

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 980 559**

(51) Int. Cl.:

**B01D 53/14** (2006.01)  
**B01D 53/18** (2006.01)  
**B01D 53/78** (2006.01)  
**B01D 47/02** (2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2015 E 20192513 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2024 EP 3834913**

---

(54) Título: **Depurador de gas de múltiples niveles con múltiples cabezales de depurador inundados**

(30) Prioridad:

**02.06.2015 US 201562169856 P**

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

**02.10.2024**

(73) Titular/es:

**PACIFIC GREEN TECHNOLOGIES INC. (100.0%)  
5205 Prospect Road, Suite 135-226  
San Jose CA 95129, US**

(72) Inventor/es:

**McCLELLAND, KENNETH JAMES**

(74) Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 980 559 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

Depurador de gas de múltiples niveles con múltiples cabezales de depurador inundados

### Campo de la invención

La invención se refiere a la eliminación de las emisiones de contaminación atmosférica y, en particular, se refiere a un aparato para depurar múltiples contaminantes de los gases.

### Antecedentes de la invención

Las emisiones de contaminación atmosférica resultantes de la combustión de carbón, residuos sólidos urbanos y biomasa, y las emisiones atmosféricas de procesos químicos e industriales cada vez están más restringidas por las agencias medioambientales gubernamentales como resultado de una mayor demanda pública de protección medioambiental junto con avances en tecnologías de reducción de la contaminación que permiten implementar estándares más restrictivos. Las restricciones varían según el país, región y proximidad de la fuente de contaminación atmosférica a los centros de población. Las normativas se dirigen a un amplio intervalo de subproductos de combustión incluyendo materia en forma de partículas; gases ácidos tales como dióxido de azufre, cloruro de hidrógeno y fluoruro de hidrógeno y metales tales como mercurio y grupos metálicos conocidos por sus efectos perjudiciales sobre la salud humana. Muchos de los sistemas de reducción de la contaminación que se usan actualmente mediante procesos de servicios públicos e industriales tienen una historia de desarrollo que data del establecimiento de las primeras normativas medioambientales. Estos dispositivos emplean procesos químicos y mecánicos conocidos para eliminar los componentes contaminantes reglamentados de las corrientes de gas. Los límites de emisión estrictos obligatorios hoy en día y aquellos límites más estrictos cuya implementación queda pendiente requieren enfoques alternativos. Estos enfoques alternativos incluyen añadir perfeccionamientos a las tecnologías existentes para potenciar su eficiencia de eliminación de contaminantes.

Las emisiones resultantes de la combustión de combustibles diésel en aplicaciones marinas y de generación de energía también son fuentes de emisiones reglamentadas. Los buques de carga general y de contenedores que transportan los bienes del comercio internacional son combustibles de calidad para combustión en motores marinos que contienen en el intervalo de 2,5% a 2,7% de azufre. Además, estos motores diésel marinos producen grandes cantidades de cenizas, hollín y combustible no quemado que se emiten a la atmósfera en los océanos del mundo. Las emisiones de azufre y partículas son mayores que las permitidas por las normativas medioambientales para operaciones basadas en tierra. Las normativas para estas emisiones en aguas territoriales así como cercanas al puerto están siendo implementadas por agencias medioambientales regionales y nacionales y, en aguas internacionales, por la Organización Marina Internacional. Las opciones disponibles para satisfacer las demandas de esta normativa incluyen añadir tecnologías de depuración o cambiar el suministro de combustible para barcos para reducir los combustibles con azufre.

Las tecnologías de emisión para los procesos de combustión indicados anteriormente de forma general pueden dividirse en dos sistemas, húmedo y seco. Los sistemas secos utilizan diferentes tecnologías para abordar la eliminación de gases ácidos y partículas. La desulfuración de un efluente gaseoso en seco se consigue comúnmente mediante dispositivos tales como una torre de secado por rociado. Son comunes entre los sistemas de partículas secos filtros de bolsa y precipitadores electrostáticos.

Los sistemas húmedos usados junto con los efluentes gaseosos de combustión comúnmente usan una suspensión de base acuosa que contiene un material alcalino tal como caliza, cal, cal hidratada o cal potenciada como agente neutralizante. Los sistemas de depuración en húmedo emplean varios métodos para crear una interacción entre la suspensión acuosa y el efluente gaseoso contaminado. Un enfoque sencillo utiliza rociadores en una torre de rociado o un dispositivo similar para distribuir la suspensión en el efluente gaseoso para eliminar dióxido de azufre, cloruro de hidrógeno y fluoruro de hidrógeno mediante reacción con la suspensión para formar compuestos basados en calcio. La interacción entre el efluente gaseoso y la suspensión rociada es de ámbito general y no es tan eficiente o efectiva como los sistemas de depuración húmedos forzados.

Los sistemas de depuración húmedos forzados emplean enfoques de diseño que fuerzan el efluente gaseoso dentro de los reactivos alcalinos contenidos en una suspensión acuosa. El diseño de estos sistemas crea una zona de reacción turbulenta que aumenta el tiempo de reacción y asegura la interacción completa entre el efluente gaseoso y la suspensión alcalina que mejora la eficiencia de eliminación de gas ácido. Además, la zona turbulenta crea un entorno para la transferencia de materia en forma de partículas desde el efluente gaseoso hasta la disolución de depuración. Estas zonas turbulentas se generan mediante cabezales de depuración que contienen puertos sumergidos en un cuerpo de fluido de depuración. El efluente gaseoso pasa a través de los puertos a alta velocidad, lo que crea una zona turbulenta en la disolución de depuración que se transfiere a las partículas y proporciona una zona de reacción para interacciones químicas.

De esta manera, esta forma de sistema húmedo tiene la capacidad de eliminar múltiples contaminantes de una sola pasada. Sin embargo, está limitado a operar con una única interacción en el depósito de fluido de depuración, típicamente localizado en la base del depurador. Su enfoque no permite el apilamiento de cabezales de depuración de modo que se obtengan múltiples zonas de depuración a medida que el gas sube a través del depurador.

Cuanto más restrictivos sean los límites de emisión impuestos a la industria para controlar los contaminantes atmosféricos procedentes de la combustión, los procesos industriales y químicos requieren enfoques potenciados para proporcionar sistemas más eficientes y rentables.

5 El documento US 2012/0097031 A1 describe un depurador para eliminar contaminantes de una corriente de gas, que incluye un tanque, un cabezal sumergido que se extiende horizontalmente, en donde el cabezal sumergido incluye una placa que tiene ranuras que se extienden a lo largo, cuatro paredes verticales unidas sólidas insertadas desde el paredes del tanque debajo de la placa para formar una caja de extremo abierto debajo de la placa, y aberturas a lo largo de cada borde de la placa entre las paredes del tanque y las paredes verticales del cabezal sumergido; un primer deflector encima del cabezal sumergido y medios para pulverizar fluido de fregado.

10 10 El documento CN 104324587 A se refiere a dispositivos de transferencia de masa gas-líquido en los campos técnicos de la ingeniería química y la protección del medio ambiente. Una columna de burbujeo del tipo placa de tamiz de orificios delgados incluye un cuerpo cilíndrico, una entrada de gas, una salida de gas, una placa de tamiz de orificios delgados con microcanales, una red respirable de absorción y un aparato de flujo descendente. Se alimenta una fase líquida a la red respirable de absorción y es transportada por un gas alimentado a la columna de burbujeo para formar 15 una mezcla de gas y líquido. La mezcla de gas y líquido pasa a través de los finos orificios de microcanales en la placa de tamiz para formar una capa burbujeante sobre una placa de columna. En la columna de burbujeo del tipo placa de tamiz de orificios delgados, se emplean la placa de tamiz de orificios delgados de microcanal y la red respirable de absorción y se emplea un método para suministrar el líquido desde debajo de la placa de modo que el flujo de gas-líquido sea 20 Se forma y pasa a través de los microcanales, aumentando así significativamente el área de contacto gas-líquido y mejorando el proceso de transferencia de masa.

25 El documento US 2010/0139488 A1 describe un aparato y proceso para la eliminación de gases ácidos de efluentes gaseosos producidos, por ejemplo, por instalaciones de servicios públicos e industriales. Los gases ácidos se eliminan a medida que el efluente gaseoso fluye hacia arriba a través de una zona de contacto dentro de un pasaje, donde el efluente gaseoso se pone en contacto con una disolución de depuración que contiene sulfato de amonio para absorber 30 los gases ácidos del efluente gaseoso. La disolución de depuración y los gases ácidos absorbidos en su interior se acumulan entonces, y el gas que contiene amoníaco y oxígeno se inyecta en la disolución de depuración acumulada para que reaccione con los gases ácidos absorbidos y produzca sulfato de amonio. Se hace fluir una disolución ácida por encima de la zona de contacto del pasaje, y el efluente gaseoso depurado se hace fluir hacia arriba a través de la disolución ácida para eliminar el amoníaco no reaccionado del efluente gaseoso depurado. La disolución ácida se elimina entonces del pasaje después de que la disolución ácida se haya puesto en contacto con el efluente gaseoso depurado.

35 El documento WO 2015/030352 A1 describe un aparato de desulfuración de gases de escape para un barco para realizar un tratamiento de desulfuración de gases de escape mediante el uso de agua de mar. El aparato comprende un cuerpo que tiene un tubo de suministro de gas para introducir el gas de escape en su interior y un tubo de descarga de gas para descargar el gas de escape; una unidad de tratamiento por remolino para hacer girar los gases de escape introducidos en la carrocería; una unidad de tratamiento de disolución para permitir que los gases de escape pasen a través del agua de mar; una unidad de tratamiento de recogida que tiene un material de relleno para recolectar contaminantes de los gases de escape; un tubo de pulverización para pulverizar y suministrar agua de mar a la unidad de tratamiento por remolino, a la unidad de tratamiento de disolución y a la unidad de tratamiento de recogida; y una tubería de descarga para descargar el agua de mar a la unidad de tratamiento giratoria, la unidad de tratamiento de disolución y la unidad de tratamiento de recogida, y el agua de mar de la tubería de aspersión se suministra directamente desde el agua de mar y el agua de mar de la tubería de descarga es no reutilizado.

45 El documento US 3,395,510 describe un depurador de gas que comprende un recipiente cerrado que tiene una abertura de entrada para admitir un gas contaminado con partículas y una abertura de salida para suministrar gas depurado; y una pluralidad de etapas de depuración dispuestas en serie, comprendiendo cada etapa medios de inyección dispuestos entre las aberturas de entrada y salida para injectar vapor en el gas, medios de enfriamiento dispuestos entre los medios de inyección y la abertura de salida para enfriar la mezcla de gas y vapor mediante lo cual el vapor se condensa en gotas de agua alrededor de las partículas que sirven como núcleos de condensación, un primer sensor de temperatura dispuesto entre la abertura de entrada y los medios de inyección, un segundo sensor de temperatura dispuesto entre los medios de inyección y los medios de enfriamiento, un controlador conectado al primer y segundo sensores de temperatura, una válvula conectada al controlador para controlar la cantidad de vapor que llega a los medios de inyección, y medios de filtro dispuestos entre los medios de enfriamiento y la abertura de salida para filtrar el gas para eliminar las gotitas y las partículas arrastradas en las gotitas.

### **Compendio de la invención**

55 Es un problema proporcionar un aparato y un método depurador altamente eficiente y rentable para eliminar una pluralidad de contaminantes distintos de una corriente de gas contaminada.

Este problema se resuelve mediante el aparato depurador orientado verticalmente que tiene las características descritas en la reivindicación 1, y mediante el método que tiene las características descritas en la reivindicación 6. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

El aparato depurador puede tener uno o más cabezales inundados adicionales que se extienden horizontalmente a través de toda la sección transversal de la vasija de depuración y están apilados verticalmente sobre los otros cabezales, definiendo cada uno un velo adicional con respecto al cabezal que está debajo; uno o más volúmenes de la zona de reacción del fluido depurador adicionales, cada uno dispuesto por encima de un cabezal inundado correspondiente a un nivel deseado; estando seleccionado cada fluido de depuración adicional para eliminar un grupo adicional deseado de contaminantes de la corriente de gas contaminado; y una o más entradas de fluido de depuración adicional que se extienden a través de la pared dentro del velo adicional correspondiente por encima del cabezal inundado adicional correspondiente, medios de rociado correspondientes adicionales en conexión fluida con la entrada de fluido de depuración adicional para rociar el fluido de depuración adicional en el volumen de la zona de reacción de fluido de depuración adicional correspondiente, y una o más salidas de fluido de depuración adicional correspondientes por encima del cabezal inundado correspondiente que pasa a través de la pared de la vasija de depuración.

La entrada de gas puede estar situada en el extremo superior del recipiente y un conducto de entrada de gas conduce el gas a una posición por debajo del cabezal más bajo; o en el lado del recipiente y un conducto de entrada de gas conduce el gas a una posición debajo del cabezal más bajo; o por debajo del cabezal más bajo del depurador.

15 El aparato puede comprender además un eliminador de nebulización que consiste en una malla absorbente que se extiende a través de la vasija de depuración. Cada uno de los medios de rociado puede ser una o más boquillas de rociado. El tamaño de las rendijas en los cabezales inundados puede seleccionarse para evitar el paso a través de las mismas del fluido de depuración en presencia de gas presurizado por debajo del cabezal.

20 Se proporciona además el uso de tal aparato depurador para eliminar múltiples contaminantes de una corriente de gas contaminado según un método que comprende las etapas de introducir un primer fluido de depuración en un aparato a un nivel de fluido deseado por encima del cabezal de depurador más inferior; introducir un segundo fluido de depuración en el aparato a un nivel deseado por encima del siguiente cabezal de depurador más alto; enfriar un gas de proceso contaminado usando un acondicionador de gas de la técnica anterior; introducir el gas contaminado enfriado a presión desde un ventilador de tiro inducido en el aparato en una posición por debajo del cabezal de depurador más inferior; permitir que el gas pase hacia arriba a través del cabezal de depurador más inferior para transferir un primer grupo de contaminantes desde el gas contaminado al primer fluido de depuración en un volumen de la zona de reacción de un primer fluido de depuración por encima del cabezal de depurador más inferior; permitir que el gas continúe pasando hacia arriba a través del siguiente cabezal de depurador más alto para transferir un segundo grupo de contaminantes desde el gas contaminado al segundo fluido de depuración en un volumen de la zona de reacción del segundo fluido de depuración por encima del siguiente cabezal de depurador más alto; rociar el gas que sale para eliminar contaminantes adicionales y ralentizar la velocidad de flujo del gas; permitir que el gas que sale salga del aparato depurador; eliminar por separado el primer y segundo fluidos de depuración de la vasija de depuración para mantener un nivel deseado de cada fluido de depuración; y limpiar los fluidos de depuración drenados para reutilizar en el aparato de depuración.

25 30 35 40 Otra realización proporciona un aparato depurador para eliminar múltiples contaminantes de una corriente de gas contaminado, que comprende una vasija de depurador que tiene una serie de cabezales del depurador apilados verticalmente, estando cada cabezal de depurador inundado con un fluido de depuración diferente, estando seleccionado cada fluido de depuración para eliminar un grupo deseado de contaminantes de la corriente de gas contaminado, en donde el gas contaminado fluye por presión desde debajo del cabezal de depurador más inferior hacia arriba a través de la serie de cabezales de depurador inundados.

45 El aparato puede usarse para eliminar de una corriente de gas contaminado múltiples contaminantes seleccionados del grupo de contaminantes que comprenden materia en forma de partículas, metales, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, óxido nitroso, óxido nítrico, dióxido de carbono y dióxido de azufre.

50 55 La presente invención emplea un cabezal de depuración horizontal inundado patentado que ocupa toda la sección transversal del depurador. El gas contaminado pasa desde debajo hacia arriba del cabezal a través de una serie de puertos cortados en el cabezal. El fluido de depuración es soportado por encima del cabezal por el gas a medida que el gas pasa a través de los puertos a alta velocidad para crear una zona de reacción turbulenta dentro del fluido de depuración soportado. El nivel de fluido de depuración está controlado por tuberías de desbordamiento o rebosaderos, y el fluido se añade constantemente mediante boquillas de distribución localizadas por encima de la zona turbulenta. Pueden añadirse cabezales horizontales inundados adicionales por encima del cabezal inicial a intervalos verticales en la sección transversal del depurador. Usando el enfoque de cabezal inundado, la presente invención permite completar la depuración en húmedo a múltiples niveles, pudiendo operar cada nivel con diferentes reactivos neutralizantes. La capacidad para múltiples zonas de depuración proporciona la oportunidad de mejorar las eficiencias de eliminación global añadiendo zonas de reacción de pulido para eliminación de material en forma de partículas y gas ácido o ampliar el intervalo de contaminantes que puede eliminarse por operación con una disolución neutralizante diferente o una combinación de estas condiciones de operación.

60 La presente invención toma un nuevo enfoque para la creación de una zona de reacción de depuración turbulenta en cada uno de los múltiples niveles con la capacidad de usar diferentes reactivos neutralizantes en cada nivel. Mientras que los enfoques tradicionales usan un diferencial de presión a través de un cabezal de depuración para forzar el gas a través de una serie de puertos sumergidos en un cuerpo de fluido, la presente invención usa un diferencial de presión

para soportar el fluido de depuración encima de un cabezal de depuración horizontal. El cabezal de depuración horizontal contiene cualquier serie de puertos a través de los cuales el gas pasa verticalmente hacia arriba dentro de la zona inundada. El diferencial de presión y el diseño de puertos aceleran el gas suficientemente para crear la reacción altamente turbulenta deseada en la zona inundada por encima del cabezal. La orientación horizontal del cabezal de depuración permite que múltiples cabezales se apilen dentro del mismo cuerpo de depurador. Los cabezales de depurador inundado ocupan toda la sección transversal del cuerpo de depurador, lo que supone el 100% del área de la sección transversal del depurador para depuración y tránsito de gas. La orientación horizontal permite que el cabezal de depuración tenga cualquier forma requerida por el espacio disponible para el equipo de depuración. Debido a que tiene capacidad de eliminar múltiples contaminantes en una sola pasada, el sistema tiene una huella ecológica más pequeña que la acumulación de equipos a los que sustituye, y como una sola unidad es más rentable que múltiples unidades de un solo propósito. El cabezal inundado puede incorporarse en nuevos diseños de depurador o actualizar depuradores húmedos existentes usando un enfoque de diseño de cabezal sumergido en su nivel más inferior.

El sistema de cabezal de depuración inundado está basado en una orientación vertical del cuerpo del depurador y la orientación horizontal de los cabezales de depuración inundados. El gas entra en un área impelente por encima del depósito de fluido de depuración en la base del cuerpo del depurador y por debajo del primer cabezal inundado. El gas se mueve hacia la cámara impelente mediante un ventilador de tiro inducido capaz de proporcionar el volumen requerido para la emisión del efluente gaseoso y un diferencial de presión requerido para soportar las múltiples zonas de reacción por encima de los niveles del cabezal de depuración en el diseño. La presión en la cámara impelente es suficiente para forzar el gas a través de los puertos en el cabezal y dentro de la zona de reacción turbulenta por encima del cabezal. El tamaño, forma y pluralidad de los puertos en el cabezal son tales que el gas se acelera suficientemente para crear la profundidad y fuerza de turbulencia deseados por encima del cabezal.

El fluido en cada cabezal se hace circular continuamente. El fluido de depuración se bombea desde un depósito de fluido hasta una red de boquillas de distribución de fluido que suministran fluido de depuración al área por encima de cada cabezal. El retorno al depósito se proporciona mediante controles de nivel de fluido tales como en rebosaderos de desbordamiento o depósitos reguladores, que dirigen el fluido de vuelta al depósito. La condición del fluido de retorno se supervisa para factores de control tales como pH y el depósito está acondicionado con reactivos de neutralización adicionales para devolver el fluido a su condición de reacción óptima antes de la redistribución por encima del cabezal. Además, el fluido puede procesarse mediante dispositivos de eliminación de sólidos tales como hidrociclos para eliminar la materia en forma de partículas recogida por el fluido de depuración.

A medida que el gas continúa subiendo en el depurador de cabezal inundado se encuentra con cabezales de depuración inundados adicionales con la misma configuración de puertos, distribución de fluido y desbordamientos hacia depósitos de fluido. En los casos en que se emplean diferentes fluidos de lavado, los desbordamientos dirigen el lavado alternativo. Despues de salir de la zona turbulenta del cabezal final el gas sube a través de desnebulizadores o dispositivos similares para eliminar el agua libre del gas. El gas está disponible para conducirlo al apilamiento o a procesos adicionales, si así se requiere.

El sistema de cabezal inundado puede usarse también junto con cabezales de depuración sumergidos al nivel base del depurador. Despues de salir de la zona turbulenta por encima del cabezal de depuración sumergido, el gas sube a presión a un cabezal o cabezales inundados que funcionan en la sección transversal completa del depurador de la misma manera que se ha descrito anteriormente.

#### 40 Breve descripción de los dibujos

Se proporciona a continuación una descripción detallada de la realización preferida, únicamente a modo de ejemplo, y con referencia a los siguientes dibujos, en los que:

- la Figura 1A es una vista superior de un dibujo esquemático de una realización del cabezal de depurador inundado de la presente invención;
- 45 la Figura 1B es una vista en sección transversal lateral a través de 1B-1B del cabezal de depurador inundado representado en la Fig. 1A;
- la Figura 1C es una vista esquemática ampliada de una esquina de la realización de un cabezal de depurador inundado mostrado en la Fig. 1A;
- 50 la Figura 2 es una vista en sección transversal de un depurador de múltiples niveles que tiene el cabezal de depurador inundado de la presente invención en cada nivel de depuración; y
- la Figura 3 es un esquema de una realización de un sistema (no de acuerdo con la invención donde la depuración inicial se realiza mediante un cabezal de depuración sumergido y el cabezal de depurador inundado se usa para depurar los niveles posteriores por encima del cabezal inicial).

#### Descripción detallada de la invención

55 La presente invención proporciona un medio de creación de múltiples niveles 2, 4 de interacción de depuración en

- húmedo con una única vasija 11 depuración, cada nivel de la cual es capaz de depurar el 100% del flujo de gas con un fluido de depuración diferente. La presente invención usa un diseño de cabezal de depurador cuya orientación horizontal y características de operación inundadas permiten el apilamiento de múltiples cabezales dentro de un único cuerpo de depurador húmedo. La capacidad de incorporar zonas de interacción de depuración adicionales en un único sistema proporciona la oportunidad de aumentar la eficiencia de eliminación global para contaminantes tales como materia en forma de partículas, gases ácidos o metales mediante la adición de etapas de pulido o eliminar contaminantes reglados adicionales utilizando otros reactivos neutralizantes. Incorporando los cabezales de depurador inundados de la presente invención en diseños de depurador húmedo, el sistema resultante tendrá menores costes de capital, una huella ecológica más pequeña y una mayor eficiencia de eliminación de múltiples contaminantes.
- Haciendo referencia a las Figuras 1A a 1C, el cabezal 50 de depuración se muestra como una forma genérica para dar a conocer los elementos del cabezal. El cabezal 50 funciona en una orientación horizontal. El cabezal puede fabricarse a partir de cualquier material de chapa o placa con suficiente resistencia, tenacidad y propiedades de resistencia térmica y química. Los materiales típicos son placas metálicas, siendo el acero inoxidable el material preferido. La forma de la sección transversal horizontal del cabezal se adapta a la forma del cuerpo de depurador de modo que permite un ajuste sellado entre la periferia del cabezal de depurador y la circunferencia interna de la vasija de depuración. El cabezal contiene una pluralidad de puertos 61 que pueden tener cualquier forma, número y orientación con respecto al cabezal. La forma de puerto preferida es una rendija con una longitud en el intervalo de 125 a 200 mm con una anchura preferida de 2 mm. El espacio 63 de los puertos típicamente está en el intervalo de 20 a 25 mm. Los márgenes 65 entre los puertos y el borde del cabezal son uniformes, con una distancia preferida de 40 mm. El cabezal puede contener placas aceleradoras 71 orientadas a ángulos rectos respecto al cabezal. Las placas aceleradoras dividen equitativamente el espacio entre las filas de puertos 61. El margen 65 entre las placas aceleradoras y los puertos 61 se mantiene a una distancia preferida de 40 mm. Las placas aceleradoras típicamente son de 150 mm de altura y contienen imbornales al nivel del soporte del cabezal para permitir la transferencia lateral de fluido de depuración. La placa aceleradora es del mismo material que el cabezal depurador. Otros parámetros para los puertos, márgenes y placas aceleradoras están permitidos dentro del alcance de la invención.
- Haciendo referencia a la Figura 2, se representa un ejemplo de un sistema de depurador que incorpora los cabezales de depurador inundados de la presente invención que está comprendido por una vasija (11) de depuración que contiene dos cabezales 12, 14 inundados.
- El proceso de eliminación de contaminación del gas usando el sistema de la Figura 2 comienza con la introducción del gas 1 contaminado desde un proceso de combustión o industrial que genera materia en forma de partículas, gases ácidos y metales que requieren eliminación. El gas entra en la cámara impelente 3 más inferior rodeada por un depósito de un primer fluido 31 de depuración (o membrana sólida) por debajo y un cabezal 12 inundado por encima. El gas entra por la presión positiva creada mediante un ventilador de tiro inducido (no mostrado). La presión de gas es suficiente para soportar una profundidad deseada de un primer fluido de depuración sobre los cabezales 12, 14 y superar la caída de presión en la que incurre el gas a medida que este pasa a través de los puertos en los cabezales. La presión preferida en la cámara impelente 3 más inferior es 450 mm de agua. El gas sube a través de los puertos en el cabezal 12 más inferior a una velocidad en el intervalo de 20 a 25 metros por segundo. El gas entra en un volumen 33 turbulento de la zona de reacción del primer fluido de depuración donde el gas y el primer fluido de depuración se mezclan agresivamente. El primer fluido de depuración se selecciona por su reactividad con un primer grupo de contaminantes dirigidos a su eliminación. El primer nivel de fluido de depuración sobre el cabezal 12 más inferior está controlado por tubos de desbordamiento que pasan a través del cabezal al depósito 31 del primer fluido de depuración que típicamente está localizado en la base de la vasija 11 de depuración. El primer fluido 37 de depuración que se ha desbordado se sustituye por un primer fluido 34 de depuración acondicionado desde un cabezal 13 de distribución de entrada del primer fluido de depuración para mantener el nivel de fluido y la reactividad con los contaminantes que se están eliminando. Además de la reactividad química, la turbulencia agresiva creada en el depurador húmedo eliminará eficientemente la materia en forma de partículas del gas y las transferirá al fluido de depuración. Después de salir del volumen turbulento de la zona de reacción del primer fluido de depuración el gas sube por la presión restante para repetir el proceso, pasando a través de un segundo cabezal 14 inundado a un volumen 35 turbulento de la zona de reacción del segundo fluido de depuración. Para fines ilustrativos, la profundidad del volumen 35 de la zona de reacción del segundo fluido de depuración está controlada por una segunda salida de fluido de depuración, que puede ser una pluralidad de rebosaderos 23 de desbordamiento que transfieren el segundo fluido de depuración de la vasija de depuración y lo dirigen a un depósito del segundo fluido de depuración, no mostrado. Usando este enfoque, el segundo fluido de depuración en el cabezal 14 puede ser un fluido de depuración diferente que en el cabezal 12, permitiendo así el pulido o que los contaminantes alternativos se eliminen. El segundo fluido de depuración en el cabezal 14 se reemplaza constantemente con fluido 36 de depuración acondicionado. El gas 7 descontaminado que sale del volumen 35 de la zona de reacción del segundo fluido de depuración puede conducirse al apilamiento o a procesos adicionales. Usando este mismo enfoque, pueden añadirse cabezales de depuración inundados adicionales en serie verticalmente dentro del cuerpo del depurador para pulido adicional o eliminación de otros contaminantes del aire, según lo requiera el proceso.
- Haciendo referencia a la Figura 3, se muestra un ejemplo de un sistema que comprende una vasija 11 de depuración que contiene un cabezal 22 más inferior sumergido por debajo de un cabezal 14 inundado que funciona como un segundo cabezal de depuración.

El proceso en la Figura 3 comienza con el gas 1 contaminado procedente de un proceso de combustión o industrial que genera materia en forma de partículas, gases ácidos y metales que requieren eliminación. El gas se conduce al cabezal 22 de depurador sumergido. El gas entra por la presión positiva creada por un ventilador de tiro inducido (no mostrado). La presión de gas es suficiente para superar la presión creada por la profundidad de un primer fluido de depuración sobre el cabezal 22 más inferior y soporta la profundidad de un segundo fluido de depuración que va a ser soportado sobre el segundo cabezal 14 inundado. Se incorpora presión de gas adicional en el diseño para superar la caída de presión en la que incurre el gas según este pasa a través de los puertos en los cabezales y las pérdidas en las que se incurren en la conducción del gas. La presión preferida en la cámara impelente 3 más inferior es de 450 mm de agua. El gas sube a través de los puertos en el cabezal 22 sumergido a una velocidad determinada por el diseño del cabezal. El gas entra en un volumen 33 turbulento de la zona de reacción del primer fluido de depuración, donde el gas y el primer fluido de depuración se mezclan agresivamente en un volumen turbulento de la zona de reacción del primer fluido de depuración. El primer fluido de depuración se selecciona por su reactividad con un primer grupo de contaminantes que se pretende eliminar. El nivel de primer fluido de depuración en el cabezal 22 sumergido está controlado mediante sensores tales como sensores de presión diferencial que activan válvulas de control para regular el flujo de fluido que sale para recirculación a través de una salida 32 del primer fluido de depuración en el suelo de la vasija. Se añade un primer fluido 34 de depuración acondicionado a través de un cabezal 13 de distribución de entrada del primer fluido de depuración para mantener la reactividad con los contaminantes que se están eliminando. Además de la reactividad química, la turbulencia agresiva creada en el depurador húmedo eliminará eficientemente la materia en forma de partículas del gas y las transferirá al fluido de depuración. Después de salir del volumen 33 turbulento de la zona de reacción del primer fluido de depuración el gas sube por la presión restante para repetir el proceso, pasando a través del cabezal 14 inundado a un volumen 35 turbulento de la zona de reacción del segundo fluido de depuración. Para fines ilustrativos la profundidad del volumen 35 de la zona de reacción del segundo fluido de depuración está controlada por una segunda salida de fluido de depuración, que puede ser una pluralidad de rebosaderos 23 de desbordamiento que transfieren el segundo fluido de depuración de la vasija de depuración y lo dirigen a un depósito del segundo fluido de depuración (no mostrado). Usando este enfoque, el cabezal 14 inundado superior puede funcionar con un fluido de depuración diferente que el que se usa en el cabezal 22 sumergido, permitiendo así el pulido o la adición de reactivos alternativos para eliminar otros contaminantes reglados. El segundo fluido de depuración en el cabezal 14 inundado se reemplaza constantemente con el segundo fluido 36 de depuración acondicionado transportado por el cabezal 15 de distribución de entrada del segundo fluido de depuración. El gas 7 descontaminado que sale del volumen de la zona de reacción del segundo fluido de depuración puede conducirse al apilamiento o a procesos adicionales. Usando este mismo enfoque, pueden añadirse cabezales de depuración inundados adicionales en serie, verticalmente, dentro de la vasija de depuración para pulido adicional o eliminación de otros contaminantes del aire, según lo requiera el proceso.

Uno o más cabezales de depuración inundados como los implementados en la presente invención ofrecen ventajas sobre la técnica actual representada por cabezales de depuración sumergidos. Entre las ventajas está la capacidad de suministrar una depuración en húmedo del 100% del gas a múltiples niveles de zonas de interacción con diferentes reactivos de neutralización dentro de un único cuerpo de depuración. Este atributo permite que un único dispositivo de depuración elimine un intervalo más amplio de contaminantes a eficiencias de eliminación más altas. Los depuradores que utilizan el diseño de cabezal inundado tendrán una huella ecológica más pequeña y altamente flexible, menores costes de capital, capacidad de cambio de escala y capacidad de eliminar múltiples contaminantes en un solo dispositivo. El cabezal inundado tiene aplicación en procesos de combustión que incluyen carbón, biomasa y residuos sólidos urbanos, donde los contaminantes principales que se pretende eliminar son materia en forma de partículas, gases ácidos incluyendo dióxido de azufre, cloruro de hidrógeno y fluoruro de hidrógeno, metales incluyendo mercurio. Además, los depuradores usados en procesos químicos e industriales que requieren la eliminación de polvo, olores y gases ácidos son candidatos para diseños de cabezal inundado en instalaciones tanto nuevas como actualizadas.

A partir de lo anterior, se observará que esta invención está bien adaptada para alcanzar todos los fines y objetivos de la presente memoria, expuestos junto con otras ventajas que son obvias y que son inherentes al sistema. Se entenderá que ciertas características y subcombinaciones son de utilidad y pueden emplearse con referencia a otros elementos y subcombinaciones. Esto está contemplado por y está dentro del alcance de las reivindicaciones. Pueden realizarse muchas posibles realizaciones de la invención sin alejarse del alcance de las reivindicaciones. Debe entenderse que toda la materia de la presente memoria expuesta y mostrada en los dibujos adjuntos debe interpretarse como ilustrativa y no en un sentido limitante. Los expertos en la materia apreciarán que pueden llevarse a la práctica otras variaciones de la realización preferida sin alejarse del alcance de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato depurador orientado verticalmente para eliminar una pluralidad de contaminantes distintos de una corriente de gas contaminado, que comprende:
- 5      a) una vasija (11) de depuración que tiene un techo, un suelo, una pared cilíndrica que conecta el techo con el suelo, una pluralidad de cabezales (12, 14) separados verticalmente, un volumen por encima de cada cabezal (2, 4), una entrada de gas (22), un ventilador de tiro inducido y una salida de gas;
  - 10     b) un primer depósito (31) de fluido de depuración dispuesto dentro del extremo inferior de la vasija (11) de depuración hasta un nivel deseado, seleccionándose el primer fluido (34) de depuración para eliminar un primer grupo de contaminantes de la corriente de gas contaminado;
  - 15     c) un primer cabezal (12) inundado que se extiende horizontalmente a través de la vasija (11) de depuración en una posición por encima de la entrada de gas, que define un primer volumen (3) entre el primer depósito (31) de fluido de depuración y el primer cabezal (12) inundado, en donde el primer (12) cabezal inundado comprende una placa (50) que tiene una pluralidad de filas de puertos (61) que se extienden a través de la misma;
  - 20     d) un primer volumen de zona de reacción de fluido (33) de lavado dispuesto a un nivel deseado por encima del primer cabezal (12) inundado, el volumen (33) de la zona de reacción en conexión fluida con el depósito (31) a través de uno o más tubos de rebose (21), extendiéndose cada uno desde el primer depósito (31) de fluido de lavado a través del primer cabezal (12) inundado a un nivel deseado por encima del primer cabezal (12) inundado;
  - 25     f) una primera entrada de fluido de lavado que se extiende a través de la pared en un segundo volumen (5) por encima del primer cabezal (13) inundado, primeros medios (13) de rociado en conexión fluida con la entrada del primer fluido de depuración para rociar el primer fluido (34) de depuración en el volumen (33) de la zona de reacción del primer fluido de depuración, y una salida (32) del primer fluido de depuración en el suelo;
  - 30     g) un segundo cabezal (14) inundado que se extiende horizontalmente a través de toda la sección transversal de la vasija (11) de depuración en una posición por encima del primer cabezal (12) inundado, definiendo un segundo volumen (5) entre la primera entrada del fluido de depuración, volumen (33) de la zona de reacción y el segundo cabezal (14) inundado, en donde el segundo cabezal (14) inundado comprende una placa (50) que tiene una pluralidad de filas de puertos (61) que se extienden a través de la misma;
  - 35     h) un volumen (35) de la zona de reacción del segundo fluido de depuración dispuesto por encima del segundo cabezal (14) inundado a un nivel deseado, seleccionándose el segundo fluido (36) de depuración para eliminar un segundo grupo de contaminantes de la corriente de gas contaminado; y
  - 40     i) una entrada del segundo fluido de depuración que se extiende en un tercer volumen por encima del segundo cabezal (14) inundado, segundos medios (15) de rociado en conexión fluida con la entrada del segundo fluido de depuración para rociar el segundo fluido (36) de depuración en el volumen de la zona de reacción del segundo fluido de depuración y una salida (35) del segundo fluido de depuración por encima del segundo cabezal (14) inundado que pasa a través de la pared de la vasija de depuración.
- 35    2. El aparato depurador de la reivindicación 1, que comprende además:
- 40     a) uno o más cabezales inundados adicionales que se extienden horizontalmente a través de toda la sección transversal de la vasija (11) de depuración y están apilados en serie verticalmente por encima de los otros cabezales, definiendo cada uno un volumen adicional con respecto al cabezal que hay debajo;
  - 45     b) uno o más volúmenes de zona de reacción de fluidos de depuración adicionales, cada uno dispuesto por encima de un cabezal inundado correspondiente a un nivel deseado, seleccionándose cada fluido de depuración adicional para eliminar un grupo adicional deseado de contaminantes de la corriente de gas contaminado; y
  - 50     c) una o más entradas de fluido de depuración adicional que se extienden a través de la pared dentro del volumen adicional correspondiente por encima del cabezal inundado adicional correspondiente, medios de rociado correspondientes adicionales en conexión fluida con la entrada de fluido de depuración adicional para rociar el fluido de depuración adicional en el volumen de la zona de reacción de fluido de depuración adicional correspondiente, y una o más salidas de fluido de depuración adicional correspondiente por encima del cabezal inundado correspondiente que pasa a través de la pared de la vasija (11) de depuración.
3. El aparato depurador de la reivindicación 1, en donde la entrada de gas se alimenta por un conducto de entrada de gas que conduce el gas desde una entrada en el extremo superior de la vasija (11) hasta la entrada de gas.
- 50    4. El aparato depurador de la reivindicación 1, en donde un conducto de entrada de gas está situado en el lado de la vasija y conduce el gas a la entrada de gas en una posición por debajo del cabezal que hay debajo.
5. El aparato depurador de la reivindicación 1, en donde el tamaño de los puertos (61) en los cabezales (12, 14) inundados se selecciona para evitar el paso a través de las mismas de fluido depurador en presencia de gas

presurizado debajo de los cabezales (12, 14) inundados.

6. Un método de eliminación de múltiples contaminantes de una corriente de gas contaminado, comprendiendo el método las etapas de:

- 5      a) introducir un primer fluido (34) de depuración en el aparato de la reivindicación 1 a un nivel de fluido deseado por encima del primer cabezal (12) de depurador inundado;
- 10     b) introducir un segundo fluido (36) de depuración en el aparato de la reivindicación 1 a un nivel de fluido deseado por encima del segundo cabezal (14) de depurador inundado;
- 15     c) enfriar un gas (1) de proceso contaminado usando un acondicionador de gas de la técnica anterior;
- 20     d) introducir el gas (1) contaminado enfriado a presión desde un ventilador de tiro inducido en el aparato de la reivindicación 1 en una posición por debajo del primer cabezal (12) de depurador inundado;
- 25     e) permitir que el gas (1) pase hacia arriba a través del primer cabezal (12) inundado para transferir un primer grupo de contaminantes desde el gas (1) contaminado al primer fluido (34) de depuración en un volumen (33) de la zona de reacción del primer fluido de depuración por encima del cabezal (12) inundado;
- 15     f) permitir que el gas (1) continúe pasando hacia arriba a través del segundo cabezal (14) inundado para transferir un segundo grupo de contaminantes desde el gas (1) contaminado al segundo fluido (36) de depuración en un volumen (35) de la zona de reacción del segundo fluido de depuración por encima del segundo cabezal (14) inundado;
- 20     g) rociar el gas (7) existente para eliminar los contaminantes adicionales y ralentizar la velocidad de flujo del gas;
- 25     h) permitir que el gas (7) existente salga del aparato de depuración;
- 30     i) eliminar por separado el primer y segundo fluidos (34, 36) de depuración de la vasija (11) de depuración para mantener un nivel deseado de cada fluido de depuración (34, 36); y
- 35     j) limpiar los fluidos (34, 36) de depuración drenados para reutilizar en el aparato de depuración.

7. El método de la reivindicación 6, que comprende además la etapa (ff) adicional después de la etapa (f) de:

- 25     ff) permitir que el gas (1) continúe pasando hacia arriba a través de uno o más cabezales inundados adicionales apilados verticalmente en serie para transferir uno o más grupos adicionales de contaminantes del gas (1) contaminado a uno o más fluidos de depuración adicionales en cada uno del uno o más volúmenes de la zona de reacción de fluidos de depuración adicionales por encima de cada uno de los cabezales inundados correspondientes.

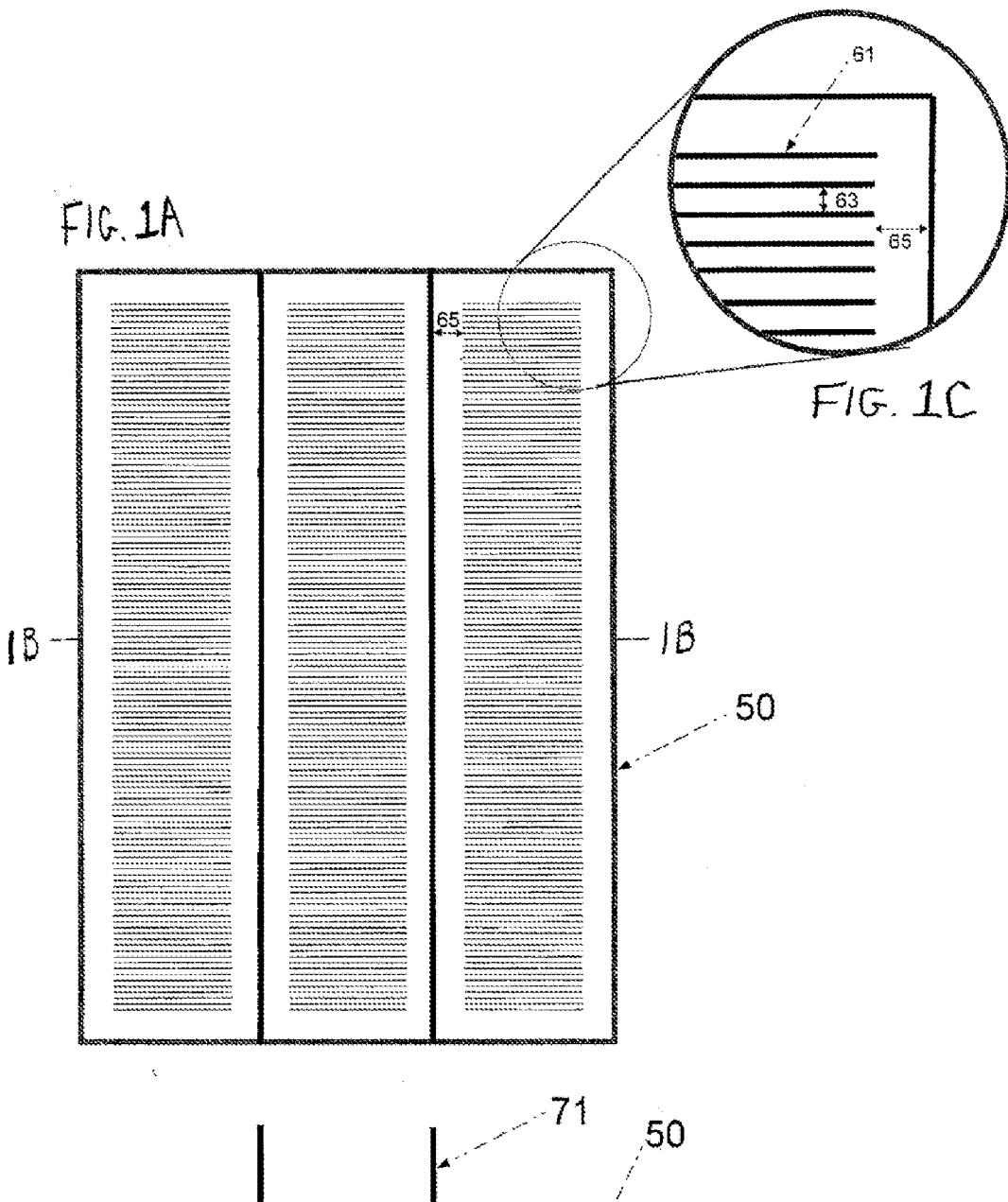


FIGURA 1B

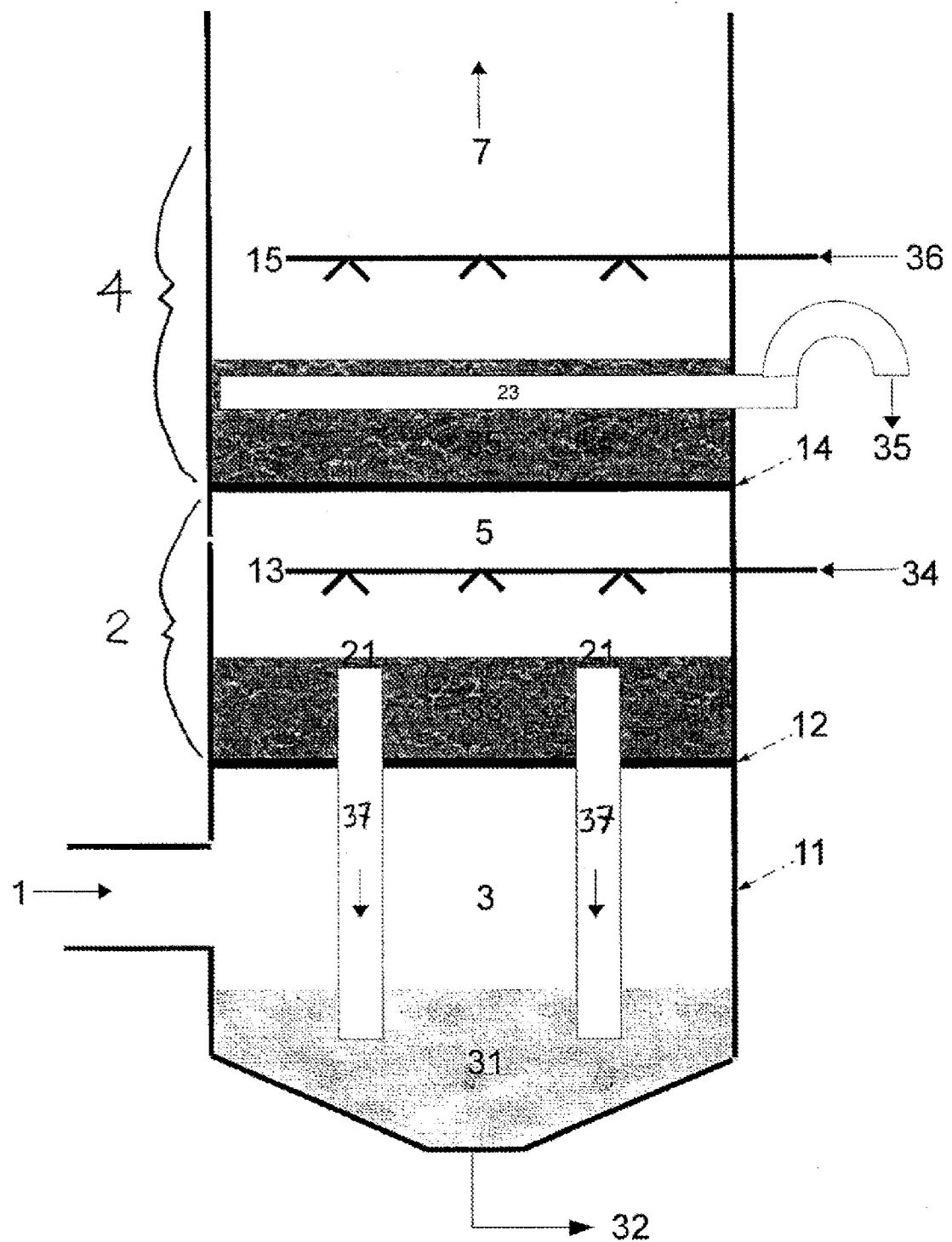


FIG 2

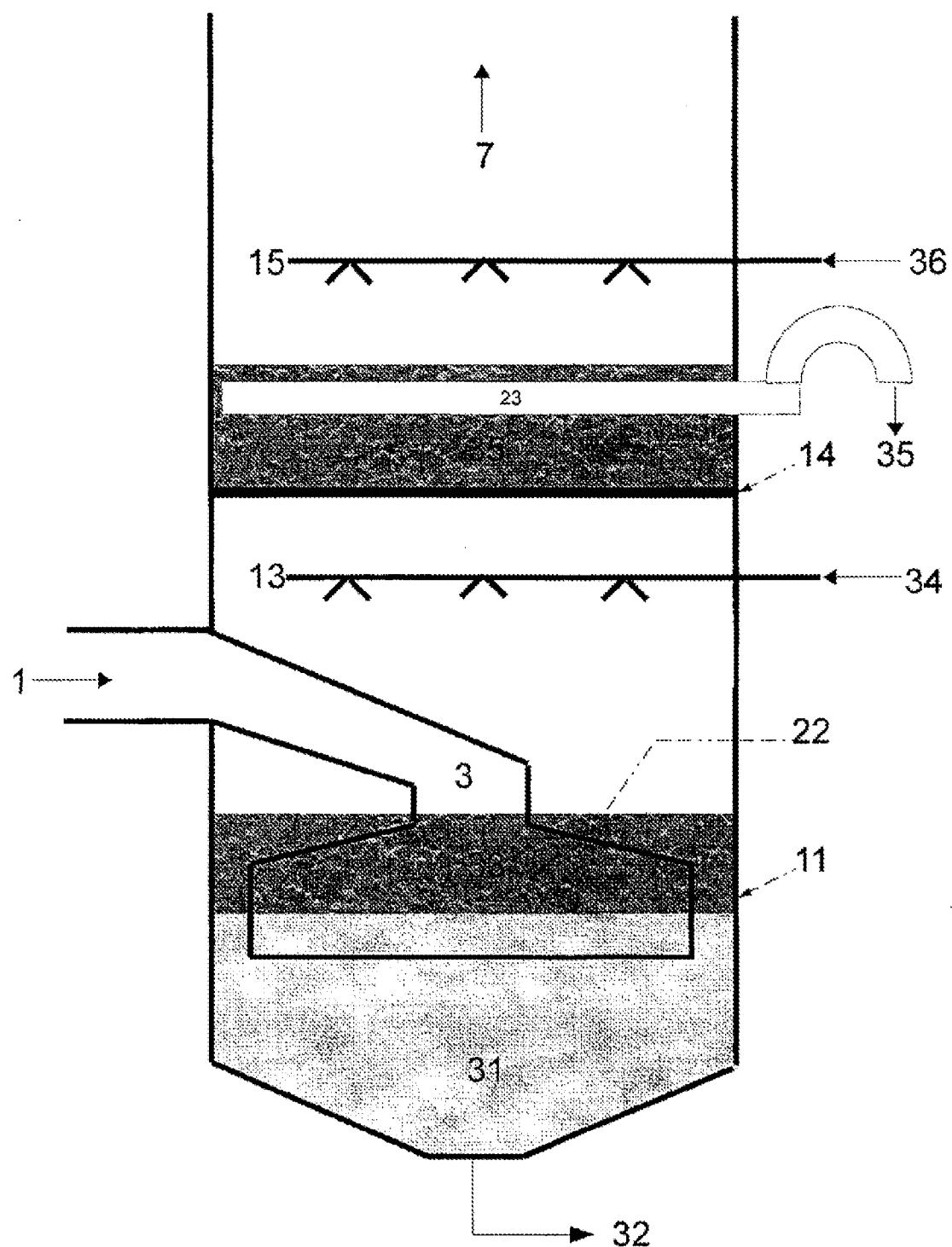


FIG 3