

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 807 898**

51 Int. Cl.:

B01D 53/10 (2006.01)

B01D 53/12 (2006.01)

B01D 53/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2016 PCT/DE2016/100594**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17101913**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2016 E 16836198 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3389828**

54 Título: **Procedimiento para la separación de sustancias gaseosas o particuladas de una corriente de gas mediante un reactor de flujo de lecho fluidizado**

30 Prioridad:

18.12.2015 DE 102015122230

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

24.02.2021

73 Titular/es:

**STEINMÜLLER ENGINEERING GMBH (100.0%)
Fabrikstrasse 5
51643 Gummersbach, DE**

72 Inventor/es:

**BRAND, TOBIAS;
GUTPERL, WINFRIED;
MÖBS, MARIA HELENA y
TREUBEL, JOCHEN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 807 898 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 separación de sustancias gaseosas o particuladas de una corriente de gas mediante un reactor de flujo de lecho fluidizado

5 La invención se refiere a un procedimiento para la separación de sustancias gaseosas o particuladas de una corriente de gas mediante un reactor de flujo de lecho fluidizado con una cámara de lecho fluidizado que aloja un lecho fluidizado expandido según la reivindicación 1.

10 Un ejemplo de la separación de sustancias gaseosas o particuladas de una corriente de gas es la purificación de gases residuales, en la que se eliminan los contaminantes y el polvo en suspensión de una corriente de gas residual. Por tanto, siempre que a continuación se haga referencia a contaminantes y gases residuales, esto debe entenderse a modo de ejemplo y se refiere igualmente a sustancias gaseosas o particuladas en una corriente de gas.

15 En la combustión de combustibles fósiles, por ejemplo, en centrales eléctricas, se generan gases residuales. Según el contenido de contaminantes de los combustibles, en particular azufre, pero también cloro y metales pesados, estos gases residuales presentan un alto contenido de contaminantes. Según el contenido de cenizas de los combustibles, los gases residuales de los procesos de combustión contienen también una alta carga de polvo en suspensión, cuyas partículas pueden ser muy diferentes en cantidad y tamaño dependiendo del procedimiento de combustión empleado. En general, el polvo en suspensión es inerte. En el mejor de los casos, en el polvo en suspensión se encuentran aún componentes reactivos de óxido de calcio o también de óxido de magnesio.

20 Los gases residuales que se generan en las incineradoras de basuras contienen otros contaminantes, además de óxidos de azufre, en particular cloruros de hidrógeno y fluoruros de hidrógeno, así como metales pesados, p. ej., cadmio, talio y mercurio, y compuestos halogenados orgánicos como dioxinas y furanos. Para poder satisfacer las disposiciones de protección ambiental prescritas legalmente, todos los contaminantes y polvos mencionados deben separarse de forma segura y duradera de la corriente de gas residual hasta satisfacer unos límites de emisión determinados.

25 Los gases residuales que se generan en las incineradoras de basuras contienen otros contaminantes, además de óxidos de azufre, en particular cloruros de hidrógeno y fluoruros de hidrógeno, así como metales pesados, p. ej., cadmio, talio y mercurio, y compuestos halogenados orgánicos como dioxinas y furanos. Para poder satisfacer las disposiciones de protección ambiental prescritas legalmente, todos los contaminantes y el polvo mencionados deben separarse de forma segura y duradera de la corriente de gas residual hasta satisfacer unos límites de emisión determinados.

30 En el lecho fluidizado, los contaminantes reaccionan con los sorbentes allí presentes. El requisito para captar prácticamente todos los contaminantes es un lecho fluidizado bien mezclado que garantice un tiempo de permanencia suficiente y con ello una cantidad suficiente de contactos entre los contaminantes y los sorbentes.

35 Para lograr una operación óptima del lecho fluidizado, que puede considerarse como un fluido, la proporción de partículas grandes (la fracción correspondiente se define por un diámetro mediano d_{50} de 30 a 100 μm) y de partículas gruesas (la fracción correspondiente se define por un diámetro mediano d_{50} mayor de 100 μm), en particular, en las cenizas volantes que alcanzan el lecho fluidizado, no debe ser muy elevada. Por tanto, en los procedimientos conocidos hasta ahora, la mayor parte de estas partículas se elimina previamente de la corriente de gas residual mediante separadores previos, en general separadores previos de funcionamiento electrostático.

40 En el documento EP 0 736 321 A1 se describe una instalación con un reactor de lecho fluidizado que sirve, en particular, para retirar halogenuros orgánicos de una corriente de gas residual. En esta instalación, la corriente de gas residual cargada con sólidos que sale del reactor se alimenta a un separador, que preferentemente es un separador ciclónico, en el que los sólidos inertes se retornan en la misma medida que los sorbentes, ya que se separan en la misma ruta.

45 Por consiguiente, para que el lecho fluidizado no se cargue demasiado con sólidos inertes (partículas de polvo) que limitarían su funcionalidad, dichos sólidos inertes se separan antes de su entrada en el reactor. Para ello se necesitan separadores previos que necesitan mucho espacio, tienen gran consumo energético y presentan elevados costes de inversión.

50 En el documento DE 33 39 317 A1, así como en el documento DE 40 39 213 A1 se describe un dispositivo para separar componentes sólidos de una corriente de gas, en el que a una cámara de lecho fluidizado le sigue una cámara de separación atravesada por un flujo antiparalelo al de la cámara de lecho fluidizado, que presenta en toda su altura una salida lateral para la corriente de gas que conduce a un filtro o un separador electrostático. Una parte de las partículas sólidas de la corriente de gas se separa y cae en un depósito dispuesto debajo de la cámara de separación.

En el documento US 2010/0147146 se describe un sistema en el que a la cámara de lecho fluidizado le sigue inmediatamente un separador ciclónico, del que se aspira hacia arriba la corriente de gas en dirección contraria a la gravitación y la dirección de su contenido de sólidos.

55 El documento EP 2 078 555 A1 describe un procedimiento para la purificación de gases residuales, los cuales se

alimentan a un primer reactor que presenta un lecho fluidizado y desde este se hacen pasar a un segundo reactor que actúa como zona de flujo. Los sorbentes nuevos solo se añaden al segundo reactor y desde este se hacen pasar al menos en parte al primer reactor. A causa de este retorno, el gas residual que se alimenta al primer reactor no debe contener una fracción de partículas grandes.

- 5 El documento EP 0 490 414 A1 da a conocer un procedimiento para la eliminación de polvo, azufre y óxidos de nitrógeno de los gases de combustión.

Para conseguir una reducción suficiente de los contaminantes en la corriente de gas residual se necesita un cierto tiempo de permanencia que asegure que dichos contaminantes en la corriente de gas residual pueden adherirse a los sorbentes y reaccionar con estos. Ello presupone, en general, una cierta altura del reactor de lecho fluidizado, lo que a su vez hace que dichos reactores sean muy altos.

- 10

La invención tiene como objetivo lograr un procedimiento de operación de un reactor que permita prescindir en su mayor parte de una separación previa de sólidos.

La invención también tiene como objetivo lograr un procedimiento de operación de un reactor que permita prever una construcción más pequeña o de menor altura que lo habitual.

- 15 El objetivo de la invención es también proporcionar un procedimiento que haga posible la activación y/o la oxidación de productos procedentes, p. ej., de una purificación de gases residuales, p. ej., para su empleo en la industria cementera, el apagado de componentes de cal y magnesio en cenizas, el apagado de cal en seco, así como la activación/dopado de adsorbentes.

Para conseguir los objetivos, la invención prevé un procedimiento según la reivindicación 1.

- 20 De este modo se garantiza un tiempo de permanencia suficiente de la corriente de gas en un entorno con sorbentes, ya que las reacciones entre las sustancias por separar (contaminantes) y los sorbentes no solo pueden tener lugar en el lecho fluidizado sino también en la zona de flujo. Así, el lecho fluidizado no tiene que diseñarse para que la conversión de los contaminantes en sólidos inertes se produzca solamente en el mismo, lo que requeriría una construcción de gran altura para la cámara de lecho fluidizado. Más bien, se concibe una zona de flujo en la que continúa la conversión de los contaminantes en sólidos inertes.

- 25

Preferentemente, la zona de flujo se implementa mediante una cámara de flujo de trayectoria antiparalela con respecto a la cámara de lecho fluidizado, que tiene en su extremo superior una entrada para la corriente de gas y en su extremo inferior una salida lateral para la corriente de gas, y por debajo de la salida lateral da paso a un depósito del separador para los sólidos separados de la corriente de gas por gravedad.

- 30 La distancia entre la entrada superior en el extremo superior y la salida en el extremo inferior de la cámara de flujo se elige de modo que se alcance el tiempo de permanencia necesario para la reducción de los contaminantes, en relación con el tiempo de permanencia en el lecho fluidizado.

La corriente de gas que fluye por la salida lateral lleva consigo las fracciones de partículas medianas (valor mediano $d_{50} = 10-30 \mu\text{m}$) y finas (valor mediano d_{50} inferior a $10 \mu\text{m}$), en donde los sólidos de la fracción de partículas medianas son en general sorbentes y productos de reacción. Por su tamaño y por el flujo de gas que actúa sobre ellos, los sólidos de la fracción de partículas grandes caen por gravedad más abajo de la salida lateral y se almacenan temporalmente en el depósito del separador. La desviación de la corriente de gas en la salida actúa como separador para una fracción de partículas grandes en la corriente de gas.

- 35

Por consiguiente, se establece el esquema de funcionamiento siguiente:

- 40 El lecho fluidizado es arrastrado por la corriente de gas. Las partículas sólidas que se encuentran en el lecho fluidizado forman una cama de apoyo para las partículas más pequeñas en diámetro medio.

Los sólidos de la cama de apoyo corresponden a una fracción de partículas grandes cuyo valor mediano para el diámetro de las partículas está entre 30 y $100 \mu\text{m}$, es decir, el 50 % de las partículas de esa fracción tiene un diámetro inferior y el 50 % un diámetro superior al valor mediano. Una cama de apoyo tal frena los sorbentes reactivos en relación con la velocidad de la corriente de gas, de tal modo que se aumenta su tiempo de permanencia en el lecho fluidizado.

- 45

La cama de apoyo no debe ser demasiado pequeña, ya que de otro modo no se produce el efecto deseado. Pero tampoco puede ser demasiado grande, ya que ello puede dar lugar a la ruptura del lecho fluidizado o a una reducción del tiempo de permanencia de los sorbentes en dicho lecho fluidizado.

- 50 Por lo demás, los sorbentes, que en general presentan un diámetro pequeño, pueden asignarse a la fracción de partículas medianas. Esta tiene un valor mediano de entre 10 y $30 \mu\text{m}$. A través de los procesos químicos y físicos con los contaminantes en el lecho fluidizado, los sorbentes pueden formar también sólidos correspondientes a una fracción de partículas grandes.

La fracción de partículas grandes introducida en el lecho fluidizado o allí generada, que presenta sólidos inertes y sorbentes reactivos, es arrastrada en primer lugar con la corriente de gas a la zona de flujo y separada de dicha corriente de gas en el separador que sigue a dicha zona de flujo. En ello, la velocidad de la corriente de gas se ajusta de modo que el lecho fluidizado se expanda para que la fracción de partículas grandes también sea arrastrada por la corriente de gas fuera del lecho fluidizado.

Según la invención, la tasa de arrastre de la fracción de partículas grandes es mayor que la tasa de alimentación o la tasa de generación, de tal modo que esto conduciría a una reducción de la cama de apoyo. Por consiguiente, la fracción de partículas grandes separada de la corriente de gas se retorna al lecho fluidizado en una medida tal que la proporción de la cama de apoyo en el lecho fluidizado se mantenga esencialmente constante. Dado que la fracción de partículas grandes retornada también contiene sorbentes reactivos, esto conlleva un mejor aprovechamiento de los sorbentes alimentados en total al proceso.

Para ello se aplica el mecanismo de regulación siguiente: se mide la tasa de contaminantes sin reaccionar en la corriente de gas después de la salida de la zona de flujo.

Cuando se observa que la tasa de contaminantes sin reaccionar en la corriente de gas ha superado un valor teórico preestablecido, se aumenta la alimentación de sorbentes nuevos.

Según la invención, la tasa de arrastre de la fracción de partículas grandes es mayor que la tasa de alimentación o la tasa de generación, de tal modo que esto conduciría a la reducción de la cama de apoyo. Por consiguiente, la fracción de partículas grandes separada de la corriente de gas se retorna al lecho fluidizado en una medida tal que la proporción de la cama de apoyo en el lecho fluidizado se mantenga esencialmente constante. Dado que la fracción de partículas grandes retornada también contiene sorbentes reactivos, esto conlleva un mejor aprovechamiento de los sorbentes alimentados en total al proceso.

Para ello se aplica el mecanismo de regulación siguiente: se mide la tasa de contaminantes sin reaccionar en la corriente de gas después de la salida de la zona de flujo.

Cuando se observa que la tasa de contaminantes sin reaccionar en la corriente de gas ha superado un valor teórico preestablecido, se aumenta la alimentación de sorbentes nuevos.

La medición de la tasa de contaminantes sin reaccionar no tiene por qué llevarse a cabo inmediatamente después de la salida de la zona de flujo, sino que puede tener lugar también al final del proceso completo, el cual comprende aún, p. ej., etapas de filtración.

Si la tasa supera un valor teórico preestablecido, ello indica que el lecho fluidizado no contiene suficientes sorbentes reactivos o que su tiempo de permanencia es demasiado reducido. Esto se contrarresta mediante el aumento de la tasa de alimentación de sorbentes nuevos.

Esto permite el planteamiento siguiente:

La corriente de gas alimentada al reactor de flujo de lecho fluidizado está cargada de partículas y así se alimenta al lecho fluidizado, en lo que dicho lecho fluidizado se opera de tal modo que la tasa de la fracción de partículas grandes arrastrada por la corriente de gas no sea inferior a la tasa de la fracción de partículas grandes alimentada con la corriente de gas.

El procedimiento se emplea, por ejemplo, en los casos en que deban tratarse gases residuales de combustión con una gran carga de polvo en suspensión. Los procedimientos empleados hasta ahora prevén, por tanto, como se expone anteriormente, la eliminación del polvo en suspensión de la corriente de gas antes del reactor de lecho fluidizado.

Sin embargo, la presente invención sigue un camino diferente: solamente se separa por gravedad la fracción de partículas gruesas antes de la entrada en el lecho fluidizado, mientras que la fracción de partículas grandes se introduce en el lecho fluidizado y no se desecha hasta después. Únicamente en caso de que la carga de la fracción de partículas grandes en la corriente de gas por purificar sea muy elevada, también se realizará una separación previa al emplear la presente invención que, sin embargo, solo necesita reducir parcialmente la carga de la fracción de partículas grandes y, por tanto, puede conseguirse con poco coste en equipos.

Por consiguiente, al contrario que en el estado de la técnica, la fracción de partículas grandes de la corriente de gas no se separa antes del reactor de flujo de lecho fluidizado, sino que primeramente recorre el reactor y no se elimina de dicha corriente de gas hasta después.

Esto tiene además un efecto positivo sobre el lecho fluidizado expandido. Es decir, dicho lecho fluidizado expandido no se sobrecarga ni se enriquece excesivamente con sólidos inertes demasiado grandes. Esto se traduce en un funcionamiento uniforme más eficaz del lecho fluidizado expandido y evita fluctuaciones de presión, lo que a su vez tiene un efecto positivo sobre la disponibilidad. Asimismo, se consigue una concentración de sorbentes más uniforme en el lecho fluidizado para la eliminación de gases nocivos. De aquí resulta, por un lado, un menor consumo de

sorbentes, ya que estos pueden aprovecharse más eficazmente por su mayor tiempo de permanencia y, por otro lado, mayor seguridad en el cumplimiento de los límites de emisión, como consecuencia de un rendimiento total de separación considerablemente mejorado.

La fracción de partículas grandes separada en el separador que no se retorna se elimina del proceso.

- 5 Para que durante la operación también se consiga un lecho fluidizado estable en caso de un caudal volumétrico (tasa de alimentación) variable de la corriente de gas alimentada a dicho lecho fluidizado, la invención prevé que la tasa de retorno de los sólidos y los sorbentes reactivos separados en la ruta secundaria también varíe en función de la variación del caudal volumétrico.

- 10 Para ello, para un caudal volumétrico básico determinado se establece una tasa de retorno básica. Si el caudal volumétrico aumenta con respecto al caudal volumétrico básico, lo que puede determinarse mediante un sensor de corrientes de gas, se aumenta la tasa de retorno con respecto a la tasa de retorno básica. Si el caudal volumétrico disminuye con respecto al caudal volumétrico básico, igualmente se disminuye la tasa de retorno con respecto a la tasa de retorno básica.

- 15 De este modo se consigue que los sólidos en el lecho fluidizado formen siempre una fracción de partículas grandes. El lecho fluidizado no se sobrecarga con una proporción excesiva de sólidos demasiado pesados, ni tampoco se reduce el tiempo de permanencia de los sorbentes activos en el lecho fluidizado, a causa de una proporción insuficiente de sólidos ligeros.

Con independencia de lo anterior, el retorno de sorbentes a la ruta principal queda determinado por la tasa de reacción que ha de alcanzarse en el reactor de flujo de lecho fluidizado.

- 20 Para una mejora adicional del lecho fluidizado, la invención prevé que se incluya un filtro de proceso después de la zona de flujo y que los sólidos allí separados correspondan a una fracción de partículas medianas y una fracción de partículas finas que se retornan al lecho fluidizado dependiendo del proceso.

Para mejorar aún más la tasa de separación se propone además añadir una zona de flujo adicional a la salida de la primera zona de flujo.

- 25 En la zona de flujo adicional también siguen reaccionando contaminantes con los sorbentes para su conversión en sólidos inertes, los cuales, p. ej., se separan en un filtro posterior a las zonas de flujo.

- 30 Los sólidos que se recogen en el depósito del separador pueden ser atravesados por un gas (aire), en lo que los sólidos de las fracciones de partículas medianas y finas vuelven a ser arrastrados hacia arriba a la corriente de gas y conducidos a la salida. De este modo, el depósito del separador prácticamente solo sigue conteniendo una fracción de partículas grandes, que se retorna en parte al lecho fluidizado según el esquema mencionado anteriormente.

A continuación de la salida hay dispuesto un filtro de proceso. En este se separan los sólidos de las fracciones de partículas medianas y finas, que en gran parte consisten en sorbentes que todavía no han reaccionado y se recogen en el depósito del filtro. Desde aquí se retornan asimismo de forma regulada al lecho fluidizado para implementar un lecho fluidizado expandido.

- 35 En general, los gases residuales que se generan en las incineradoras de basuras contienen otros contaminantes, además de óxidos de azufre, en particular tanto cloruros de hidrógeno y fluoruros de hidrógeno, como metales pesados, p. ej., cadmio, talio y mercurio, así como compuestos halogenados orgánicos como dioxinas y furanos. Para eliminar, p. ej., el dióxido de azufre del gas residual, se introducen en la sección del lecho fluidizado sorbentes que contienen calcio (p. ej., $\text{Ca}(\text{OH})_2$), los cuales se combinan con el dióxido de azufre. Pero, los sorbentes que contienen calcio también se combinan con el cloruro de hidrógeno (HCl) en el gas residual, con lo que se genera cloruro de calcio (CaCl_2). Sin embargo, el cloruro de calcio es muy higroscópico y por tanto absorbe agua del gas residual en su estructura cristalina. Cuando la temperatura se encuentra ligeramente por encima de la temperatura ambiente, el cloruro de calcio se disuelve en su propia agua de cristalización, con lo que se genera una masa pegajosa que tiende a aglomerarse y tiene además un efecto corrosivo.

- 45 Debido a esta correlación, para un contenido de agua correspondiente en los gases residuales, deberá aumentarse la temperatura de dichos gases residuales. P. ej., cuando el cloruro de hidrógeno (HCl) [mg/m^3 , en condiciones normales, seco] y los óxidos de azufre (SO_x) [mg/m^3 , en condiciones normales, secos] están en una relación de $\text{HCl}/\text{SO}_x > 1$, la temperatura de los gases residuales debe aumentarse a aproximadamente 140 °C o más.

- 50 Sin embargo, en este intervalo de temperatura, la separación de contaminantes con cal hidratada de una calidad estándar (BET: 14-16 m^2/g) es muy ineficaz, ya que el intervalo de temperatura óptimo para la purificación de gases residuales con esta cal hidratada está entre 70 y 90 °C, dependiendo de la diferencia con la temperatura límite de enfriamiento. No obstante, este intervalo de temperatura óptimo de por sí para la purificación de gases residuales con cal hidratada no puede usarse en caso de un alto contenido de cloruro de hidrógeno (HCl) en el gas residual por las razones mencionadas. Este problema puede solucionarse como se describe a continuación: cuando los requisitos que deben satisfacer las emisiones o los grados de separación son muy exigentes, el reactor de flujo de lecho fluidizado

se complementa con un reactor previo, de manera que, en particular, además de los óxidos de azufre, también pueda eliminarse de forma óptima, p. ej., el contenido de cloruro de hidrógeno del gas residual.

Por consiguiente, para conseguir el objetivo, la invención prevé que la corriente de gas que se dirige al reactor de flujo de lecho fluidizado se haga pasar primero a través de un reactor previo diseñado como cámara de flujo.

- 5 Esto permite reducir antes en el reactor previo los contaminantes del gas residual que tienden a aglomerarse a causa de los procesos químicos en el lecho fluidizado al reaccionar con la cal hidratada.

Para ello, el reactor previo contiene sorbentes que favorecen la disminución de un primer tipo de contaminantes a la temperatura de los gases residuales.

- 10 De este modo, la cámara de lecho fluidizado del reactor de flujo de lecho fluidizado puede contener sorbentes que favorezcan la disminución de un segundo tipo de contaminantes a una temperatura que es inferior a la temperatura de la corriente de gas residual a su entrada en el reactor previo, en lo que la reducción de la temperatura en la cámara de lecho fluidizado puede tener lugar fácilmente mediante un enfriamiento rápido, es decir mediante la adición de agua.

Preferentemente, en el caso de los contaminantes del primer tipo se trata de cloruro de hidrógeno y en el de los sorbentes en la cámara de lecho fluidizado, de un compuesto de calcio.

- 15 La purificación de gases residuales con un reactor previo para la separación de gases y sólidos presenta varias ventajas:

Los costes operativos se reducen considerablemente, ya que cada sorbente se emplea en el intervalo de temperatura previsto para el mismo.

- 20 Se consiguen unos valores muy bajos de emisión de HCl y SO_x en el gas residual, con un consumo mínimo de sorbente.

Se separa sorbente reactivo que se recircula en un entorno óptimo, con lo que se reduce el consumo de sorbente y se aumenta el tiempo de permanencia para una misma altura de la instalación.

Se mejora la seguridad operativa de la instalación, ya que el contenido de cloruro de hidrógeno en el gas residual se separa fundamentalmente en el reactor previo con bicarbonato de sodio.

- 25 A diferencia del cloruro de calcio, el cloruro de sodio así generado no es higroscópico ni corrosivo, por lo que no es crítico para el funcionamiento.

Para determinados procesos, se introduce en el reactor previo bicarbonato de sodio (NaHCO₃) con una distribución granulométrica adecuada como sorbente.

- 30 Adicionalmente, puede introducirse bicarbonato de sodio con una distribución granulométrica adecuada en el lecho fluidizado, ya que aquí, a causa de la baja velocidad, se da un tiempo de permanencia relativamente prolongado. El bicarbonato de sodio todavía es reactivo a la temperatura enfriada en la cámara de lecho fluidizado y puede seguir separando gases nocivos no separados en el reactor previo.

- 35 Para poder adaptarse a los distintos tipos de empleo del reactor de flujo de lecho fluidizado según la invención, puede preverse que parte de la corriente de gas se dirija por un desvío operativo directamente desde la entrada del reactor de lecho fluidizado a dicho lecho fluidizado, sin pasar por el acelerador de gas del reactor de lecho fluidizado.

Las etapas de regulación mencionadas anteriormente, que se basan en una medición de la carga residual de contaminantes en la corriente de gas, pueden aplicarse también cuando no hay dispuesta ninguna zona de flujo a continuación del lecho fluidizado.

- 40 El procedimiento descrito anteriormente puede realizarse de forma especialmente satisfactoria con un reactor de flujo de lecho fluidizado según la solicitud de patente alemana DE 10 2015 122 222.1 del 18.12.2015, presentada por el solicitante ante la Oficina de Patentes y Marcas alemana.

A continuación, se explicará la invención con más detalle mediante un ejemplo de realización. Para ello se muestra

en la figura 1, una representación esquemática de la invención mediante una reproducción esquemática del montaje de aparatos correspondiente al procedimiento,

- 45 en la figura 2, una representación en diagrama de bloques de la realización según la figura 1 con complementos adicionales,

en la figura 3, una representación esquemática de un reactor de flujo de lecho fluidizado con un reactor previo adicional y

en la figura 4, una representación en diagrama de bloques de la realización según la figura 3 con complementos

opcionales.

- Los gases residuales que se generan en un proceso de combustión y están cargados con sustancias gaseosas y/o particuladas –en general, contaminantes y polvo– se dirigen a un reactor de flujo de lecho fluidizado 1, que presenta una cámara de lecho fluidizado 2 con un lecho fluidizado y una zona de flujo 3.1 en dirección antiparalela a la anterior, en forma de una cámara de flujo 4. La zona de flujo 3.1 se extiende desde la salida de la cámara de lecho fluidizado 2 en vertical hacia abajo y da paso en su extremo inferior a una salida hacia un filtro de proceso 6 u opcionalmente, como se muestra en la figura 1, a través de una desviación 3.3, a una zona de flujo adicional 3.2, que se extiende verticalmente hacia arriba y que en su extremo superior da paso a una salida 5 desplazada. La zona de flujo adicional 3.2 es de menor longitud que la zona de flujo 3.1.
- 5 El filtro de proceso 6 puede implementarse, p. ej., como un filtro de manga con una cubierta de entrada, que presenta una separación de sólidos 31 integrada. Debajo del filtro de proceso 6 hay un depósito del filtro 21, en el que se recogen los sólidos separados y a partir de aquí se recirculan a través de una conducción de retorno principal 23 o se desechan a través de una bifurcación 33.
- Los gases residuales cargados con contaminantes y partículas sólidas (polvo) entran en el reactor de flujo de lecho fluidizado 1 a una temperatura de entre 120 °C y 240 °C, según su procedencia. Si los gases residuales son los gases residuales de procesos de la electrolisis del aluminio o de procesos de sinterización, las temperaturas pueden variar considerablemente, p. ej., entre aproximadamente 40 °C y 300 °C. La presión antes del reactor de flujo de lecho fluidizado 1 puede variar en amplios márgenes entre -70 hPa (-70 mbar) y +15 hPa (+15 mbar).
- 15 Debajo de la cámara de lecho fluidizado 2 hay una cámara de sedimentación 7. La corriente de gas por purificar entra lateralmente a través de una conducción de alimentación 8 en la cámara de sedimentación 7 y fluye desde aquí a través de un acelerador de gas 9 hacia arriba a la cámara de lecho fluidizado 2. El acelerador de gas 9 consta de una o varias toberas de Venturi, dado el caso, también de geometría diferente. El acelerador de gas 9 está conectado a un tramo cónico que da paso a una sección cilíndrica de la cámara de lecho fluidizado 2.
- 20 En la cámara de sedimentación 7 se separan fundamentalmente sólidos de la fracción de partículas gruesas y una parte de la fracción de partículas grandes de las cenizas volantes por gravedad.
- 25 En el acelerador de gas 9, la corriente de gas residual se acelera primeramente a una velocidad de 25-80 m/s y después se ajusta a las condiciones óptimas para obtener una mezcla de gas y sólidos con una velocidad de entre 2 m/s y 8 m/s, en el mejor de los casos entre 3 m/s y 6 m/s.
- La densidad de carga media en toda la altura del lecho fluidizado del reactor puede ajustarse con amplios márgenes entre 200 g/m³, en condiciones normales, y 2.000 g/m³, en condiciones normales. Para ajustar una pérdida de presión especialmente eficiente en el lecho fluidizado expandido, en el mejor de los casos deberá ser de entre 200 g/m³, en condiciones normales, y 1.000 g/m³, en condiciones normales.
- 30 El tamaño medio de partícula de los sorbentes empleados puede variar en amplios intervalos desde 1 µm hasta 400 µm. Por razones de la tecnología del proceso, se procura que las partículas sean de 3 µm a 40 µm.
- 35 Para lograr una mezcla de sólidos y gases lo más eficaz posible y aumentar el tiempo de contacto entre los sorbentes y los contaminantes que se encuentran en la corriente de gas residual, la circulación horaria de los sorbentes se ajusta a de 20 a 200 veces la cantidad de sorbentes presente en el lecho fluidizado expandido.
- Los distintos estados del lecho fluidizado expandido se basan en los parámetros ajustados para las relaciones entre el gas y los sólidos. La velocidad del gas debe elegirse de modo que los sólidos en el lecho fluidizado sean arrastrados a lo alto de dicho lecho fluidizado. Los sólidos se transportan dentro del lecho fluidizado expandido hasta la salida de la cámara de lecho fluidizado 2 y se hacen pasar a la zona de flujo 3.1. El transporte de las partículas sólidas tiene lugar con una diferencia temporal con respecto a la velocidad de los gases. Una alta velocidad relativa y un alto grado de mezcla entre el gas y los sólidos son determinantes para una transferencia óptima de sustancias y calor.
- 40 En la cámara de lecho fluidizado 2 se encuentran además conexiones 10, 11 y 12 para la adición de sorbentes, aditivos y agua o vapor.
- 45 Un sensor de corrientes de gas 13 en la alimentación de gas 8 permite medir el caudal volumétrico, es decir el volumen que fluye a través de la alimentación de gas y entra en el reactor de flujo de lecho fluidizado por unidad de tiempo.
- La corriente de gas residual cargada con sólidos sale de la cámara de lecho fluidizado 2 por su extremo superior a través de una conexión transversal 15 con la cámara de flujo 4. La corriente de gas residual sufre una desviación y fluye ahora a través de la cámara de flujo 4 primeramente hacia abajo, en dirección antiparalela a la dirección del flujo en la cámara de lecho fluidizado 2. En la cámara de flujo se mueven la corriente de gas residual completa, los sorbentes aún reactivos arrastrados por esta y los contaminantes todavía sin reaccionar en una corriente continua con una velocidad constante. La velocidad relativa entre los sorbentes y los contaminantes en la zona de flujo es baja, de modo que los contaminantes pueden depositarse sobre los sorbentes o bien los contaminantes ya depositados sobre los sorbentes pueden difundirse en su interior y reaccionar con ellos. Fundamentalmente tienen lugar tales transferencias
- 50
- 55

internas de sustancias controladas por difusión.

El tiempo de permanencia en la zona de flujo 3.1 y en la zona de flujo adicional 3.2 en conjunto es de entre 0,2 y 4 s, preferentemente entre 0,4 y 2 s.

5 La velocidad del gas en la zona de flujo 3.1 y en la zona de flujo adicional 3.2 en conjunto es de entre 4 y 16 m/s, preferentemente entre 6 y 12 m/s.

La velocidad del gas aumenta a la salida y por tanto es de entre 6 y 18 m/s, preferentemente entre 8 y 16 m/s.

Los productos del proceso forman aquí su estructura cristalina e incorporan agua de cristalización. Ello conlleva un secado del producto que se completa en la zona de flujo.

10 En cualquier caso, en la zona de flujo 3.1 y en la zona de flujo adicional 3.2 se reduce aún más la proporción de contaminantes sin reaccionar.

La longitud de la zona de flujo 3.1 y de la zona de flujo adicional 3.2 y, con ello, el tiempo de permanencia que resulta de la velocidad del gas, se ajustan de tal modo que en dichas zonas se reduzca de nuevo considerablemente la proporción de contaminantes todavía sin reaccionar. Los valores típicos del tiempo de permanencia son por tanto superiores a 1 s.

15 Si la proporción de contaminantes sin reaccionar a la entrada en la zona de flujo es todavía, p. ej., de aproximadamente el 20 %, a la salida de la zona de flujo será solo del 10 %, en cada caso con respecto a una carga de contaminantes del 100 % a la entrada en el lecho fluidizado.

20 Entre la salida 5 y la entrada en el filtro de proceso 6, puede disponerse todavía una zona de flujo adicional 3.2, según se ha mencionado anteriormente. Aquí tienen lugar los mismos procesos que en la zona de flujo 3.1, de modo que la corriente de gas residual llega al filtro de proceso con una proporción de contaminantes sin reaccionar aún menor.

25 Dado que la corriente de gas residual al final de la zona de flujo 3.1 se desvía lateralmente por la desviación 3.3, los sólidos de la fracción de partículas grandes se separan de la corriente de gas residual y caen hacia abajo por la acción de la gravedad en un depósito del separador 16. Debajo de la desviación 3.3 aumenta el diámetro de la cámara de flujo, de modo que la velocidad del flujo a la entrada en el depósito del separador 16 disminuye. Esto también contribuye a que los sólidos de la fracción de partículas grandes caigan al depósito del separador 16.

Otra separación de sólidos selectiva por peso tiene lugar en la zona de flujo adicional 3.2, ya que aquí trabaja la gravitación sobre los sólidos en contra de las fuerzas del flujo que actúan sobre los mismos.

30 En la salida 5 puede haber un distribuidor de gas que optimiza el flujo de gas en el filtro de proceso y que, en el mejor de los casos, también desvía los sólidos de la fracción de partículas grandes, siempre que estos sean arrastrados por la corriente de gas residual, y los dirige hacia abajo, al depósito del filtro 21.

Para mejorar la selectividad del separador 16a, el depósito del separador 16 es atravesado por una corriente de aire (conexión de aire 18) desde abajo, con lo que los sólidos que se encuentran en su interior se fluidizan, de modo que aquellas partículas sólidas que son más pequeñas que las partículas sólidas de la fracción de partículas grandes vuelven a ser arrastradas hacia arriba hacia la salida 5.

35 Dado que la fracción de partículas grandes se separa de la corriente de gas residual antes de la entrada de dicha corriente de gas residual en el filtro de proceso, la sollicitación mecánica del filtro de proceso con sólidos abrasivos es reducida, ya que estos se encuentran fundamentalmente en la fracción de partículas grandes separada.

40 En la conducción de salida 17 del depósito del separador 16, que contiene ahora fundamentalmente una fracción de partículas grandes, se prevé un dispositivo dosificador 19 que regule la cantidad de sólidos que se retorna a la cámara de lecho fluidizado 2 a través de una conducción de retorno secundaria 20. Esta conducción de retorno secundaria 20 constituye una ruta secundaria además de la conducción de retorno principal 23 desde el depósito del filtro 21 hasta la cámara de lecho fluidizado 2.

45 El depósito del separador 16 también contiene, por ejemplo, un 1 % de sorbentes aún reactivos, los cuales se retornan al lecho fluidizado junto con los sólidos inertes. De este modo, conjuntamente con los sorbentes reactivos nuevamente introducidos, la proporción de sorbentes reactivos en el lecho fluidizado se mantiene esencialmente constante.

Opcionalmente, la cantidad de sólidos en el retorno secundario puede conducirse, al menos parcialmente, a través de un activador 50 (p. ej., humidificación, oxidación, clasificación/molienda), como se da a entender a modo de ejemplo en la figura 1.

50 No obstante, solamente se retorna una pequeña parte del contenido del depósito del separador 16, es decir, solo tanto como sea necesario para el mantenimiento y la estabilización de la cama de apoyo, en lo que, como efecto adicional, también se aprovechan los sorbentes presentes en el retorno. El resto se desecha. Esto tiene además la ventaja de que los aditivos inflamables que se añaden al lecho fluidizado, p. ej., para reducir el mercurio en el gas residual, pueden

recogerse aquí de forma segura.

5 Debajo del filtro de proceso 6 se encuentra el depósito del filtro 21, en el que se recogen las fracciones de partículas medianas y finas separadas en dicho filtro de proceso 6. A través de un dispositivo dosificador 22 en la conducción de retorno principal 23 se retornan sólidos de las fracciones de partículas medianas y finas del depósito del filtro 21 a la cámara de lecho fluidizado 2.

Esta conducción de retorno principal constituye la ruta principal del retorno. La fracción de partículas medianas contiene todavía sorbentes reactivos, los cuales pueden retornarse principalmente al lecho fluidizado, que se compone en gran parte de sorbentes retornados.

10 En la salida de gases del filtro de proceso 6 hay un sensor de gas 24 para la medición de gases nocivos, que mide la carga de contaminantes remanente en el gas residual.

15 Además, se prevé un dispositivo regulador 25 que reciba las señales de medición del sensor de corrientes de gas 13 y del sensor de gas 24 para la medición de gases nocivos y, basándose en el procedimiento descrito a continuación que está implementado en el dispositivo regulador 25, controle los dos dispositivos dosificadores 19 y 22 para un retorno de sólidos de la fracción de partículas grandes o de sorbentes al lecho fluidizado y la conexión 10 para sorbentes para la alimentación de nuevos sorbentes.

El procedimiento prevé la medición de la concentración de contaminantes remanentes en la salida de gases del filtro de proceso 6. Si esta supera un valor teórico preestablecido, se aumentará la tasa de alimentación de sorbentes nuevos en la conexión 10.

20 El lecho fluidizado, es decir su composición de sólidos como fracción de partículas grandes, debe regularse. Con el mantenimiento de la fracción de partículas grandes en el lecho fluidizado, este se estabiliza. Sin embargo, la composición de sólidos se ve afectada por la introducción de sólidos por parte de la corriente de gas. Si durante la operación varía su caudal volumétrico, se hace necesaria una regulación, que funciona de la manera siguiente:

25 En primer lugar, se establece una posición básica de trabajo: para un caudal volumétrico básico determinado, que se fija en el 100 %, se determina empíricamente y se establece una tasa de retorno básica de sólidos y sorbentes activos desde el depósito del separador 16.

30 Durante la operación, se mide el caudal volumétrico por medio del sensor de corrientes de gas 13. Si se mide un caudal volumétrico que supone un aumento con respecto al caudal volumétrico básico, se aumentará la tasa de retorno con respecto a la tasa de retorno básica. Si se mide un caudal volumétrico que supone una disminución con respecto al caudal volumétrico básico, se reducirá la tasa de retorno con respecto a la tasa de retorno básica. De este modo, la tasa de retorno durante la operación se adapta de forma continua al caudal volumétrico de la corriente de gas que entra en el lecho fluidizado.

35 Así se consigue que los sólidos en el lecho fluidizado siempre formen una fracción de partículas grandes. El lecho fluidizado no se sobrecarga con una proporción excesiva de sólidos demasiado pesados ni tampoco se reduce el tiempo de permanencia de los sorbentes activos en el lecho fluidizado, a causa de una proporción insuficiente de sólidos ligeros.

El dispositivo dosificador 19 en el separador 16a se usa también para desechar del proceso la parte de la fracción de partículas grandes que no se necesita para su retorno al lecho fluidizado.

40 La figura 2 muestra la realización según la figura 1 en una representación en diagrama de bloques, en donde se usan los mismos números de referencia para la designación de los mismos componentes. Además, se muestran algunos complementos posibles de la instalación.

La instalación presenta varias bifurcaciones, a las que llegan sólidos de calidades diferentes.

45 Estas son un separador previo 30 empleado opcionalmente, la cámara de sedimentación 7, el depósito del separador 16, así como el depósito del filtro 21. Si el filtro de proceso 6 se implementa como filtro de manga con un depósito del filtro 21 y con una cubierta de entrada y una separación de sólidos 31 integrada, la instalación de filtración 67 presentará otra bifurcación 32, además de la bifurcación 33.

La separación de sólidos 31 presenta además una conducción independiente 26 al depósito del filtro 21.

50 Cada una de estas bifurcaciones está conectada a un silo independiente 34, 35, 36, de modo que las sustancias que llegan a cada bifurcación pueden dirigirse de forma individual y separada de las otras sustancias a un procesamiento posterior. Según el proceso que se lleva a cabo en la instalación, las sustancias presentes todavía tienen un valor intrínseco.

En un silo colector 39 pueden elaborarse también mezclas de las sustancias.

Otra medida se refiere a la variación de las posibilidades de empleo de la instalación. Algunas instalaciones se hacen

funcionar con tipos muy diversos de gases residuales de forma estacional o según la demanda, en donde la concentración de contaminantes remanentes que ha de cumplirse y/o los caudales volumétricos de los gases residuales pueden ser también muy diferentes en cada caso.

5 Sin embargo, el modo de operación con respecto al caudal volumétrico de la instalación queda determinado en particular por la selección de las dimensiones del acelerador de gas 9.

Para no tener que hacer modificaciones aquí en caso de un cambio del modo de operación que requiera mayor caudal volumétrico de gas residual, se prevé que pueda conectarse un desvío operativo 40 desde la entrada de gas sin pasar por el acelerador de gas 9 directamente a la cámara de lecho fluidizado 2.

10 Para ahorrar aquí energía y sorbentes, en caso de un cambio del modo de operación que permita una mayor concentración de contaminantes remanentes, se prevé que pueda conectarse un desvío operativo 41 desde la entrada de gas, sin pasar por el acelerador de gas 9 ni la cámara de lecho fluidizado 2, a la zona de flujo 3.1. La corriente principal pasa a través del acelerador de gas 9 y se mezcla posteriormente con la corriente parcial sin purificar del desvío operativo.

15 Según la figura 3, el reactor de flujo de lecho fluidizado 1 tiene preconectado un reactor previo 42. Por tanto, los gases residuales atraviesan primeramente el reactor previo 42, antes de entrar en el reactor de flujo de lecho fluidizado 1 a través de la alimentación de gas 8.

20 El reactor previo 42 es un reactor de flujo, implementado como un cilindro hueco 43 dispuesto verticalmente, con una sección transversal adaptada a la velocidad del gas y atravesado de arriba abajo por el gas residual. Los sorbentes activos en el reactor previo 42 se introducen por una conexión 44. El gas residual entra en el reactor previo 42 a través una alimentación de gas 45 en el extremo superior del cilindro hueco 43.

Una o varias salidas de gas 46 del reactor previo 42 se localizan lateralmente en el extremo inferior del cilindro hueco 43. Estas desembocan en la alimentación de gas 8 del reactor de flujo de lecho fluidizado 1. Por cada reactor de flujo de lecho fluidizado 1 pueden preverse uno o varios reactores previos 42, que se agrupan alrededor del reactor de flujo de lecho fluidizado 1.

25 La velocidad del gas residual en el reactor previo 42 se ajusta en función de la carga de contaminantes, de modo que sea de aproximadamente 4-16 m/s, en el mejor de los casos de 6-12 m/s.

30 Debajo del cilindro hueco 43 hay un depósito, el depósito del reactor previo 47, que recoge los sólidos de una fracción de partículas gruesas que no son arrastrados por el flujo de gas a la alimentación de gas 46. Los sólidos recogidos en el depósito del reactor previo 47 se desechan del proceso a través de una conducción de salida 48. Los sólidos desechados pueden transportarse a un silo y desde allí dirigirse en su caso al silo colector 39 (véase la figura 2).

El procedimiento funciona para la separación de material grueso y para la activación de sorbentes de la manera siguiente: un gas residual, p. ej., con un alto contenido de cloro, se introduce en el reactor previo 42 para la separación del gas y los sólidos. Normalmente entra en el reactor previo a una temperatura de 150-300 °C.

35 A continuación, se explicará el proceso posterior mediante la figura 4. En el reactor previo se introduce como sorbente bicarbonato de sodio (NaHCO_3). Ya a una temperatura de aproximadamente 60 °C comienza en el reactor previo 42 la descomposición térmica del bicarbonato de sodio con la formación *in situ* de carbonato de sodio y la producción de agua y dióxido de carbono, es decir, se generan iones de Na^+ e iones de CO_3^{2-} . Los iones de Na^+ reaccionan después con los gases nocivos ácidos de cloruros y óxidos de azufre. A una temperatura de aproximadamente 150 °C, presente generalmente corriente arriba de un gas residual, esta descomposición tiene lugar con una velocidad tan alta que
40 tiempos de permanencia de 0,2-4 s son suficientes para el transcurso de las reacciones entre los iones de sodio y los contenidos de gases nocivos ácidos. Las reacciones entre los iones de sodio y los iones de cloruro o de óxidos de azufre transcurren mucho más deprisa que la reacción de recristalización con el carbonato para dar carbonato de sodio. En ello, la reacción entre los iones de cloruro y los iones de sodio es más rápida que la reacción entre los óxidos de azufre y los iones de sodio, de tal modo que, para este tiempo de permanencia, principalmente se separa el cloruro
45 del gas residual.

Desde el depósito del reactor previo 47 y/o la cámara de sedimentación 7, puede retornarse sorbente aún reactivo al reactor previo a través de una conducción de retorno conjunta 57.

50 Dado que la velocidad de la reacción entre el sorbente carbonato de sodio y el contaminante cloruro de hidrógeno es muy alta, el tiempo de permanencia de los sólidos del gas en el reactor previo puede ser reducido, p. ej., ajustarse a 0,2-4 s, de modo que los óxidos de azufre (SO_x) que lleva el gas residual atraviesan el reactor previo 42 en su mayor parte sin reaccionar y llegan a la cámara de lecho fluidizado 2, donde reaccionan químicamente con los sorbentes que allí se encuentran. Para ajustar la temperatura óptima para ello, se introduce agua en la cámara de lecho fluidizado 2.

55 Sin embargo, esto no conduce allí a aglomeraciones por el cloruro de calcio higroscópico, ya que la mayor parte del cloruro de hidrógeno, que se convertiría en cloruro de calcio en la cámara de lecho fluidizado 2 mediante los sorbentes allí presentes, reacciona antes con el bicarbonato de sodio y se separa del gas residual esencialmente como cloruro

de sodio, que no es higroscópico.

- De este modo, en el reactor previo 42 se separa principalmente el cloruro de hidrógeno del gas residual, mientras que en el reactor de flujo de lecho fluidizado 1 que sigue al reactor previo 42 se separan los óxidos de azufre (SO_x) del gas residual. Mediante la adición de agua, la temperatura en el reactor de flujo de lecho fluidizado 1 puede reducirse a un valor óptimo para la reacción de los óxidos de azufre (SO_x) con hidróxido de calcio.

Por tanto, por la separación del HCl en el reactor previo 42 se mejora la relación HCl/SO_x para la etapa de purificación posterior, ya que la relación HCl/SO_x se desplaza hacia los SO_x, p. ej., HCl/SO_x < 0,2. De este modo, para el lecho fluidizado, la temperatura del gas residual puede enfriarse rápidamente a un óptimo para la purificación de dicho gas residual con cal hidratada.

- 10 En caso de que la fracción de partículas gruesas arrastrada por la corriente de gas residual a la cámara de lecho fluidizado 2 / cámara de sedimentación del lecho fluidizado 7 todavía contenga bicarbonato de sodio sin usar o este se haya introducido directamente en el lecho fluidizado, dicho bicarbonato puede recircularse directamente desde la cámara de sedimentación del lecho fluidizado 7 al reactor previo 42 a través de una conducción de retorno 57.

Lista de números de referencia

15	1	Reactor de flujo de lecho fluidizado	26	Conducción
	2	Cámara de lecho fluidizado	30	Separador previo
	3.1	Zona de flujo	31	Separación de sólidos
	3.2	Zona de flujo adicional	32	Bifurcación
	3.3	Desviación	33	Bifurcación
20	4	Cámara de flujo	34	Silo
	5	Salida	35	Silo
	6	Filtro de proceso	36	Silo
	7	Cámara de sedimentación	39	Silo colector
25	8	Conducción de alimentación	40	Desvío operativo
	9	Acelerador de gas		
	10	Conexión (sorbentes)		
	11	Conexión (aditivos)	41	Desvío operativo
30	12	Conexión (agua, vapor)	42	Reactor previo
	13	Sensor de corrientes de gas	43 44	Cilindro hueco
	15	Conexión transversal	45	Alimentación de gas
	16	Depósito del separador	46	Salida de gas
35	16a	Separador	47	Depósito del reactor previo
	17	Conducción de salida	48	Conducción de salida
	18	Conexión de aire		
	19	Dispositivo dosificador		
40	20	Conducción de retorno secundaria	50	Activador

ES 2 807 898 T3

21	Depósito del filtro	55	Conducción
22	Dispositivo de dosificación		
23	Conducción de retorno principal	56	Conducción
24	Sensor de gas	57	Conducción de retorno
5 25	Dispositivo regulador	67	Instalación de filtración

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento la separación de sustancias gaseosas y particuladas de una corriente de gas mediante un reactor de flujo de lecho fluidizado con una cámara de lecho fluidizado que aloja un lecho fluidizado expandido, en donde el lecho fluidizado expandido presenta sólidos que consisten al menos en sorbentes reactivos y sólidos inertes, y en donde los sólidos que forman una cama de apoyo en el lecho fluidizado corresponden a una fracción de partículas grandes,
- 5 en donde la corriente de gas cargada con las sustancias por separar se alimenta al lecho fluidizado para que en dicho lecho fluidizado las sustancias por separar entren en contacto con los sorbentes y reaccionen con estos,
- 10 en donde la velocidad en la cámara de lecho fluidizado se ajusta de tal modo que con la corriente de gas también salen del lecho fluidizado sólidos inertes y sorbentes reactivos,
- en donde además de los sorbentes retornados, también se alimentan sorbentes nuevos al lecho fluidizado y
- 15 en donde la corriente de gas que sale del lecho fluidizado, antes de que se separen de ella los sólidos inertes junto con una parte de los sorbentes reactivos, recorre una zona de flujo sin bifurcaciones de trayectoria antiparalela con respecto al lecho fluidizado que, en su extremo superior tiene una entrada para la corriente de gas y en su extremo inferior una salida lateral para la corriente de gas, en donde, durante el recorrido, los sorbentes y las sustancias por separar dentro de la corriente de gas entran en contacto y reaccionan entre sí, de manera que la proporción de las sustancias sin reaccionar en la corriente de gas al final de la zona de flujo es inferior a su proporción a la salida del lecho fluidizado,
- 20 en donde debajo de la salida lateral, la zona de flujo da paso a un depósito del separador para los sólidos separados por gravedad de la corriente de gas, en donde los sólidos de la fracción de partículas grandes, debido a su tamaño y a causa del flujo de gas que actúa sobre ellos, caen por gravedad más abajo de la salida lateral y se almacenan temporalmente en el depósito del separador, de modo que la desviación de la corriente de gas a la salida actúa como separador para una fracción de partículas grandes en la corriente de gas,
- 25 en donde una parte de los sólidos, en los que se encuentra la fracción de partículas grandes, se retorna desde el depósito del separador a la cámara de lecho fluidizado a través de una conducción de retorno que forma una ruta secundaria; en donde los sólidos inertes y los sorbentes reactivos se separan y ambos se retornan en parte al lecho fluidizado a través de la conducción de retorno secundaria,
- 30 en donde las fracciones de partículas medianas y partículas finas se separan de la corriente de gas que sale del lecho fluidizado en un filtro de proceso incluido después de la zona de flujo y se dirigen a una conducción de retorno que forma la ruta principal, a través de la cual se retornan los sorbentes reactivos al lecho fluidizado, y
- 35 en donde la corriente de gas que se alimenta al reactor de flujo de lecho fluidizado está cargada con sustancias por separar que forman una fracción de partículas grandes, en donde la corriente de gas cargada con las partículas se alimenta al lecho fluidizado, en donde dicho lecho fluidizado se opera de tal modo que la tasa de la fracción de partículas grandes arrastrada con la corriente de gas no es inferior a la tasa de la fracción de partículas grandes alimentada con la corriente de gas,
- y en donde la fracción de partículas grandes no se elimina de la corriente de gas residual hasta haber recorrido el reactor de flujo de lecho fluidizado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la zona de flujo está implementada mediante una cámara de flujo de trayectoria antiparalela con respecto a la cámara de lecho fluidizado.
- 40 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que se mide la tasa de las sustancias por separar sin reaccionar en la corriente de gas después de salir de la zona de flujo, y se aumenta la alimentación de sorbentes nuevos cuando la tasa de las sustancias por separar sin reaccionar en la corriente de gas ha superado un valor teórico preestablecido.
- 45 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la tasa de retorno de los sólidos y los sorbentes reactivos separados en la ruta secundaria se modifica en función de la variación del caudal volumétrico de la corriente de gas que entra en el lecho fluidizado.
- 50 5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que para un caudal volumétrico básico determinado se establece una tasa de retorno básica, la tasa de retorno se aumenta con respecto a la tasa de retorno básica cuando el caudal volumétrico aumenta con respecto al caudal volumétrico básico y la tasa de retorno se disminuye con respecto a la tasa de retorno básica cuando el caudal volumétrico disminuye con respecto al caudal volumétrico básico.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que después de la zona de flujo se incluye un filtro de proceso y los sólidos allí separados corresponden a una fracción de partículas medianas y una fracción de partículas finas que se retornan al lecho fluidizado dependiendo del proceso.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que entre la salida de la zona de flujo y la entrada en el filtro de proceso hay dispuesta una zona de flujo adicional.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la corriente de gas dirigida al reactor de flujo de lecho fluidizado se hace pasar primero a través de un reactor previo diseñado como reactor de flujo.
- 5 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que el reactor previo contiene sorbentes que favorecen la disminución de un primer tipo de sustancias por separar a la temperatura de la corriente de gas, la cámara de lecho fluidizado del reactor de flujo de lecho fluidizado contiene sorbentes que favorecen la disminución de un segundo tipo de sustancias a una temperatura inferior a la temperatura de la corriente de gas a la entrada en el reactor previo, y la reducción de la temperatura en la cámara de lecho fluidizado tiene lugar por enfriamiento rápido.
- 10 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que parte de la corriente de gas se dirige en un desvío operativo desde la entrada al reactor de lecho fluidizado directamente al lecho fluidizado, sin pasar por el acelerador de gas del reactor de lecho fluidizado.

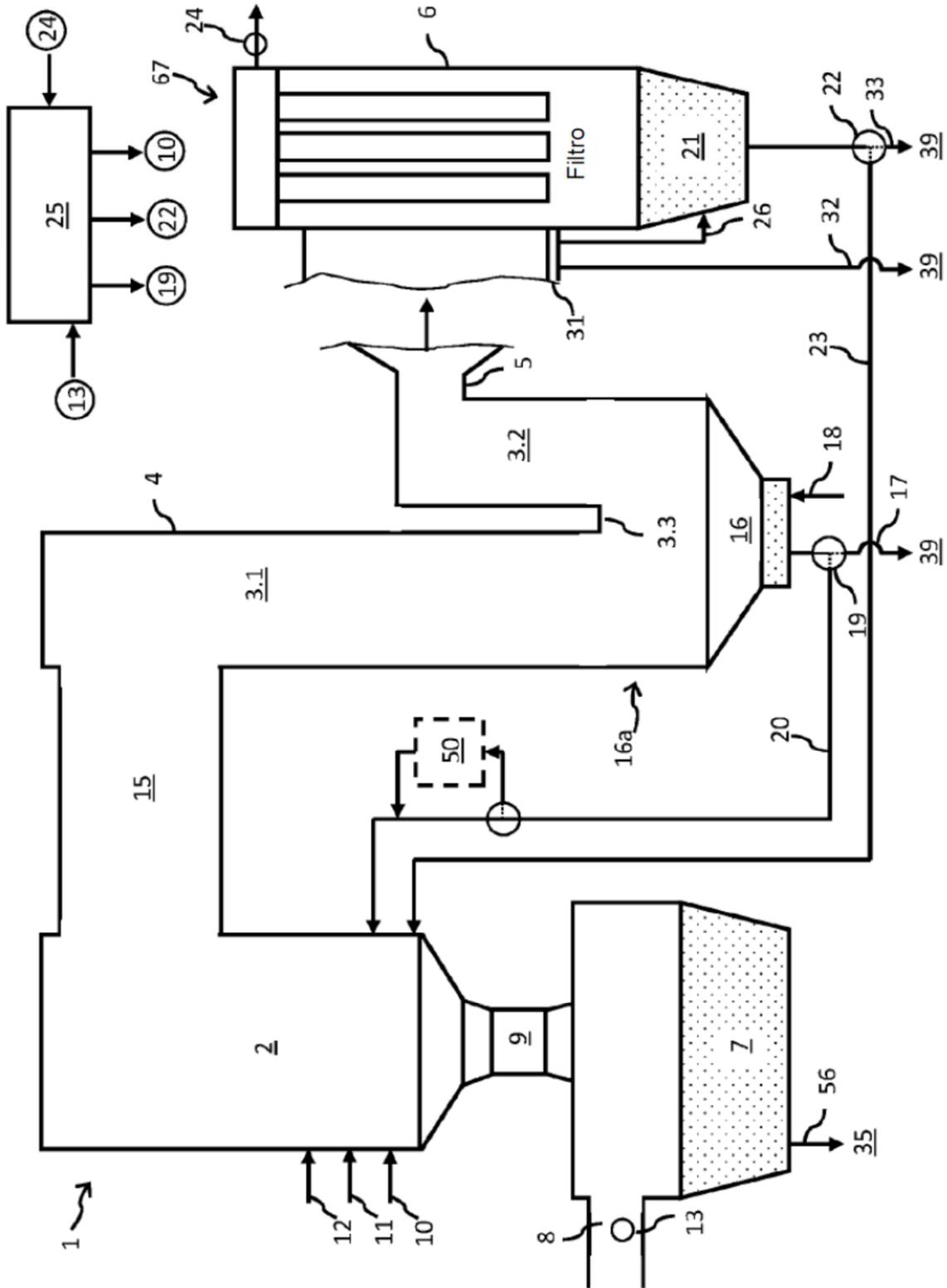


Figura 1

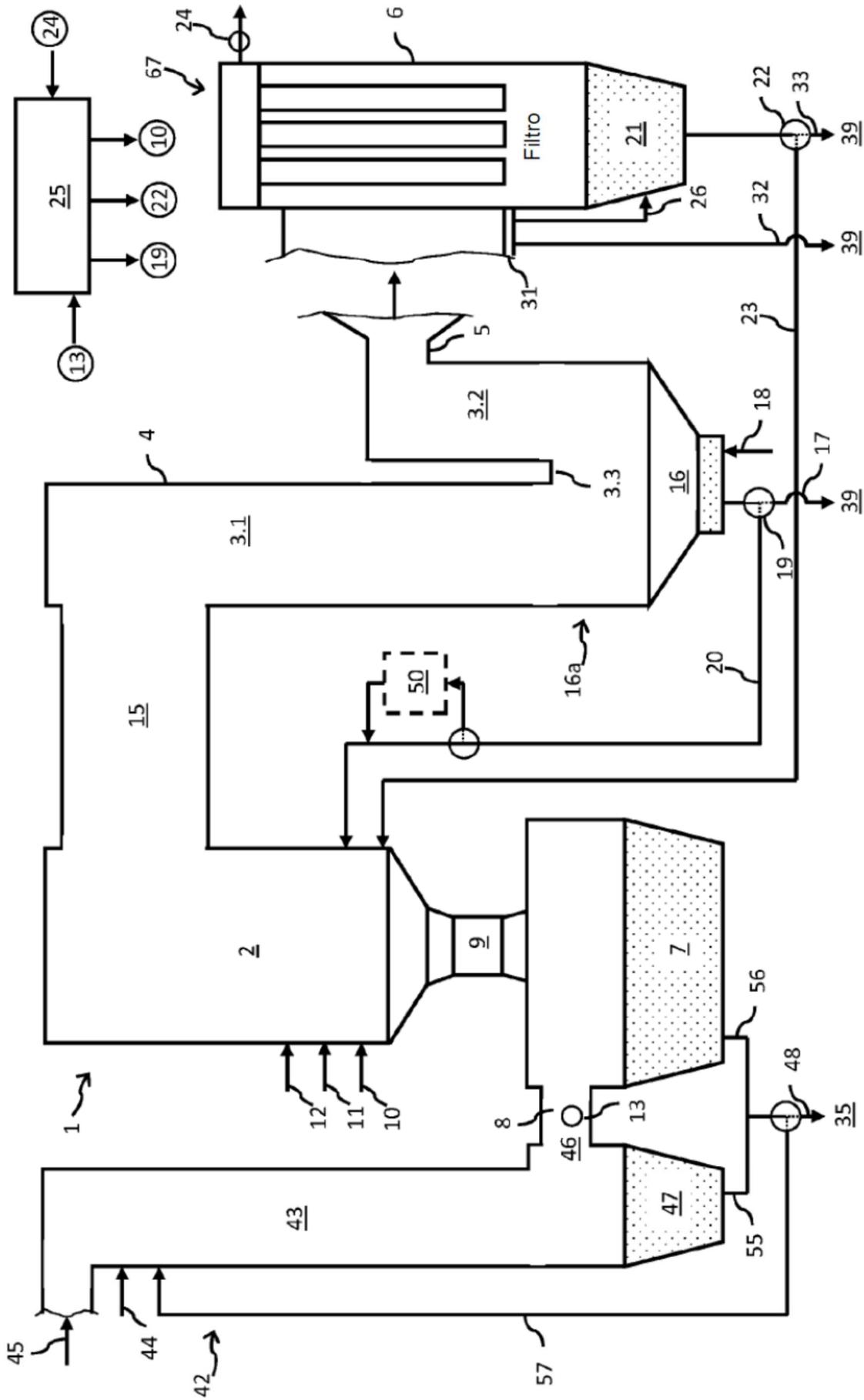


Figura 3

