipo de separación que está unido con el equipo de desempolvamiento previo y que prevé dos salidas,
- d. así como una etapa de sorción posterior,

estando unida una de las salidas del equipo de separación con la etapa de sorción para el suministro de la corriente parcial y la otra salida a través de un sistema de transferencia de calor antepuesto al suministro de material con el reactor de expulsión para el retorno y el calentamiento de la corriente parcial restante como gas portador.

Otras configuraciones de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes. De acuerdo con una configuración preferente de la invención, en el caso del sorbente se trata de polvo del proceso de producción de cemento, particularmente de harina cruda de cemento y/o polvo de horno. Además puede preverse que se inyecte un sorbente adicional en el gas de escape del proceso de producción de cemento y que el sorbente con el mercurio acumulado se separe en un filtro y se suministre al reactor de expulsión.

De acuerdo con otra variante del procedimiento, el polvo contenido en el gas de escape del proceso de producción de cemento sirve como primer sorbente para el mercurio, añadiéndose además un segundo sorbente y separándose el primer y el segundo sorbente con el mercurio acumulado de forma conjunta en un filtro y suministrándose al reactor de expulsión.

Sin embargo, también se puede concebir que se inyecte en el gas de escape detrás del filtro un segundo sorbente, separándose el segundo sorbente con el mercurio acumulado en un segundo filtro y tratándose el primer sorbente separado y el segundo separado de forma independiente entre sí en el reactor de expulsión.

El gas de escape del reactor de expulsión se retira preferentemente de forma continua a temperaturas altas y se suministra entre el reactor de expulsión y la etapa de sorción posterior a un separador, suministrándose el sorbente separado al proceso de producción de cemento o inyectándose de nuevo como sorbente en el gas de escape del proceso de producción de cemento. Por ello se posibilita una separación de mercurio continua, un mantenimiento seguro de valores límite legales y una recirculación de los polvos con una complejidad lo más baja posible.

Después de que se elimine y enfríe solo una pequeña corriente de gas con alta concentración de mercurio, mientras que la corriente parcial restante se suministra de nuevo como gas portador al reactor de expulsión, solo se tiene que suministrar el calor de la corriente parcial retirada y la pérdida de calor del reactor de expulsión como energía térmica al proceso. La necesidad de calor del reactor de expulsión puede cubrirse, por ejemplo, mediante extintores con gases de escape del proceso de producción de cemento o proporcionarse mediante un sistema de transferencia de calor, transfiriéndose el calor de salida de gases de escape del proceso de producción de cemento indirectamente al gas portador del reactor de expulsión.

El reactor de expulsión se hace funcionar preferentemente como reactor de lecho fluidizado.

De acuerdo con una configuración adicional de la invención se desempolva el gas portador conducido en el circuito después de cada paso. También la corriente parcial retirada se desempolva y enfría. El mercurio de la corriente parcial retirada, por ejemplo, se retira mediante adsorción en un lecho fijo de carbón activado o en la corriente de arrastre mediante adsorción de carbón activado inyectado.

La cantidad de gas portador reducida mediante la corriente parcial retirada para el reactor de expulsión se compensa, por ejemplo, mediante aire de salida de proceso del proceso de producción de cemento y/o aire fresco y/o recirculación de la corriente parcial limpiada.

A continuación se explican con más detalle otras ventajas y configuraciones de la invención mediante la siguiente descripción y el dibujo.

En el dibujo muestran

La Figura 1, un diagrama de bloques de una instalación para la producción de cemento y para la separación de mercurio,

En la Figura 2, una forma de realización alternativa de la separación del sorbente enriquecido con mercurio de acuerdo con el detalle X en la Figura 1,

En la Figura 3, una forma de realización alternativa de la etapa de sorción posterior de acuerdo con el detalle Y de la Figura 1 y

En la Figura 4, una forma de realización alternativa adicional de la etapa de sorción posterior de acuerdo con el

detalle Y de la Figura 1.

La Figura 1 muestra una instalación con todos los equipos esenciales para la producción de clínker de cemento así como para la separación de mercurio de los gases de escape del proceso de producción de cemento.

La instalación para la producción de clínker de cemento está compuesta esencialmente de un horno, provisto de la referencia 1, con refrigerador, un precalentador 2, un molino para material crudo 3, un ciclón 4 así como un silo 5.

Durante el denominado funcionamiento compuesto se conduce gas de escape de precalentador 7 cargado con polvo al menos parcialmente al molino para material crudo 3, donde el material crudo 6 se muele y se seca mediante la energía térmica de los gases de escape del precalentador. Después de la separación de la harina cruda 6a en el ciclón 4, la misma se almacena temporalmente en un silo 5 antes de que se trate térmicamente en el precalentador, horno y refrigerador del modo conocido.

El gas de escape del ciclón 4 y los gases de escape del precalentador 7 en un caso dado no conducidos al molino para material crudo 3 se suministran como gas de escape 7' del proceso de producción de cemento para el desempolvamiento a un filtro 8. En este caso puede tratarse, por ejemplo, de un filtro textil o electrostático. El gas desempolvado llega a través de una chimenea 9 a la atmósfera. Por tanto, durante el funcionamiento compuesto en el filtro 8 se separa tanto el polvo del horno/precalentador como el polvo del molino para material crudo 3.

Durante el funcionamiento directo, el molino para material crudo 3 y el ciclón 4 no se usan, de tal manera que en el filtro 8 se separa solamente el polvo que se emite por el horno o el precalentador.

Mediante condensación y adsorción se acumula el mercurio en el polvo contenido en el gas de escape. El mercurio se separa junto con el polvo en el filtro 8. Durante el funcionamiento compuesto se realiza una sorción muy buena del mercurio en el área del secado de molienda, que se debe al contacto íntimo gas-sólido, las bajas temperaturas de aproximadamente 90 °C y la generación de superficies muy grandes mediante la molienda muy fina del material crudo hasta diámetros de grano de menos de 100 µm.

Sin embargo, si se hace funcionar la instalación cementera en el funcionamiento directo, el gas de escape de precalentador 7 enriquecido con mercurio después de un enfriamiento no representado con aire o agua llega directamente al filtro 8. Ya que la sorción en el polvo en este caso resulta claramente peor, la inyección de un sorbente 10 adicional, particularmente carbono, es particularmente razonable en este caso. Sin embargo, el sorbente adicional puede añadirse también en el funcionamiento compuesto para continuar mejorando la sorción.

El sorbente 11 separado en el filtro 8 está compuesto al menos por el primer sorbente formado por polvo y dado el caso el segundo sorbente 10, habiéndose sorbido el mercurio contenido en el gas de escape en los sorbentes. Después, el sorbente 11 se suministra a un reactor de expulsión 12 que se hace funcionar con un gas portador 13 caliente y que está configurado preferentemente como reactor de lecho fluidizado. El reactor de expulsión 12 se hace funcionar preferentemente con cargas de polvo del gas portador 13 de al menos 350 g/Nm³.

El sorbente se calienta en el reactor de expulsión 12 a temperaturas de más de 250 °C, de tal manera que se expulsa el mercurio del sorbente y se transfiere a la fase gaseosa. El gas enriquecido con mercurio del reactor de expulsión 12 se desempolva a continuación en un equipo de desempolvamiento previo 14. El polvo 15 que se produce a este respecto se suministra de nuevo al proceso de producción de cemento, particularmente al silo 5. Sin embargo, también se puede concebir que una corriente másica parcial del polvo 15 se suministre como corriente másica parcial 15' al reactor de expulsión de forma separada del sorbente 11 o junto con el sorbente 11. Mediante recirculación de una corriente másica parcial se puede aumentar el tiempo de permanencia necesario para el escape de los gases de metales pesados tales como, por ejemplo, mercurio y, con ello, minimizarse la concentración de contaminantes en el producto.

La corriente de gas 16 enriquecida con mercurio abandona el equipo de desempolvamiento previo 14 y se suministra a la entrada de un equipo de separación 17, que prevé dos salidas, estando unida una de las salidas del equipo de separación 17 con una etapa de sorción Y para el suministro de una corriente parcial 18 y la otra salida, con el sistema de transferencia de calor 23, que está antepuesto a la carga de material y al reactor de expulsión 12, para el retorno de la corriente parcial restante como gas portador 13.

Para posibilitar una elevada separación de mercurio se requiere una temperatura suficiente en el lecho fluidizado del reactor de expulsión 12. La evaporación de mercurio en el estado elemental se realiza a 357 °C. Por tanto, el atemperado se realiza preferentemente a una temperatura entre 360 y 400 °C.

Si el mercurio está presente como HgCl₂, puede evaporarse incluso a menores temperaturas de gas. Dependiendo de la potencia de separación requerida, el índice de evaporación de mercurio y la cantidad de entrada de mercurio en el proceso de producción de cemento, por tanto, puede ser suficiente también una temperatura menor. Sin embargo, dependiendo del compuesto de mercurio pueden requerirse también temperaturas mayores para posibilitar un paso completo al estado gaseoso. Por tanto, la temperatura de funcionamiento óptima depende del caso de

aplicación y se tiene que determinar empíricamente, controlándose la concentración de mercurio en el polvo 15 del equipo de desempolvamiento previo 14.

5 Para alcanzar la temperatura necesaria para la expulsión del mercurio en el reactor de expulsión 12 se proporciona un sistema de transferencia de calor 23 adecuado que, por ejemplo, transfiere el calor de salida de gases de escape del proceso de producción de cemento indirectamente al gas portador 13 del reactor de expulsión 12. Sin embargo, naturalmente también se puede concebir que en el sistema de transferencia de calor 23 una corriente de gas de escape caliente del proceso de producción de cemento o una corriente de gas caliente generada en un generador de gas caliente se mezcle con la corriente de gas 16 que circula parcialmente y que a este respecto se proporcione la cantidad de calor necesaria para el calentamiento del sólido y la expulsión del mercurio. El calentamiento de la corriente parcial 13 retornada al reactor de expulsión puede realizarse en el sistema de transferencia de calor 23 con bajos contenidos de polvo con un mejor grado de eficacia que con altos contenidos de polvo, ya que la carga de polvo de la corriente de gas 16 que circula parcialmente se disminuyó en el equipo de desempolvamiento previo 14. Particularmente con la realización del sistema de transferencia de calor 23 como intercambiador de calor indirecto es necesaria una disminución eficaz de la concentración de polvo en la fase gaseosa. Por ello se disminuye considerablemente la formación de tela sobre los tubos y se mejora el grado de eficacia del intercambiador de calor en comparación con altas cargas de polvo.

20 La corriente parcial 18 caliente ramificada en el equipo de separación 17 y suministrada a la etapa de sorción Y asciende a menos del 50%, preferentemente a menos del 25%, mucho más preferentemente a menos del 5%. A este respecto es apropiado que el límite inferior se encuentre en al menos el 1%. Esta corriente parcial 18 en primer lugar se desempolva de forma prácticamente completa en un filtro de alta temperatura 19. A su vez, los sólidos 20 separados pueden suministrarse al proceso de producción de cemento.

25 A continuación se requiere una disminución de la temperatura y, por tanto, una reducción del contenido de energía térmica para posibilitar entonces una adsorción suficiente del mercurio. La salida de energía es posible, por ejemplo, mediante intercambiadores de calor 21 o extintores.

30 A continuación está previsto un lecho fijo de carbón activado 22 en el que se realiza la sorción. La corriente parcial purificada de este modo puede introducirse a través de un equipo de separación 27, por ejemplo, como corriente parcial 18a de nuevo en el reactor de expulsión 12 o se puede conducir cualquier corriente parcial 18b a través de una chimenea a la atmósfera. Siempre que se evacue una corriente parcial 18b, es decir, no se recircule al reactor de expulsión 12, la cantidad de gas que falta en ese lugar tiene que sustituirse por otro aire de salida de proceso de la instalación cementera y/o aire fresco y/u otra fuente de gas caliente, de tal manera que la corriente de gas 16 permanezca constante. Sin embargo, también se puede concebir acoplar la corriente de gas de escape 18b en un punto adecuado, por ejemplo, en el área del refrigerador, el área del precalentador o el tramo de gas de escape del proceso de producción de cemento. Asimismo puede ser ventajoso en la realización del sistema de transferencia de calor 23 como intercambiador de calor de gas-gas indirecto introducir el gas de escape que sale del intercambiador de calor en un punto adecuado. Esto puede ser apropiado cuando se tiene que limitar la cantidad de fuentes de emisión sujetas a supervisión.

45 La instalación para la limpieza del sorbente de mercurio se hace funcionar preferentemente con presión negativa, para poder excluir de forma segura una emisión indeseada de mercurio de la instalación. Por ejemplo, un ventilador 28 asegura el nivel de presión negativa básico en la instalación. La corriente de gas parcial 18b retirada con este ventilador tiene que sustituirse entonces por una cantidad correspondiente de gas fresco. En el caso de esta corriente de gas fresco puede tratarse de aire de salida del proceso de la instalación cementera y/o aire fresco y/u otra fuente de gas caliente.

50 La Figura 2 muestra una variante para la descarga del sorbente del proceso de producción de cemento (como sustitución del detalle X de la Figura 1), que se puede aplicar particularmente en el funcionamiento directo de la instalación cementera, es decir, con el molino para material crudo 3 desconectado. En este caso están previstos dos filtros 8a y 8b conectados uno tras otro. El polvo contenido en el gas de escape 7' del proceso de producción de cemento a este respecto sirve como primer sorbente para el mercurio y se separa en el primer filtro 8a. En el gas de escape 7'a restante se inyecta un segundo sorbente 10', preferentemente un sorbente que contiene carbono, en el que se acumula una parte adicional del mercurio todavía contenido en el gas de escape.

55 El sorbente 11a u 11b separado en el filtro 8a o en el filtro 8b se puede suministrar de forma conjunta o separados uno de otro al reactor de expulsión 12. Con un suministro separado existe la posibilidad de inyectar el sorbente separado en el equipo de desempolvamiento 14 de nuevo en el gas de escape.

60 La Figura 3 muestra una forma de realización alternativa de la etapa de sorción Y. También en este caso, la corriente parcial 18 concentrada y separada en primer lugar se desempolva de forma prácticamente completa en un filtro de alta temperatura 19, pudiéndose devolver los sólidos 20 separados a su vez al proceso de producción de cemento. A continuación se requiere asimismo una disminución de la temperatura y, por tanto, una reducción del contenido de energía térmica. La salida de energía es posible, por ejemplo, en un intercambiador de calor 21 o mediante extintores. En lugar del filtro de carbón activado 22 previsto en la Figura 1, en el ejemplo de realización de

acuerdo con la Figura 3 se usa el procedimiento de corriente de arrastre para la retirada de mercurio en el gas concentrado. Para esto se inyecta, por ejemplo, carbón activado 24. En un filtro 25 posterior se separa el carbono 26 cargado con mercurio y se elimina como producto residual. La corriente parcial 18a limpiada puede usarse de nuevo en el reactor de expulsión 12 o evacuarse a través de la chimenea al entorno.

5 Si en la variante desvelada en la Figura 2, el sorbente 11b separado en el filtro 8b se trata de modo independiente del sorbente 11a en el reactor de expulsión 12, en el gas de escape esencialmente no están contenidos polvos, de tal manera que se puede omitir el filtro de alta temperatura 19 en la Figura 3.

10 La Figura 4 muestra una forma de realización alternativa adicional de la etapa de sorción Y. También en este caso en primer lugar se desempolva de forma prácticamente completa la corriente parcial 18 concentrada y separada en un filtro de alta temperatura 19, pudiéndose devolver los sólidos 20 separados a su vez al proceso de producción de cemento. A continuación se requiere también una disminución de la temperatura y, por tanto, una reducción del contenido de energía térmica. La salida de energía es posible, por ejemplo, en un intercambiador de calor 21 o mediante extintores. Adicionalmente al filtro de carbón activado 22 previsto en la Figura 1 se pospone en el ejemplo de realización de acuerdo con la Figura 4 un filtro de carbón activado 22' adicional con la misma construcción que el filtro de carbón activado 22, que limpia la corriente de gas 18b de contaminantes presentes, por ejemplo, mercurio. Mediante el divisor de corriente 27 se retira la corriente de gas parcial 18a en esta variante entre los dos filtros de carbón activado y se suministra al reactor de expulsión. Esto es ventajoso cuando el filtro de lecho fijo 22 se carga tanto con contaminantes, que los contaminantes se abren paso. El segundo filtro de carbón activado a este respecto asegura que la emisión de contaminantes de la instalación permanezca mínima. Con el uso de carbones activados especiales pueden conseguirse concentraciones muy altas de, por ejemplo, más del 10% en peso de mercurio sobre carbón activado.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la separación de mercurio de gases de escape (7') de un proceso de producción de cemento, sorbiéndose el mercurio en un sorbente y suministrándose el sorbente a un reactor de expulsión (12) que se hace funcionar con un gas portador (12), donde el sorbente se calienta a continuación a temperaturas de más de 250 °C, de tal manera que el mercurio se expulsa del sorbente y se transfiere a la fase gaseosa, desempolvándose el gas enriquecido con mercurio del reactor de expulsión (12) a continuación a altas temperaturas en un equipo de desempolvamiento previo (14), tras lo cual una corriente parcial (18) del gas enriquecido y desempolvado de este modo se limpia en una etapa de sorción (Y) posterior, mientras que la corriente parcial restante se lleva en un sistema de transferencia de calor (23) de nuevo a la temperatura requerida para la expulsión del mercurio en el reactor de expulsión (12) y se suministra de nuevo como gas portador (13) al reactor de expulsión (12).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** en el caso del sorbente se trata de polvo del proceso de producción de cemento, particularmente de harina cruda de cemento y/o polvo de horno.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el sorbente con el mercurio acumulado se separa en un filtro (8, 8a) y se suministra al reactor de expulsión (12).
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el polvo contenido en el gas de escape sirve como primer sorbente para el mercurio y por que se añade un segundo sorbente (10) y el primer y el segundo sorbente con el mercurio acumulado se separan de forma conjunta en un filtro (8) y se suministran al reactor de expulsión.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** se inyecta en el gas de escape (7'a) detrás del filtro (8a) un segundo sorbente (10'), separándose el segundo sorbente con el mercurio acumulado en un segundo filtro (8b) y tratándose el primer sorbente separado (11a) y el segundo separado (11b) de forma independiente entre sí en el reactor de expulsión (12).
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el gas de escape entre el reactor de expulsión (12) y la etapa de sorción (Y) posterior se suministra a un equipo de desempolvamiento, suministrándose el sorbente separado al proceso de producción de cemento o inyectándose de nuevo como sorbente en el gas de escape.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la necesidad de calor del reactor de expulsión (12) se realiza mediante extintores con gases de escape del proceso de producción de cemento.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el sistema de transferencia de calor (23) transfiere el calor de salida de gases de escape del proceso de producción de cemento indirectamente al gas portador (13).
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la corriente parcial (18) retirada se desempolva y enfría.
10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** se retira mercurio mediante adsorción en al menos un lecho fijo de carbón activado (22, 22') de la corriente parcial retirada.
11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** se retira mercurio en la corriente de arrastre mediante adsorción en carbón activado (24) inyectado de la corriente parcial (18) retirada.
12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la corriente parcial (18) limpiada en la etapa de sorción (Y) se devuelve completa o parcialmente al reactor de expulsión (12) o se elimina del circuito, compensándose la cantidad de gas portador no retornada para el reactor de expulsión (12) mediante aire de salida de proceso del proceso de producción de cemento y/o aire fresco.
13. Instalación para la realización del procedimiento para la separación de mercurio de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, con
 - a. un reactor de expulsión (12) que se puede exponer al sorbente (10) y que se puede hacer funcionar con un gas portador (13),
 - b. un equipo de desempolvamiento previo (14) para el desempolvamiento del gas enriquecido con mercurio del reactor de expulsión (12),
 - c. un equipo de separación (17) que está unido con el equipo de desempolvamiento previo (14) y que prevé dos salidas,

d. así como una etapa de sorción (Y),

estando unida una de las salidas del equipo de separación (17) con la etapa de sorción (Y) para el suministro de la corriente parcial (18) y la otra salida, a través de un sistema de transferencia de calor (23) con el reactor de expulsión (12) para retornar la corriente parcial restante como gas portador (13).

5

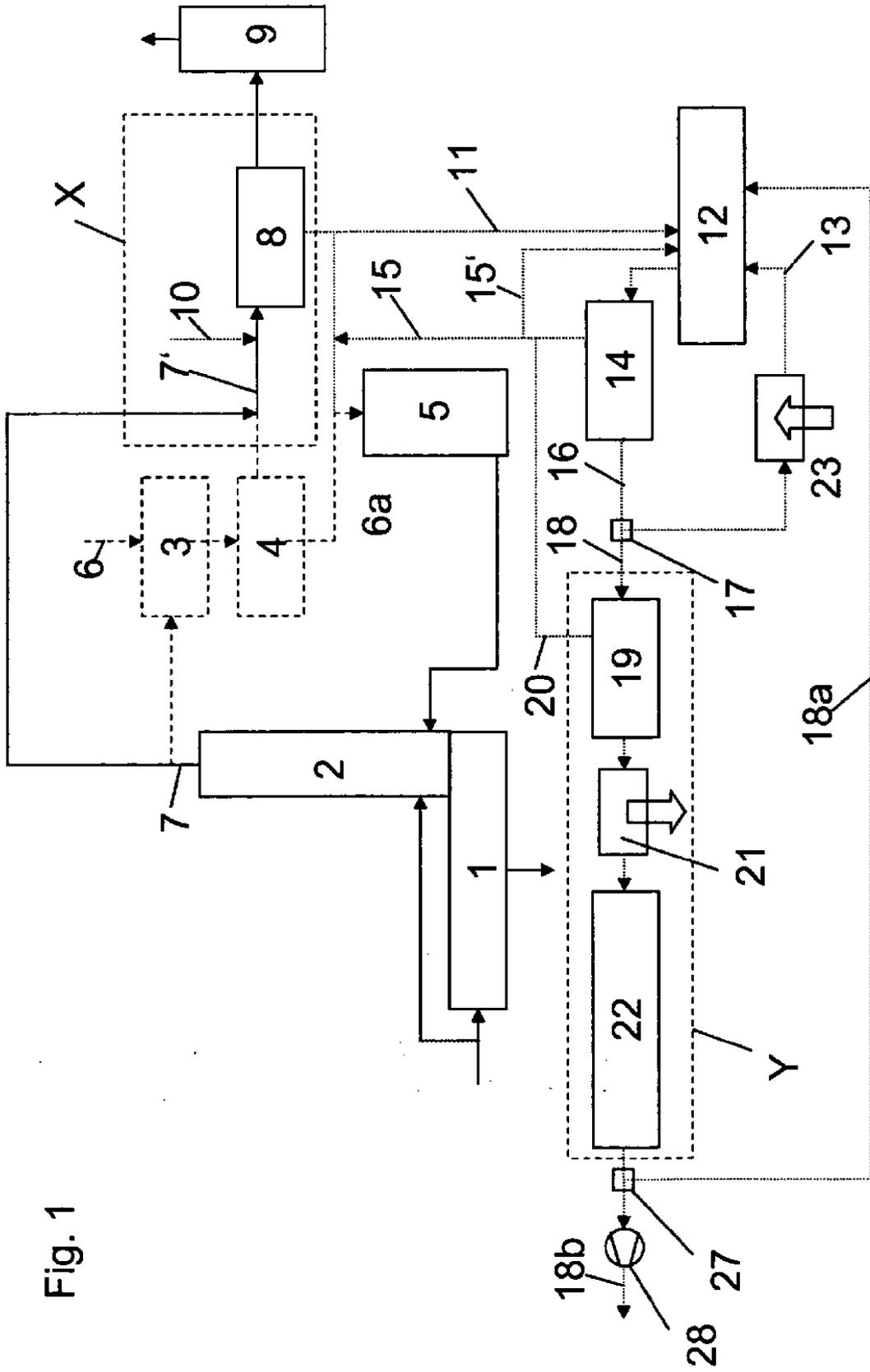


Fig. 1

Fig. 2

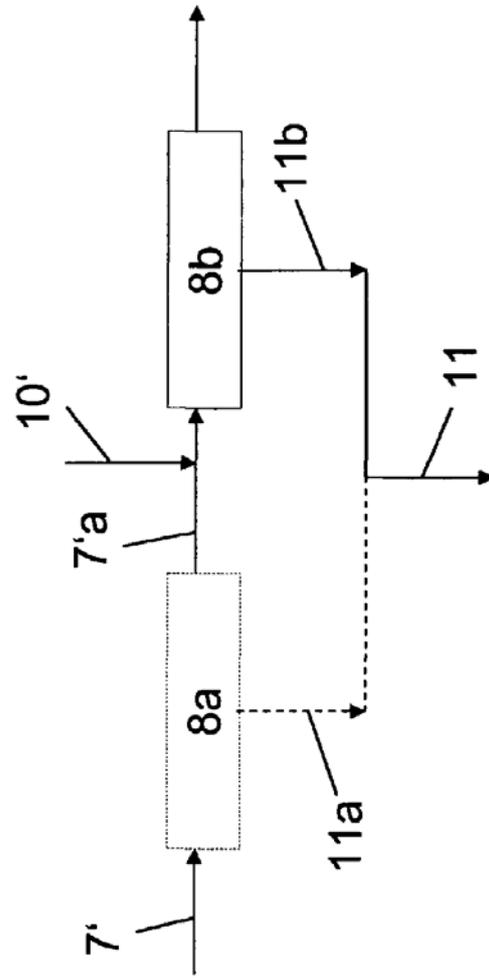


Fig. 3

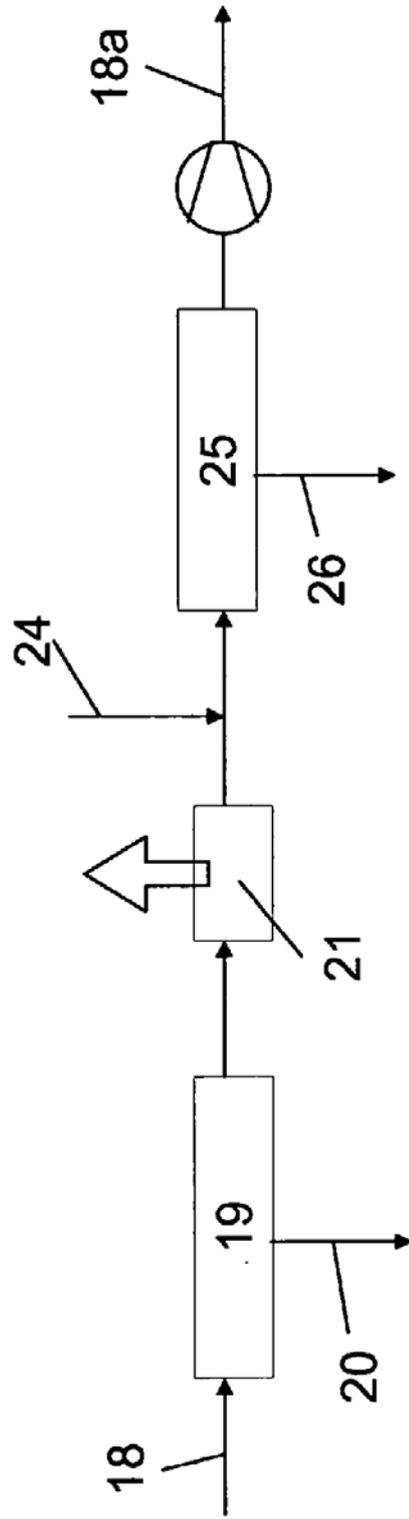
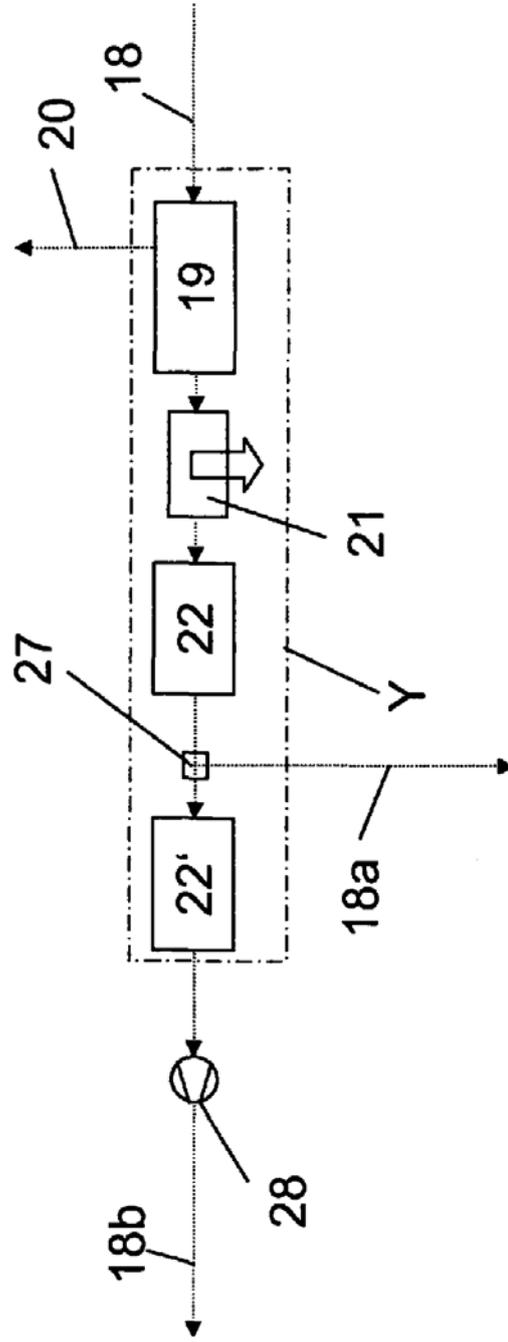


Fig. 4



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es para conveniencia del lector. No forma parte del documento de la Patente Europea. Aunque se ha tenido mucho cuidado en la compilación de las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la EPO declina responsabilidades por este asunto.

5 Documentos de patentes citadas en la descripción

- DE 3018319 A1 [0008]
- EP 0272465 A1 [0011]
- US 20090193968 A1 [0013]
- DE 4120277 A1 [0014]
- EP 0299340 A1 [0016]
- US 20050075236 A1 [0017]