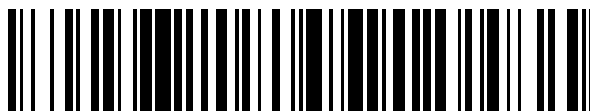


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 831**

51 Int. Cl.:

B04C 3/06 (2006.01)

B04C 5/13 (2006.01)

B04C 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2010 E 10721542 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2015 EP 2571622**

54 Título: **Separador ciclónico con dos salidas de gas y procedimiento de separación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.06.2015

73 Titular/es:

**PETROLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS
(100.0%)
Avenida Republica do Chile no 65
Rio de Janeiro, BR**

72 Inventor/es:

**HUZIWARA, WILSON KENZO;
DOS SANTOS, CELSO MURILO;
MICHELAN, ROGÉRIO y
SANDES, EMANUEL FREIRE**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 538 831 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

Separador ciclónico con dos salidas de gas y procedimiento de separación.

5 CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a equipos y procedimientos para separar partículas sólidas de suspensiones de gas y partículas. Más en particular, la invención se refiere a separadores ciclónicos, en los que una componente de fuerza tangencial se imparte a la suspensión de gas y partículas.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Separadores ciclónicos de varias formas estructurales diferentes se usan en diversos aparatos para separar impurezas contenidas en fluidos gaseosos, tales como partículas sólidas o polvo, gotas de líquidos o material similar.

15

Los separadores ciclónicos también se usan ampliamente para separar y extraer partículas del aire o de gases de proceso. También se usan como reactores químicos, intercambiadores de calor y para secar materiales granulares y la combustión de fuel. En las refinerías de petróleo, se usan para garantizar la continuidad del proceso para obtener productos, retener un catalizador e impedir su emisión a la atmósfera, impidiendo que se produzcan pérdidas y polución, con el fin de garantizar la continuidad del proceso. La gran aplicabilidad de los separadores ciclónicos se debe, al menos en parte, a su bajo coste de funcionamiento, su fácil mantenimiento y la posibilidad de soportar duras condiciones de presión y temperatura.

20

Los separadores ciclónicos pueden usarse en varias disposiciones diferentes, en serie o en paralelo. En algunos procesos, todo el fluido gaseoso producido, denominado en lo sucesivo suspensión de gas y partículas, pasa por el separador. En otros procesos, los separadores ciclónicos pueden usarse como parte de un sistema de limpieza de gas residual.

25

Las partículas se separan mediante un proceso de centrifugación de la suspensión de gas y partículas. Este fenómeno se produce con la inducción de un flujo vortical dentro del separador ciclónico debido a la importante componente de fuerza tangencial con la que la suspensión entra en la cámara ciclónica, que tiene generalmente una forma cónica-cilíndrica. Al tener una mayor densidad que los gases, las partículas sólidas tienden más a permanecer en la trayectoria perpendicular al flujo vortical, debido a la fuerza centrífuga, y, por tanto, chocan con las paredes de la cámara. Con las colisiones, las partículas pierden velocidad y tienden a separarse del flujo, cayendo hacia el fondo de la cámara, desde donde se retiran. El gas separado es aspirado a través del conducto de salida del ciclón, después de haberse desplazado varias revoluciones a través de la cámara y en una curva con un ángulo pronunciado hacia el conducto de salida en la parte superior.

30

35

Los separadores ciclónicos de suspensiones de gas y partículas son generalmente del tipo de flujo inverso, que son los más convencionales para este tipo de separación. Sin embargo, también se usan ciclones de flujo unidireccional, principalmente en aplicaciones en las que la concentración de partículas en la suspensión es baja.

40

En ciclones de flujo inverso, el conducto de salida de gas, denominado normalmente buscador o tubo de vórtice, está fijado y situado en la parte superior del ciclón. Durante el funcionamiento, es necesaria la inversión total del flujo vortical del gas para que sea aspirado por el conducto de salida.

45

En ciclones de flujo unidireccional (conocidos también como ciclones "uniflujo"), el conducto de salida de gas está situado en la parte inferior del separador ciclónico, no siendo necesario por tanto la inversión del flujo vortical.

50

El separador de flujo unidireccional tiene normalmente una longitud de zona de separación más corta que la de un separador con flujo inverso, siendo esta la razón por la que el separador de flujo unidireccional solo es eficaz normalmente en suspensiones de gas y partículas con bajas concentraciones de sólidos.

55

Aunque la zona de separación del separador de flujo inverso es mayor, la zona de inversión de flujo es la región en la que se produce la mayor pérdida de eficacia de recogida del separador ciclónico, debido a la inestabilidad existente en el vértice de inversión de flujo, que es el momento en que el flujo vortical se invierte, pasando de descender a ascender. Esto da como resultado desplazamientos laterales del flujo vortical, lo que provoca el arrastre de sólidos previamente separados y la erosión de las paredes del separador ciclónico.

La patente US 4.238.210 da a conocer un separador ciclónico unidireccional que comprende un conducto interno, que forma una trayectoria de flujo, con un cuerpo central dotado de álabes que extienden hacia fuera y que generan remolinos. El conducto está contenido en una cámara de recogida y los álabes presentan extremos de recogida y canales que se abren a través de la pared del conducto hacia el interior de la cámara de recogida. Aguas abajo de los álabes de generación de remolinos hay ranuras de salida que son transversales al flujo de gas.

Al igual que los otros separadores ciclónicos unidireccionales, este equipo solo es eficaz en suspensiones con bajas concentraciones de partículas.

10 La solicitud de patente PI0803051-0, a nombre del solicitante, da a conocer un separador ciclónico y un procedimiento de separación de gas y partículas con dos zonas de separación en secuencia, una con flujo inverso en la que se separa una parte del gas de la suspensión de gas y partículas con una alta concentración de sólidos, y una posterior zona de separación de flujo unidireccional en la que se separa la otra parte del gas de la suspensión, con una baja concentración de sólidos.

15

El separador ciclónico está dotado de dos conductos de salida, uno sujetado de manera axial a la parte superior y otro sujetado de manera axial a la parte inferior, generando las zonas de separación de flujo inverso y de flujo unidireccional, respectivamente.

20 En el documento WO 2010/001097 A1 se da a conocer otro separador ciclónico de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, así como un procedimiento de separación de partículas de una mezcla de gas y partículas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 12.

El aparato y procedimiento descritos posteriormente presentan ventajas para la separación de suspensiones de gas y partículas, usando ciclones de flujo inverso, con respecto a los dispositivos y procedimientos conocidos de la técnica anterior; por ejemplo, el aparato y procedimiento descritos posteriormente impiden los problemas de la pérdida de eficacia de recogida y la erosión en la región de la inversión del flujo vortical cuando pasa de descender a ascender.

30 RESUMEN DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a un separador ciclónico para una suspensión de gas y partículas. La invención también se refiere a un procedimiento de separación en el que se usa un separador como el descrito en el presente documento. Cuando en el presente documento se hace cualquier referencia a una "partícula", ésta puede ser, a modo de ejemplo no limitativo, una partícula líquida o una partícula sólida. Por tanto, una mezcla o suspensión de gas y partículas puede ser una mezcla o suspensión de gas y sólido, una mezcla o suspensión de gas y líquido, o una mezcla o suspensión de gas, sólido y líquido.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un separador ciclónico para separar partículas de una mezcla de gas y partículas, de acuerdo con la reivindicación 1.

De acuerdo con una realización, en funcionamiento, el caudal másico de gas que sale a través de la salida de gas de flujo inverso supera el 70% del caudal másico total de gas que sale del separador ciclónico.

45 De acuerdo con una realización, en funcionamiento, el caudal másico de gas que sale a través de la salida de gas de flujo inverso supera el 95% del caudal másico total de gas que sale del separador ciclónico.

De acuerdo con una realización, el diámetro de la salida de flujo de gas unidireccional es inferior al 30% del diámetro de la salida de gas de flujo inverso.

50

De acuerdo con una realización, el diámetro de la salida de flujo de gas unidireccional está en un intervalo comprendido entre el 1% y el 5% del diámetro de la salida de gas de flujo inverso.

De acuerdo con una realización, la forma de una sección transversal de la salida de gas de flujo inverso perpendicular a la dirección de flujo de gas es circular; y/o la forma de una sección transversal de la salida de gas de flujo unidireccional perpendicular a la dirección de flujo de gas es circular.

De acuerdo con una realización, la salida de gas de flujo inverso se extiende hacia la cámara de separación para

extraer gas separado desde el interior de la cámara de separación; y/o la salida de gas de flujo unidireccional se extiende hacia la cámara de separación para extraer gas separado desde el interior de la cámara de separación.

5 De acuerdo con una realización, el separador ciclónico comprende además una salida de sólidos configurada para permitir que partículas que se hayan separado del gas salgan de la cámara de separación, estando la salida de sólidos opcionalmente alineada con la salida de gas de flujo unidireccional.

De acuerdo con una realización, al menos una parte de la cámara de separación tiene una línea central axial, y la
10 entrada o bien:

es sustancialmente paralela a la línea central axial;
es sustancialmente perpendicular a la línea central axial; o
15 forma una espiral alrededor de la línea central axial.

De acuerdo con una realización, al menos una parte de la cámara de separación tiene una línea central axial, y la entrada está desplazada con respecto a la línea central axial.

De acuerdo con una realización, el separador ciclónico comprende además una segunda entrada configurada para
20 permitir que la mezcla de partículas y gas entre en la cámara de separación.

De acuerdo con una realización, al menos una parte de la cámara de separación tiene una línea central axial, y la segunda entrada o bien:

25 es sustancialmente paralela a la línea central axial;
es sustancialmente perpendicular a la línea central axial; o
forma una espiral alrededor de la línea central axial.

De acuerdo con una realización, la cámara de separación tiene un extremo de entrada;

30 la entrada y la salida de gas de flujo inverso están previstas en dicho extremo de entrada; y
la salida de gas unidireccional está prevista en un extremo de la cámara de separación que es opuesto al extremo de entrada.

35 De acuerdo con una realización, el gas sale por la salida de gas de flujo inverso en una primera dirección de flujo de salida, y el gas sale por la salida de gas de flujo unidireccional en una segunda dirección de flujo de salida, siendo la primera dirección de flujo de salida diferente de la segunda dirección de flujo de salida. De acuerdo con una realización, la primera dirección de flujo de salida es sustancialmente opuesta a la segunda dirección de flujo de salida.

40 De acuerdo con una realización, al menos una parte de la cámara de separación es radialmente simétrica en torno a una línea central axial de la cámara de separación.

De acuerdo con una realización, la salida de gas de flujo inverso comprende un conducto cuya línea central está
45 sustancialmente alineada con la línea central axial de la cámara de separación, y/o
la salida de gas de flujo unidireccional comprende un conducto cuya línea central está sustancialmente alineada con la línea central axial de la cámara de separación.

De acuerdo con una realización, al menos una parte de la pared interna de la cámara de separación es frustocónica.

50 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para separar partículas de una mezcla de gas y partículas usando un separador ciclónico como el descrito en el presente documento.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para separar partículas de una mezcla
55 de gas y partículas de acuerdo con la reivindicación 12.

De acuerdo con una realización, el caudal másico de gas extraído a través de la salida de gas de flujo inverso supera el 70% del caudal másico total de gas que sale del separador ciclónico.

De acuerdo con una realización, el caudal másico de gas extraído a través de la salida de gas de flujo inverso supera el 95% del caudal másico total de gas que sale del separador ciclónico.

De acuerdo con una realización, el gas que no se extrae a través de la salida de gas de flujo inverso se extrae a través de la salida de gas de flujo unidireccional.

De acuerdo con una realización, la posición en la que la dirección de flujo se invierte está dentro de la salida de gas de flujo unidireccional.

10 De acuerdo con una realización, la porción de gas extraída a través de la salida de gas de flujo inverso se extrae en una dirección sustancialmente opuesta a la porción de gas extraída a través de la salida de gas de flujo unidireccional.

De acuerdo con una realización, la etapa de separar la mezcla comprende una separación centrífuga.

15 De acuerdo con una realización, el procedimiento comprende además extraer sólidos separados de la mezcla.

De acuerdo con una realización, la concentración de partículas en la mezcla proporcionada a la cámara de separación es mayor que 1 gm^{-3} .

20 De acuerdo con una realización, se proporciona un separador ciclónico inverso de suspensión de gas y sólido, que comprende una cámara ciclónica, con al menos una entrada, un espacio anular para la recogida de partículas separadas, y dos conductos de salida, donde un conducto está sujetado de manera axial a la parte superior de la cámara ciclónica y el otro conducto está sujetado de manera axial a la parte inferior de la cámara y con un diámetro interior en un intervalo comprendido entre el 1% y el 5% del diámetro interior del conducto superior, presentando ambos conductos una extensión axial hacia la cámara.

De acuerdo con una realización, se proporciona un procedimiento de separación de gas y partículas que usa el separador descrito anteriormente, que comprende las etapas de dejar que la suspensión de gas y partículas entre en la cámara por medio de la entrada, aspirar el gas separado por medio de los dos conductos al mismo tiempo y a través de un espacio anular, y extraer las partículas sólidas separadas, caracterizado porque una fracción de gas en proporciones que superan el 95% es aspirada por el conducto superior y la fracción complementaria es aspirada por el conducto inferior, con el fin de mantener el vértice de inversión dentro del conducto inferior y estabilizar el flujo vortical. Este procedimiento puede estabilizar el flujo vortical ascendente. El flujo descendente puede estabilizarse por la pared de la cámara ciclónica. El procedimiento también puede comprender impartir una componente de fuerza tangencial a la suspensión de gas y partículas para separar la suspensión.

El procedimiento puede dejar que la suspensión de gas y sólidos entre en la cámara ciclónica por medio de la (primera) entrada y al menos una entrada adicional situada de manera simétrica con respecto a la (primera) entrada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las características del separador ciclónico de una suspensión de gas y partículas y de un procedimiento de separación, que son el objeto de esta invención, se entenderán mejor a partir de la descripción detallada proporcionada solamente a modo de ejemplo, asociada con las ilustraciones a las que se hace referencia posteriormente, las cuales forman una parte integrante de esta memoria descriptiva.

La Fig. 1 proporciona una representación seccionada en perspectiva del separador ciclónico para una suspensión de gas y partículas en una configuración con dos entradas de acuerdo con una realización de la invención, así como una representación esquemática del procedimiento de separación que usa el separador ciclónico de acuerdo con una realización de la invención.

La Fig. 2 proporciona una representación en perspectiva de un separador ciclónico para una suspensión de gas y partículas en una configuración con dos entradas de acuerdo con una realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Esta invención da a conocer un separador ciclónico para una suspensión de gas y partículas. También se da a conocer un procedimiento de separación en el que el separador puede mantener la estabilidad del flujo vortical

ascendente durante el proceso de separación.

De acuerdo con una realización, el separador ciclónico comprende una cámara ciclónica (1) (que puede denominarse cámara de separación (1)), con al menos una entrada (11a), un espacio anular (13) para la recogida de partículas separadas, y dos conductos de salida, donde un conducto (superior) (2) está sujeto de manera axial a la parte superior de la cámara ciclónica (1) y el otro conducto (inferior) (3) está sujeto de manera axial a la parte inferior de la cámara (1), presentando ambos conductos una extensión axial hacia la cámara (1).

En esta configuración, a diferencia de la técnica anterior, el conducto inferior (3) (que también puede denominarse salida de gas de flujo unidireccional (3)) tiene un diámetro interior que es más pequeño, por ejemplo significativamente y/o considerablemente más pequeño, que el diámetro interior del conducto superior (2) (que también puede denominarse salida de gas de flujo inverso (2)). Por ejemplo, el diámetro interior del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 0,1% y menos del 50% del diámetro interior del conducto superior (3). Preferiblemente, el diámetro interior del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 1% y el 40% del diámetro interior del conducto superior (2). Preferiblemente, el diámetro interior del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 2% y el 35% del diámetro interior del conducto superior (2). Preferiblemente, el diámetro interior del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 5% y el 30% del diámetro interior del conducto superior (2). Preferiblemente, el diámetro interior del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 10% y el 25% del diámetro interior del conducto superior (2), por ejemplo en torno al 22,4%. En una realización, el diámetro interior del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 15% y el 20% del diámetro interior del conducto superior (2).

El conducto superior (2) y el conducto inferior (3) pueden adoptar cualquier forma adecuada, por ejemplo en sección transversal. En una realización, la forma de la sección transversal del conducto superior (2) es circular, y la forma de la sección transversal del conducto inferior (3) es circular. Sin embargo, puede usarse cualquier forma de sección transversal para el conducto superior (2) y el conducto inferior (3). Por ejemplo, la forma de sección transversal puede ser un polígono, tal como un polígono regular, por ejemplo un triángulo, un cuadrado, un pentágono o un hexágono. Como alternativa, la forma de la sección transversal puede ser irregular. Las formas de la sección transversal del conducto superior (2) y del conducto inferior (3) pueden ser idénticas o diferentes entre sí. Las formas y/o las dimensiones de la sección transversal del conducto superior (2) y/o del conducto inferior (3) pueden ser idénticas a lo largo de su longitud, o pueden variar a lo largo de su longitud. De hecho, aunque el término "conducto" se usa en el presente documento en relación con el conducto superior (2) y el conducto inferior (3), debe apreciarse que cualquier salida adecuada (por ejemplo, salida de gas) configurada para permitir que salga gas de la cámara de separación (1) puede usarse en la ubicación del conducto superior (2) y del conducto inferior (3).

Por tanto, debe entenderse que cuando se usa el término "diámetro" en el presente documento, no se limita a la forma del conducto superior (2) o del conducto inferior (3). Por ejemplo, cuando se proporcionan intervalos del diámetro relativo del conducto superior (2) y del conducto inferior (3), tales intervalos también dan a conocer intervalos de áreas relativas del conducto superior (2) y del conducto inferior (3) con cualquier forma de sección transversal que corresponden a las relaciones de área del conducto superior (2) y del conducto inferior (3) circulares con las relaciones de diámetro dadas. Dicho de otro modo, las áreas relativas de los conductos superior e inferior pueden estar en intervalos correspondientes a los intervalos de diámetro proporcionados en el presente documento, independientemente de la forma de la sección transversal del conducto superior (2) y del conducto inferior (3).

Por ejemplo, independientemente de la forma de los conductos, el área de flujo del conducto inferior (3) puede ser inferior al 50% del área de flujo del conducto superior (2). En una realización, el área de flujo del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 0,1% y el 30% del área de flujo del conducto superior (2). En una realización, el área de flujo del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 0,2% y el 20% del área de flujo del conducto superior (2). En una realización, el área de flujo del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 0,5% y el 10% del área de flujo del conducto superior (2). En una realización, el área de flujo del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 1% y el 5% del área de flujo del conducto superior (2). En una realización, el área de flujo del conducto inferior (3) puede ser aproximadamente el 2,5% del área de flujo del conducto superior (2).

Independientemente de la forma de la sección transversal del conducto superior (2) y del conducto inferior (3), el caudal másico de gas extraído a través del conducto superior (2) puede ser mayor que el caudal másico de gas extraído a través del conducto inferior (3). Esto puede conseguirse mediante cualquier medio adecuado; por ejemplo, puede conseguirse haciendo que el área de sección transversal (que puede denominarse área de flujo) del conducto superior (2) (o salida de gas de flujo inverso) sea mayor que el área de sección transversal del conducto

inferior (3) (o salida de gas de flujo unidireccional). En una realización, el área de sección transversal del conducto superior (2) puede ser significativamente y/o considerablemente mayor que el área de sección transversal del conducto inferior (3). En este caso, la mayor parte del gas (del cual se han separado las partículas) se extrae a través del conducto superior (2), de modo que el separador ciclónico actúa como, o actúa sustancialmente como, un
5 separador ciclónico de flujo inverso.

El diámetro del conducto inferior (3) puede ser inferior al 50% del diámetro del conducto superior (2). En una realización, el diámetro del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 0,1% y el 30% del diámetro del conducto superior (2). En una realización, el diámetro del conducto inferior (3) puede estar en un
10 intervalo comprendido entre el 0,2% y el 20% del diámetro del conducto superior (2). En una realización, el diámetro del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 0,5% y el 10% del diámetro del conducto superior (2). En una realización, el diámetro del conducto inferior (3) puede estar en un intervalo comprendido entre el 1% y el 5% del diámetro del conducto superior (2). En una realización, el diámetro del conducto inferior (3) puede ser aproximadamente el 2,5% del diámetro del conducto superior (2).

15 Puede usarse cualquier ubicación adecuada a lo largo de la salida respectiva para las referencias señaladas de las áreas de sección transversal, los diámetros y formas de los ejemplos usados en el presente documento. Por ejemplo, puede usarse el área de sección transversal y/o el diámetro y/o la forma de la entrada con respecto a la salida respectiva. Puede usarse el área de sección transversal y/o el diámetro y/o la forma de un punto a lo largo de
20 la salida respectiva en el que la presión de aspiración actúa en la salida.

El procedimiento de separación de gas y partículas que usa el separador descrito anteriormente comprende las etapas de dejar que la suspensión de gas y partículas entre en la cámara (1) por medio de la entrada (11a), e impartir una componente de fuerza tangencial a la suspensión de gas y partículas. La componente de fuerza
25 tangencial de la suspensión de gas y partículas puede proporcionarse agitando con movimiento circulares, o haciendo rotar, la suspensión de gas y partículas dentro de la cámara (1) a través de medios adecuados. De esta manera, la suspensión de gas y partículas puede separarse, o separarse sustancialmente, por ejemplo en una fase o porción gaseosa (o predominantemente gaseosa) y una fase o porción de partículas (o predominantemente de partículas). Como se ha mencionado anteriormente, la fase de partículas puede ser sólida, líquida o una mezcla de
30 sólido y líquido.

En una realización de separación de gas y partículas que usa el separador ciclónico de acuerdo con la presente invención, el procedimiento (que también forma parte de la invención) puede incluir extraer (por ejemplo, aspirando) el gas separado de la suspensión de gas y partículas por medio del conducto superior (2) y el conducto inferior (3).
35 El gas puede aspirarse, o extraerse, desde la cámara (1) y desde el conducto superior (2) y el conducto inferior (3) simultáneamente. Las partículas separadas (por ejemplo, la fase o porción sólida) pueden extraerse a través de una salida de partículas (o sólidos). En la Fig. 1, tal salida de sólidos se muestra como una salida de sólidos anular (13).

Según el aparato y procedimiento de la presente invención, el conducto superior (2) puede extraer, o aspirar, una mayor porción de gas. Esto permite, por ejemplo, mantener la posición del vértice de inversión dentro del conducto inferior (3) y, por tanto, estabilizar el flujo vortical. En una realización de la invención, el conducto superior (2) puede extraer, o aspirar, más del 50% del gas. El resto puede ser aspirado por el conducto inferior (3). Preferiblemente, la proporción de gas extraído, o aspirado, por el conducto superior (2) está en un intervalo comprendido entre el 60% y el 99%, donde el resto es extraído, o aspirado, por el conducto inferior (3). Preferiblemente, la proporción de gas extraído, o aspirado, por el conducto superior (2) está en un intervalo comprendido entre el 70% y el 98%, donde el resto es extraído, o aspirado, por el conducto inferior (3). Preferiblemente, la proporción de gas extraído, o aspirado, por el conducto superior (2) está en un intervalo comprendido entre el 80% y el 97%, donde el resto es extraído, o aspirado, por el conducto inferior (3). Preferiblemente, la proporción de gas extraído, o aspirado, por el conducto superior (2) está en un intervalo comprendido entre el 90% y el 96%, donde el resto es extraído, o aspirado, por el
50 conducto inferior (3). En una realización, la proporción de gas extraído, o aspirado, por el conducto superior (2) supera el 95%, donde el resto es extraído, o aspirado, por el conducto inferior (3). Las porciones relativas extraídas desde las dos salidas de gas descritas anteriormente pueden equipararse con los caudales máxicos relativos de las dos salidas.

55 En una realización de la invención, como la mostrada en la Fig. 1, el conducto superior (2) está previsto en el mismo extremo de la cámara de separación (1) que la entrada (11a) de la mezcla de dos fases (que también puede denominarse suspensión o mezcla de gas y partículas). La cámara de separación (1) puede tener un eje longitudinal, y el conducto superior (2) puede estar previsto en, o hacia, el mismo extremo axial de la cámara de separación (1) que la entrada (11a). El conducto inferior (3) puede estar previsto en un extremo de la cámara de

separación (1) que es opuesto (por ejemplo, en el extremo opuesto en un eje longitudinal de la cámara de separación (1)) a la entrada (11a).

Según una realización de la invención, el conducto superior (2), en funcionamiento, recibe una parte del gas cuya dirección se ha invertido dentro de la cámara de separación (1). Por tanto, el conducto superior (2) puede denominarse salida de gas de flujo inverso (2), como se ha indicado anteriormente. Como otra alternativa, el conducto superior (2) puede denominarse salida superior (2) o primera salida de gas (2).

El conducto inferior (3), en funcionamiento, está configurado para recibir una parte del gas desde la cámara de separación (1) cuya dirección no se ha invertido en la cámara de separación (1). Dicho de otro modo, el conducto inferior (3) puede configurarse de modo que la suspensión de gas y partículas fluya desde la entrada (11a) hacia el conducto inferior (3) sin que su dirección (por ejemplo, dirección axial) se invierta, donde al menos parte de las partículas se separan de la suspensión de gas y partículas a medida que fluye desde la entrada (11a) hasta el conducto inferior (3). De este modo, el conducto inferior (3) puede denominarse salida de gas de flujo unidireccional (3), como se ha indicado anteriormente. Como alternativa, el conducto inferior (3) puede denominarse salida inferior (3) o segunda salida de gas (3).

De acuerdo con una disposición del separador ciclónico de la presente invención, la inversión del flujo vortical que pasa de descender hacia el conducto inferior (3) a ascender hacia el conducto superior (2) puede controlarse para que se produzca lejos de las paredes internas de la cámara de separación (1). Por ejemplo, el vértice (o posición) de la inversión del flujo vortical que pasa de descender hacia el conducto inferior (3) a ascender hacia el conducto superior (2) puede estar dentro del conducto inferior (3) o cerca de la entrada del conducto inferior (3). Esto puede conseguirse, por ejemplo, fijando los diámetros y/o áreas relativos del conducto superior (2) y del conducto inferior (3) conforme a las proporciones descritas en el presente documento. Como alternativa o adicionalmente, la posición o vértice de la inversión del flujo vortical puede controlarse en realizaciones de la presente invención controlando que la fracción relativa del gas extraído por el conducto superior (2) y el conducto inferior (3) (por ejemplo, los caudales máxicos relativos a través del conducto superior (2) y del conducto inferior (3)) se ajuste a las proporciones descritas en el presente documento.

Controlando que el vértice (o posición) de la inversión del flujo vortical, que pasa de descender a ascender, esté alejado de las paredes internas de la cámara de separación (1), la presente invención puede reducir el arrastre, debido al gas, de partículas sólidas que ya se hayan separado de la suspensión de gas y partículas. Una ventaja adicional, o alternativa, es que controlando que el vértice (o posición) de la inversión del flujo vortical esté alejado de las paredes internas de la cámara de separación (1), puede reducirse o evitarse la erosión de las paredes internas de la cámara de separación.

El aparato y el procedimiento de separación de gas y partículas de la presente invención son adecuados para separar suspensiones con una alta variedad de concentraciones de sólido. Por ejemplo, el procedimiento puede ser particularmente adecuado para separar suspensiones con concentraciones de sólido que superan 1 g/m^3 . El procedimiento y aparato de la presente invención pueden usarse individualmente o como una fase de equipamiento que tiene múltiples separadores ciclónicos conectados entre sí, por ejemplo en serie.

El separador ciclónico de la presente invención puede estar dotado de una entrada (11a) a través de la cual la suspensión de gas y partículas entra en la cámara de separación (1). Otras realizaciones pueden tener más de una entrada a través de las cuales la suspensión de gas y partículas entra en la cámara de separación (1). Por ejemplo, puede haber 2, 3, 4 o más de 4 entradas hacia la cámara de separación (1). La Fig. 1 muestra un ejemplo de la presente invención que tiene una entrada (11a) y una entrada adicional (11b). La Fig. 2 muestra también una realización de este tipo. En el ejemplo mostrado en la Fig. 2 (y también en la Fig. 1), la entrada adicional (11b) está situada con su eje diametralmente opuesto al eje de la primera entrada (11a). Dicho de otro modo, la entrada adicional (11b) está situada para ser diametralmente opuesta, o simétrica, a la primera entrada (11a).

El aparato y procedimiento de la presente invención presentan varias ventajas con respecto a la técnica anterior. Por ejemplo, el aparato y procedimiento de la presente invención tienen al menos las siguientes ventajas:

- i. Reducción sustancial de la erosión en la región inferior del separador, donde la erosión es causada por la inestabilidad del flujo vortical en la región del vértice durante la inversión del flujo cuando pasa de descender a ascender en los separadores ciclónicos convencionales,
- ii. mantenimiento de la eficacia de separación a través de la longitud de la trayectoria tomada por la suspensión de gas y partículas, y

iii. reducción del arrastre, debido al gas, de material sólido ya separado.

La descripción de este procedimiento de separación proporcionada hasta el momento solo debe considerarse como una posible realización, y debe entenderse que cualquier característica particular solo se describe para facilitar el entendimiento. Por tanto, no debe considerarse que la descripción ofrecida en el presente documento limita el alcance de la invención, la cual está definida en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un separador ciclónico para separar partículas de una mezcla de gas y partículas, comprendiendo dicho separador ciclónico:

5

- una cámara de separación (1) en la que las partículas son separadas del gas;
- una entrada configurada para proporcionar la mezcla de partículas y gas a la cámara de separación;
- una salida de gas de flujo inverso (2) posicionada para recibir una parte del gas, de la cual se han separado las partículas, desde la cámara de separación, habiendo sido la dirección de esta parte del gas invertida en la cámara de separación, y donde la salida de gas de flujo inverso se extiende hasta el interior de la cámara de separación para aspirar el gas separado desde el interior de la cámara de separación; y
- una salida de gas de flujo unidireccional (3) posicionada para recibir otra parte del gas, de la cual han sido separadas las partículas, desde la cámara de separación, donde la dirección de esta parte del gas no ha sido invertida en la cámara de separación,

10

15

caracterizado porque:

el área de flujo de la salida de gas de flujo inverso es mayor que el área de flujo de la salida de gas de flujo unidireccional, de modo que, en funcionamiento, el caudal másico de gas que sale a través de la salida de gas de flujo inverso es mayor que el caudal másico de gas que sale a través de la salida de gas de flujo unidireccional.

20

2. Un separador ciclónico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

25

en funcionamiento, el caudal másico de gas que sale a través de la salida de gas de flujo inverso supera el 70% del caudal másico total de gas que sale del separador ciclónico; o
 en funcionamiento, el caudal másico de gas que sale a través de la salida de gas de flujo inverso supera el 95% del caudal másico total de gas que sale del separador ciclónico.

30

3. Un separador ciclónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

el diámetro de la salida de gas de flujo unidireccional es inferior al 30% del diámetro de la salida de gas de flujo inverso; y/o
 el diámetro de la salida de gas de flujo unidireccional está en un intervalo comprendido entre el 1% y el 5% del diámetro de la salida de gas de flujo inverso.

35

4. Un separador ciclónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

la forma de una sección transversal de la salida de gas de flujo inverso perpendicular a la dirección de flujo de gas es circular; y/o
 la forma de una sección transversal de la salida de gas de flujo unidireccional perpendicular a la dirección de flujo de gas es circular; y/o
 la salida de gas de flujo unidireccional se extiende hasta el interior de la cámara de separación para aspirar gas separado desde el interior de la cámara de separación; y/o
 el separador ciclónico comprende además una salida de sólidos configurada para permitir que partículas, que han sido separadas del gas, salgan de la cámara de separación, donde las salidas de sólidos están alineadas opcionalmente con la salida de gas de flujo unidireccional.

40

45

5. Un separador ciclónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una parte de la cámara de separación presenta una línea central axial, y la entrada o bien:

50

es sustancialmente paralela a la línea central axial;
 es sustancialmente perpendicular a la línea central axial; o
 forma una espiral alrededor de la línea central axial.

55

6. Un separador ciclónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

al menos una parte de la cámara de separación presenta una línea central axial, y la entrada está desplazada con respecto a la línea central axial; y/o

al menos una parte de la pared interna de la cámara de separación es frustocónica.

7. Un separador ciclónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una segunda entrada configurada para permitir que la mezcla de partículas y gas entre en la cámara de separación; en el que, opcionalmente, al menos una parte de la cámara de separación presenta una línea central axial, y la segunda entrada o bien:

10 es sustancialmente paralela a la línea central axial;
es sustancialmente perpendicular a la línea central axial; o
forma una espiral alrededor de la línea central axial.

8. Un separador ciclónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

15 la cámara de separación tiene un extremo de entrada;
la entrada y la salida de gas de flujo inverso están previstas en dicho extremo de entrada; y
la salida de gas unidireccional está prevista en un extremo de la cámara de separación que es opuesto al extremo de entrada.

20 9. Un separador ciclónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

25 el gas sale de la salida de gas de flujo inverso en una primera dirección de flujo de salida; y
el gas sale de la salida de gas de flujo unidireccional en una segunda dirección de flujo de salida, donde la primera dirección de flujo de salida es diferente de la segunda dirección de flujo de salida;
en el que, opcionalmente, la primera dirección de flujo de salida es sustancialmente opuesta a la segunda dirección de flujo de salida.

30 10. Un separador ciclónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una parte de la cámara de separación es radialmente simétrica en torno a una línea central axial de la cámara de separación;
en el que, opcionalmente:

35 la salida de gas de flujo inverso comprende un conducto que tiene su línea central sustancialmente alineada con la línea central axial de la cámara de separación, y/o
la salida de gas de flujo unidireccional comprende un conducto que tiene su línea central sustancialmente alineada con la línea central axial de la cámara de separación.

40 11. Un procedimiento para separar partículas de una mezcla de gas y partículas que usa el separador ciclónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

12. Un procedimiento para separar partículas de una mezcla de gas y partículas, comprendiendo dicho procedimiento:

- 45 - proporcionar la mezcla a una cámara de separación (1);
- invertir la dirección de flujo de una parte del gas;
- permitir que otra parte del gas continúe sin invertir su dirección de flujo;
- extraer la parte de gas cuya dirección no ha sido invertida a través de una salida de gas de flujo unidireccional (3), donde la salida de gas de flujo inverso se extiende hasta el interior de la cámara de separación para aspirar gas separado desde el interior de la cámara de separación; y
50 - extraer la parte de gas cuya dirección ha sido invertida a través de una salida de gas de flujo inverso (2),

caracterizado porque:

55 el área de flujo de la salida de gas de flujo inverso es mayor que el área de flujo de la salida de gas de flujo unidireccional, y el caudal másico de gas extraído a través de la salida de gas de flujo inverso es mayor que el caudal másico de gas extraído a través de la salida de gas de flujo unidireccional.

13. Un procedimiento para separar partículas de una mezcla de gas y partículas de acuerdo con la reivindicación 12, en el que:

el caudal másico de gas extraído a través de la salida de gas de flujo inverso supera el 70% del caudal másico total de gas que sale del separador ciclónico; o
el caudal másico de gas extraído a través de la salida de gas de flujo inverso supera el 95% del caudal másico total de gas que sale del separador ciclónico.

5

14. Un procedimiento para separar partículas de una mezcla de gas y partículas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 y 13, en el que:

10

el gas que no ha sido extraído a través de la salida de gas de flujo inverso es extraído a través de la salida de gas de flujo unidireccional; y/o
la posición en la que la dirección de flujo es invertida está dentro de la salida de gas de flujo unidireccional; y/o

15

la parte de gas extraída a través de la salida de gas de flujo inverso es extraída en una dirección sustancialmente opuesta a la parte de gas extraída a través de la salida de gas de flujo unidireccional; y/o
la etapa de separar la mezcla comprende separación centrífuga; y/o
el procedimiento comprende además extraer sólidos separados de la mezcla.

15. Un procedimiento para separar partículas de una mezcla de gas y partículas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el que la concentración de partículas en la mezcla proporcionada a la cámara de separación es mayor que 1 gm^{-3} .

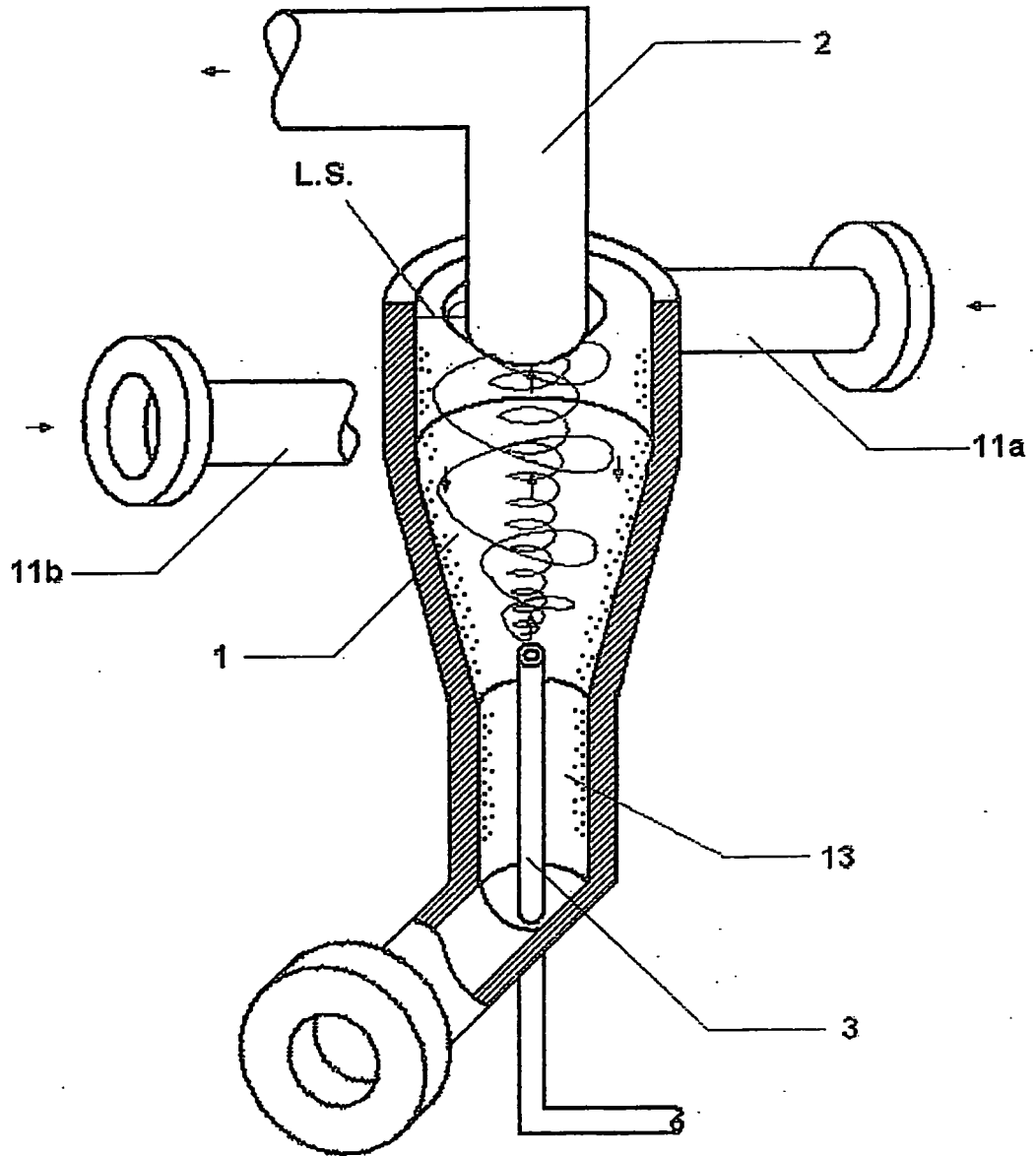


FIG. 1

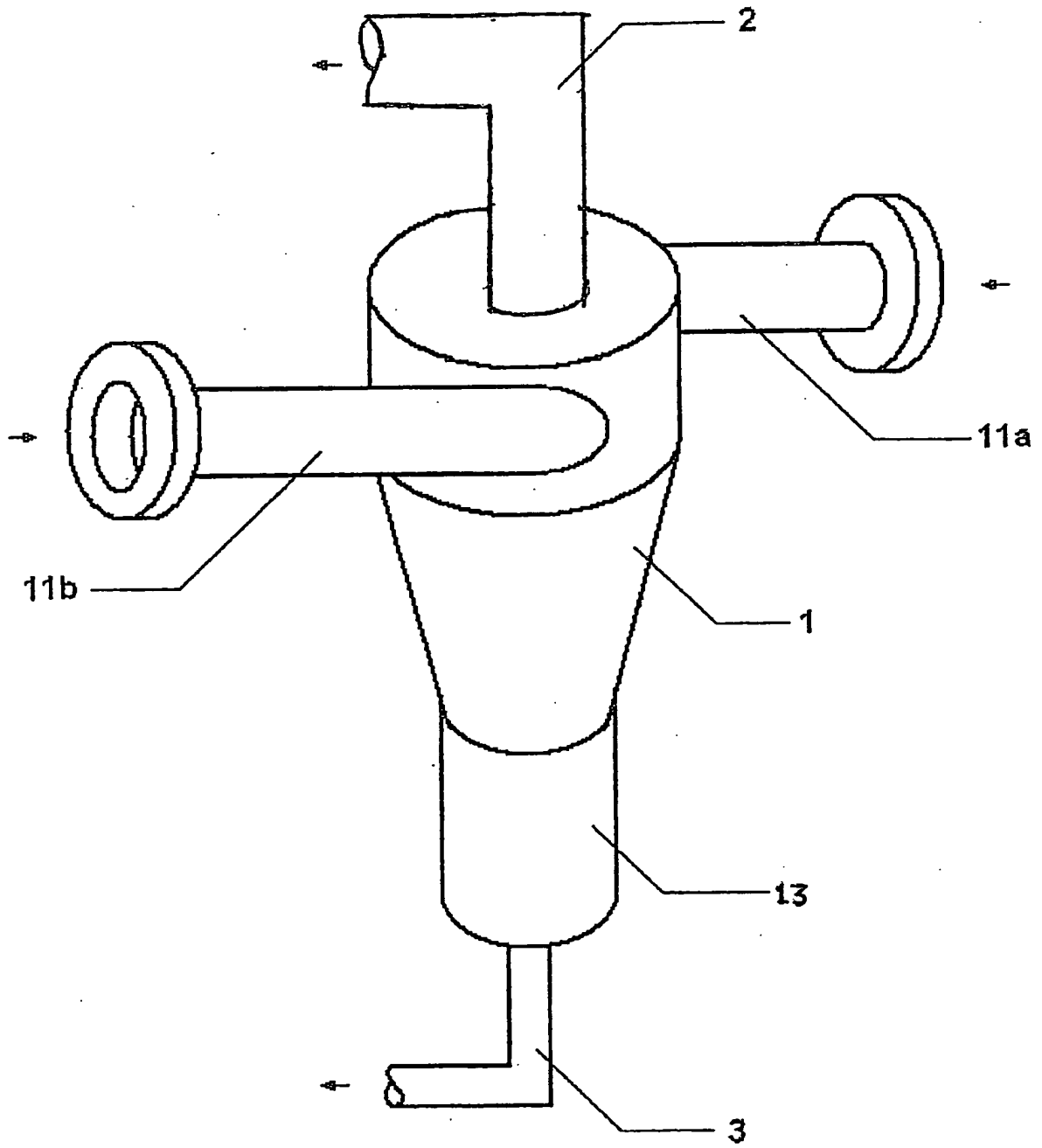


FIG. 2