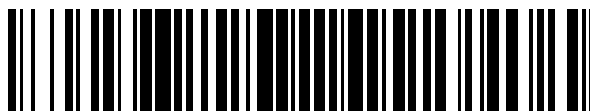


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 777 480**

51 Int. Cl.:

B01D 53/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2015** **E 15171063 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019** **EP 2954941**

54 Título: **Configuración en "U" de adsorbedor de flujo radial**

30 Prioridad:

12.06.2014 US 201414302581

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

05.08.2020

73 Titular/es:

AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 Hamilton Boulevard
Allentown, PA 18195-1501, US

72 Inventor/es:

KALBASSI, MOHAMMAD ALI;
GIBBON, STEPHEN JOHN;
MALIK, NASIM UL HASSAN y
TENTARELLI, STEPHEN CLYDE

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 777 480 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

Configuración en "U" de adsorbedor de flujo radial

- 5 La presente invención está relacionada con unidades de adsorción de flujo radial para separar un componente gaseoso de una mezcla de gases, y particularmente para purificar aire antes de destilación criogénica. La invención trata principalmente de unidades configuradas para funcionamiento con flujo en U.
- 10 Es práctica estándar en la industria de la separación criogénica de aire utilizar unidades de adsorción de flujo radial para eliminar contaminantes tales como agua, dióxido de carbono, trazas de hidrocarburos y NO_x de la alimentación de aire a la planta de separación criogénica de aire para evitar problemas con el funcionamiento y la seguridad de la planta.
- 15 Una unidad de adsorción de flujo radial para purificación del aire es típicamente un recipiente que tiene una pared lateral tubular exterior que está cerrado en cada extremo con una respectiva pared final, que contiene un lecho anular alargado de al menos un material adsorbente situado coaxialmente dentro del interior del recipiente. Normalmente existe un espacio anular definido por la superficie interior de la pared exterior y la superficie exterior del lecho anular. El lecho anular define un canal central. Existe una entrada de gas que alimenta el gas a procesar al espacio anular, y una salida de gas que extrae gas tratado del canal central.
- 20 Durante el funcionamiento, se suele alimentar aire al espacio anular que rodea al lecho anular. El aire pasa a través de los uno o más materiales adsorbentes situados dentro del lecho anular hacia el interior del canal central. Los uno o más materiales adsorbentes adsorben de manera selectiva al menos un contaminante del aire produciendo de ese modo aire purificado que se extrae del recipiente.
- 25 De forma menos habitual, se puede alimentar aire a purificar al canal central definido por el lecho anular y se puede extraer aire purificado del espacio anular que rodea al lecho anular. En estos sistemas, el aire pasa a través del lecho anular en la dirección radial opuesta, es decir, fluyendo desde el canal central hacia el espacio anular.
- 30 Los lechos adsorbentes se regeneran típicamente haciendo pasar un gas de regeneración a través del lecho adsorbente en la dirección opuesta a la dirección del aire cuando la unidad está en funcionamiento, es decir, "en alimentación" o "en línea".
- 35 En general, las unidades de adsorción de flujo radial se pueden operar utilizando un proceso de adsorción por oscilación de temperatura ("TSA"), un proceso de adsorción por oscilación de presión ("PSA"), un proceso de adsorción por oscilación de vacío (VSA) o un proceso de adsorción por oscilación de presión y de vacío (VPSA), o utilizando modificaciones de dichos procesos como es conocido en la técnica. Sin embargo, las unidades implicadas en la purificación de aire se operan típicamente utilizando un proceso TSA, y las unidades implicadas en la separación masiva de aire se operan típicamente utilizando un proceso PSA o VPSA. Un ejemplo de un proceso de purificación de aire que genera la alimentación a una unidad de separación criogénica de aire ("ASU") que implica tecnología TSA radial se describe en el documento US5855685A.
- 40 Las unidades de adsorción de flujo radial se pueden configurar en una disposición "de flujo en U" o "de flujo en Z". En una disposición de flujo en U, las trayectorias del gas a ambos lados del lecho anular son en direcciones opuestas. Al "flujo en U" también se le denomina en la literatura "flujo en π ". En una disposición de flujo en Z, las trayectorias del gas a ambos lados del lecho anular son en la misma dirección. En purificación de aire de entrada en la industria de la separación de aire, el foco principal es en el uso de unidades de adsorción de flujo radial configuradas en una disposición de flujo en Z. Los documentos US4541851A, US5827485A, US8313561B, US2010/0058804A y US2011/0206573A describen cada uno de ellos unidades de adsorción de flujo radial para purificación de aire en las cuales las unidades están configuradas en una disposición de flujo en Z. Un rasgo de dichas unidades es que las entradas de gas y las salidas de gas suelen estar en extremos opuestos de las unidades. El documento US2997374 describe un reactor de flujo radial y los documentos JPS62191016 y US5716427 describen unidades de adsorción de flujo radial.
- 45 Un rasgo de una configuración de flujo en Z típica en una unidad de adsorción de flujo radial es pérdida de carga desigual a lo largo de la longitud del lecho adsorbente, lo que conduce a una distribución del flujo no uniforme. Intentos para superar la pérdida de carga desigual incluyen el uso de componentes internos en el canal central, tales como desviadores cónicos. Sin embargo, la incorporación de estos componentes internos típicamente complica el diseño de la unidad, incrementando de ese modo los costes de capital totales, e incrementa la pérdida de carga total a través del recipiente, incrementando de ese modo los costes de funcionamiento totales.
- 50 La configuración de flujo en U ofrece una alternativa atractiva para unidades de adsorción de flujo radial dado que la pérdida de carga es típicamente igual a lo largo de la longitud del lecho adsorbente produciendo como resultado una distribución del flujo más uniforme sin necesidad de componentes internos adicionales, reduciendo potencialmente de ese modo los costes de capital y de funcionamiento totales.
- 55
- 60
- 65

El documento US5814129A describe una unidad de adsorción de flujo radial para la pre-purificación de aire. La unidad tiene una entrada de gas en la parte inferior del recipiente y una salida de gas en la parte superior del recipiente, pero se ha configurado para “flujo en U” utilizando un desviador cilíndrico proporcionado en el espacio anular existente entre la pared lateral del recipiente y el lecho adsorbente (véase la Figura 1), o en el canal central definido por el lecho adsorbente anular (véase la Figura 3). El desviador fuerza al gas a fluir en el espacio anular hacia la parte superior del recipiente desde la entrada antes de pasar a través del lecho (véase la Figura 1), o hacia la parte inferior del recipiente después de pasar a través del lecho y antes de ser extraído a través de la salida (véase la Figura 3). Una disposición similar se describe en el documento US5759242A (véase la Figura 1).

Aunque las unidades de adsorción de flujo radial descritas en el documento US5814129A representan una mejora con respecto a las unidades típicas configuradas para flujo en Z debido a la distribución del flujo mejorada a través del lecho adsorbente, el diseño de la unidad es todavía más complicado de lo ideal y la presencia del desviador cilíndrico incrementa la pérdida de carga total a través del recipiente. Por lo tanto, existe todavía una necesidad de nuevos diseños de unidades de adsorción de flujo radial.

En términos de distribución de flujo uniforme, la disposición ideal para una unidad de adsorción de flujo radial es teóricamente una configuración de flujo en U con una entrada de gas y una salida de gas coaxiales en un extremo de la unidad dado que esta disposición potencialmente proporciona la distribución del flujo más uniforme. Ejemplos de referencias que describen disposiciones de este tipo incluyen el documento US5759242A (véase la Figura 4). Las unidades están concebidas principalmente para funcionamiento PSA o VPSA en un ciclo de oxígeno, pero la referencia menciona que las unidades se pueden modificar para su uso en prepurificación PSA de aire. Sin embargo, las unidades son mecánicamente complicadas, lo que incrementa el coste de capital.

Unidades de adsorción de flujo radial adicionales para purificación de aire que están configuradas en una disposición “de flujo en U” se describen en el documento US8313561B (véase la Figura 2(e)). Esta referencia menciona que la unidad se puede configurar de modo que la entrada y la salida de aire estén ambas en la pared superior o en la pared inferior del recipiente, y que el aire a purificar se pueda alimentar al canal central definido por el lecho anular, o al espacio anular existente entre el lecho anular y la pared exterior del recipiente.

Además de las unidades de adsorción de flujo radial configuradas en una disposición “de flujo en Z”, el documento US4541851A también describe (véase la Figura 4) una unidad de este tipo configurada en una disposición “de flujo en U” para purificación de aire. La unidad tiene una entrada de aire en la pared inferior de la unidad que alimenta al canal central definido por el lecho anular de material adsorbente. El aire pasa a través del lecho adsorbente al espacio anular existente entre el lecho y la pared lateral de la unidad. El aire purificado se extrae de la unidad utilizando una salida de gas también proporcionada en la pared inferior de la unidad.

Un ejemplo de un recipiente de adsorción de flujo radial configurado en una disposición “de flujo en U” para la separación masiva de aire en el cual la entrada de gas y la salida de gas están situadas por separado en la pared inferior del recipiente se describe en el documento US5232479A (véase la Figura 1).

En general, las unidades de adsorción de flujo radial tienden a ser grandes, particularmente para ciertas aplicaciones en las que se necesita procesar una gran cantidad de gas. Un ejemplo de una aplicación de este tipo es la purificación de aire de entrada para una ASU criogénica. Estas unidades pueden tener una altura/longitud total de hasta 25 m y las tuberías asociadas pueden tener un diámetro de hasta 72 pulgadas (1,8 m) para plantas más grandes, p. ej. 56 pulgadas (1,4 m) para la entrada de gas y 42 pulgadas (1 m) para la salida de gas.

Las unidades se orientan típicamente verticalmente para reducir el tamaño de su huella. La altura es un problema particular para unidades configuradas para flujo en Z dado que dichas unidades tienden a tener sus entradas y salidas en extremos opuestos de las unidades. Esto significa que habrá tuberías que salgan de la ‘parte superior’ del recipiente y que bajen hasta el suelo. Las tuberías a bajo nivel son más fáciles y menos caras de construir, de soportar y de mantener que las tuberías a niveles altos. Las unidades configuradas para flujo en U tienden a tener sus entradas y salidas en la misma pared final lo que mitiga de alguna manera los problemas debidos a la altura. Sin embargo, el tamaño de las tuberías significa que la cabeza que tiene la entrada y la salida puede estar muy congestionada lo que limita las opciones para la distribución de las tuberías.

Unidades de adsorción de flujo radial son típicamente capaces de ser presurizada hasta al menos 5 bar (0,5 MPa) y posiblemente hasta 40 bar (4 MPa). De esta manera, es necesario reforzar la cabeza alrededor de cada entrada de gas y de cada salida de gas incrementando el espesor de la pared. En casos en que la entrada de gas y la salida de gas están en la misma cabeza, los refuerzos se pueden solapar produciendo como resultado una pared final incluso más gruesa.

Las paredes de una unidad de adsorción de flujo radial se fabrican típicamente de acero al carbono. Si el espesor de una pared fabricada de este material supera los 38 mm, entonces la unidad debe ser sometida a tratamiento térmico posterior a la soldadura en el cual toda la carcasa de la unidad o sólo las partes componentes más gruesas se calientan

en un horno hasta una temperatura elevada, p. ej. desde 550 hasta 600°C, durante un periodo de tiempo (dependiendo del espesor), p. ej. 0,5 horas, como es definido por el código de fabricación de recipientes a presión relevante. Además, las velocidades de calentamiento y de enfriamiento se deben controlar cuidadosamente, junto con la atmósfera en el interior del horno. El tamaño de las unidades es tal que el horno a menudo se tiene que construir alrededor de la unidad. Por lo tanto, el tratamiento térmico posterior a la soldadura es un proceso caro que es deseable evitar si es posible.

Los inventores también destacan que la pared final, o "cabeza", de una unidad de adsorción de flujo radial tiende a tener un diámetro mayor si dos o más boquillas de entrada/salida de gas están situadas allí. Dado que las unidades de adsorción de flujo radial se suelen fabricar en una fábrica y a continuación suelen ser transportadas hasta el emplazamiento al menos en parte por carretera utilizando un camión con plataforma, las unidades de mayor diámetro tienden a ser más difíciles de transportar, p. ej. en carreteras estrechas con puentes bajos. De forma alternativa, si la pared final se fabrica de diámetro óptimo, entonces se tiene que llegar a algún tipo de compromiso en relación con los tamaños de las boquillas de entrada y de salida (pueden tener que ser más pequeños de lo deseado, llevando a una pérdida de carga mayor).

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una unidad de adsorción de flujo en U radial para purificar aire por eliminación de al menos un contaminante seleccionado del grupo constituido por agua, dióxido de carbono, hidrocarburos y NO_x, comprendiendo dicha unidad:

una pared lateral tubular exterior que tiene un eje longitudinal y que comprende un extremo superior y un extremo inferior opuesto a dicho extremo superior, estando dichos extremos superior e inferior cerrados por paredes finales superior e inferior respectivamente, teniendo dicha pared lateral (12) tubular exterior un diámetro interior, A;

un lecho anular alargado que comprende al menos un material selectivamente adsorbente, estando dicho lecho anular situado coaxialmente dentro de dicha pared lateral tubular exterior definiendo de ese modo un primer espacio anular entre dicha pared lateral y dicho lecho anular, definiendo dicho lecho anular un canal central en comunicación de fluido con dicho primer espacio anular a través de dicho lecho anular;

al menos un desviador para reducir la mala distribución del flujo de gas en dicho primer espacio anular;

un faldón anular impermeable que soporta a dicho lecho anular sobre dicha pared final inferior, estando dicho faldón anular situado coaxialmente dentro de dicha pared lateral tubular exterior definiendo de ese modo un segundo espacio anular entre dicha pared lateral y dicho faldón anular, estando dicho segundo espacio anular en comunicación de fluido con dicho primer espacio anular, teniendo dicho faldón anular un diámetro interior, C;

al menos una entrada de gas situada en dicha pared lateral tubular exterior en dicho extremo inferior y en comunicación de fluido con dicho primer espacio anular a través de dicho segundo espacio anular; y

una salida de gas situada en dicha pared inferior de dicha unidad y en comunicación de fluido con dicho canal central,

en la cual la relación del diámetro interior de la pared lateral tubular exterior, A, al diámetro interior del faldón anular, C, es desde 3:1 hasta 11:10.

La entrada de gas o, en casos en que existe más de una entrada de gas, cada entrada de gas, está situada en el extremo de la pared lateral adyacente a la pared final que comprende la salida de gas.

La presente invención permite un diseño más simple de unidad de adsorción de flujo radial que puede producir como resultado una reducción significativa en los costes de capital y de funcionamiento de la unidad. Además, se puede evitar la congestión de la cabeza que tiene la salida de gas, lo que reduce la probabilidad de que se requiera tratamiento térmico posterior a la soldadura, particularmente para algunas unidades más grandes. Además, menos congestión alrededor de las entradas de gas y de las salidas de gas debería producir como resultado una mayor libertad en el diseño de la distribución de las tuberías asociadas. Además, la invención significa que debería ser posible diseñar unidades que tengan diámetro, altura y peso óptimos, lo cual debería hacer la unidad más fácil de transportar.

La unidad de la presente invención tiene tanto las una o más entradas de gas como la salida de gas en un extremo, preferiblemente a "nivel del piso" (es decir, a nivel del suelo), lo que facilita la construcción de las tuberías y el acceso para el mantenimiento de las válvulas. Además, utilizando una disposición "de flujo en U" como la que se describe en esta memoria, la invención permite la construcción de una unidad adsorbente más simple que es más fácil, menos cara y más segura de construir y más fiable de operar, permitiendo por lo tanto ahorros en costes de fabricación y de funcionamiento.

En realizaciones preferidas, el lecho adsorbente anular está soportado directamente sobre una pared final, y normalmente sobre la pared inferior cuando la unidad está orientada verticalmente.

La unidad comprende uno o más desviadores. La unidad también puede comprender uno o más deflectores y/o enderezadores de flujo para mejorar la distribución del flujo de gas de alimentación dentro de la unidad.

La presente invención se puede utilizar para la separación masiva de una mezcla de gases tal como el aire, p. ej. para producir oxígeno, aunque la invención está concebida principalmente para la purificación de un gas tal como el aire eliminando al menos un contaminante, típicamente seleccionado del grupo constituido por dióxido de carbono, agua, hidrocarburos y NO_x. El aire purificado es entonces apropiado como alimentación para una ASU.

El término "NO_x" se utiliza en esta memoria para referirse a los óxidos de nitrógeno, y está concebido para incluir uno o más de óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂), tetróxido de dinitrógeno (N₂O₄), pentóxido de dinitrógeno (N₂O₅) y óxido nitroso (N₂O). La presencia de óxido nitroso como contaminante es un problema particular en la purificación de aire ya que es difícil de eliminar.

De esta manera, de acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un proceso para purificar aire por eliminación de al menos un contaminante seleccionado del grupo constituido por agua, dióxido de carbono, hidrocarburos y NO_x, comprendiendo dicho proceso:

proporcionar una unidad de adsorción radial de acuerdo con el primer aspecto;
alimentar una mezcla de gases a dicha al menos una entrada de gas; y
extraer un gas producto por dicha salida de gas.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un uso de una unidad de adsorción radial de acuerdo con el primer aspecto para purificar aire eliminando un contaminante seleccionado del grupo constituido por agua, dióxido de carbono, hidrocarburos y NO_x.

Todas las referencias en esta memoria a presión son referencias a presión absoluta y no a presión manométrica a menos que se indique expresamente algo diferente. Además, se debería interpretar que las referencias al singular incluyen el plural y viceversa, a menos que sea evidente del contexto que sólo se hace referencia al singular o al plural. Además, a menos que se indique expresamente algo diferente, las composiciones del fluido se calculan en % molar en base "seca", es decir, excluyendo cualquier contenido de agua de los cálculos.

Resumen

La invención es una unidad de adsorción de flujo en U radial para eliminar al menos un componente gaseoso de una mezcla de gases. La unidad comprende una pared lateral tubular exterior que comprende un primer extremo (extremo superior) y un segundo extremo (extremo inferior) opuesto al primer extremo, y los extremos primero y segundo están cerrados por paredes finales, o "cabezas", primera (superior) y segunda (inferior), respectivamente. La unidad también comprende un lecho anular alargado que comprende al menos un material selectivamente adsorbente situado coaxialmente dentro de la pared lateral tubular exterior definiendo de ese modo un primer espacio anular entre la pared lateral y el lecho anular. El lecho anular define un canal central en comunicación de fluido con el primer espacio anular a través del lecho anular. Al menos una entrada de gas está situada en la pared lateral en comunicación de fluido con el primer espacio anular y una salida de gas está situada en la pared final inferior de la unidad en comunicación de fluido con el canal central.

El rasgo caracterizador de la presente invención es que las una o más entradas de gas están situadas en la pared lateral de la unidad. Este rasgo permite diseños más simples de unidad de adsorción de flujo radial que están menos congestionados con tuberías de entrada/salida de gas y por consiguiente menos caros de producir y de operar.

La entrada de gas o cada entrada de gas está en el extremo de la pared lateral adyacente a la pared final que comprende la salida de gas. Esta disposición novedosa es beneficiosa porque permite el diseño de unidades de adsorción de flujo radial en las cuales las entradas/salidas de gas están en el mismo extremo de las unidades, lo que puede reducir la altura total del aparato desde el suelo en comparación con unidades de flujo en Z típicas y facilita el acceso a las una o más entradas y a la salida y a las tuberías asociadas para mantenimiento, etc. El diámetro de la unidad también puede ser reducido para una aplicación dada en comparación con otras unidades de diseño conocido que tienen entradas de gas y salidas de gas en la misma pared final, lo que facilita el transporte de la unidad por carretera.

Los términos "entrada" y "salida" se han utilizado para proporcionar una indicación de la dirección del flujo de gas a través de la unidad. En algunas realizaciones, este flujo de gas es durante la operación para eliminar un componente de una mezcla de gases (es decir, en alimentación) en cuyo caso la dirección se debería invertir durante la regeneración. En otras realizaciones, este flujo de gas es durante la regeneración del lecho anular en cuyo caso la dirección se debería invertir cuando está en alimentación.

Los siguientes términos utilizados en la especificación se definen como sigue:

- "flujo radial" es un término de la técnica que se refiere a la dirección del flujo de gas dentro de la unidad con respecto al eje longitudinal central de la unidad;
- "flujo en U" es un término de la técnica que se refiere a una configuración en la cual el flujo de gas en un lado del lecho adsorbente se invierte en el otro lado;

- "tubular" es un término estándar que significa que tiene la forma de un tubo;
 - "alargado" es un término estándar que se refiere a la relación de aspecto del lecho anular en la cual la longitud es mayor que la anchura;
 - "coaxialmente" es un término estándar que significa que tiene el mismo eje, o substancialmente el mismo eje.
- 5 El término se utiliza en el contexto del eje longitudinal central de la unidad; y
- "comunicación de fluido" es un término estándar que significa que puede fluir fluido entre los rasgos definidos por el término. En este caso, el fluido es un gas, es decir, comunicación de flujo de gas.

10 El lecho anular típicamente comprende una placa base y al menos dos pantallas permeables a los gases tubulares coaxiales, p. ej. una pantalla interior situada dentro de una pantalla exterior. La placa base puede ser plana o al menos substancialmente convexa con geometría esférica, toriesférica, elíptica o similar. Sin embargo, en algunas realizaciones preferidas, la placa base es troncocónica. Las pantallas definen un espacio anular que se rellena con al menos un material selectivamente adsorbente.

15 Para algunas aplicaciones, el lecho anular comprende al menos una pantalla permeable a los gases adicional situada coaxialmente entre las pantallas interior y exterior dividiendo de ese modo el espacio anular en un espacio anular interior y un espacio anular exterior. Diferentes materiales selectivamente adsorbentes se pueden proporcionar en los espacios anulares interior y exterior definidos por las pantallas dependiendo de la aplicación. En aplicaciones de purificación de aire por ejemplo, un desecante con una alta capacidad regenerable para el agua puede estar situado en uno de los espacios anulares definidos por las pantallas, p. ej. el espacio anular exterior, y un adsorbente selectivo a CO₂ puede estar situado en el otro espacio anular definido por las pantallas, p. ej. el espacio anular interior. Ejemplos de adsorbentes selectivos a CO₂ apropiados incluyen tamices moleculares, p. ej. NaX, NaLSX, CaX y CaLSX.

20 También se concibe que la presente invención se podría aplicar a unidades de adsorción de flujo en U radial que tengan un lecho adsorbente que comprenda al menos dos capas anulares de material adsorbente diferente sin una pantalla permeable a los gases para separar las capas anulares. La carga de un lecho adsorbente con una pantalla intermedia desmontable se explica en los documentos US5931980A, US5836362A y US8101133B.

Orientación

30 La unidad está orientada verticalmente. En estas realizaciones, la unidad tendrá una parte superior y una parte inferior, estando asignado el primer extremo a la parte superior de la unidad y estando asignado el segundo extremo a la parte inferior de la unidad.

35 En casos en que la unidad está orientada verticalmente, las una o más entradas de gas y la salida de gas están en la parte inferior de la unidad. De esta manera, las una o más entradas/salida y las tuberías asociadas están a "nivel del piso" lo que hace la unidad más accesible y más segura para fines de mantenimiento.

Múltiples entradas de gas

40 La unidad puede tener una única entrada de gas, o una pluralidad de entradas de gas. La entrada de gas o, en casos en que existe más de una, al menos una y preferiblemente cada entrada de gas, está orientada radialmente hacia el eje longitudinal de la unidad. La orientación radial de la entrada de gas proporciona un flujo de gas inicial hacia el interior de la unidad que es perpendicular al eje longitudinal de la unidad.

45 En casos en que la unidad tiene más de una entrada de gas, el número de entradas de gas está limitado al menos en cierta medida por el diámetro de la unidad. Sin embargo, para la mayoría de las realizaciones, el número de entradas de gas puede ser desde una hasta seis, p. ej. desde una hasta cuatro, por ejemplo, una o dos.

50 En casos en que la unidad comprende más de una entrada de gas, las entradas de gas están espaciadas circunferencialmente alrededor de la pared lateral tubular exterior ya que esta disposición tiende a reducir la mala distribución del flujo de gas dentro de la unidad. El término "circunferencialmente" en este contexto está concebido para significar que las entradas de gas están situadas alrededor de la circunferencia de la pared lateral tubular exterior, preferiblemente al mismo, o substancialmente al mismo, nivel.

55 Las entradas pueden estar espaciadas uniformemente o no uniformemente según se requiera para hacer que el flujo de gas a través de la unidad sea lo más uniforme posible. Por ejemplo, en realizaciones en las que la unidad comprende una primera entrada de gas y una segunda entrada de gas, la segunda entrada de gas está típicamente situada directamente enfrente de la primera entrada de gas.

Soporte para el lecho anular

60 La unidad comprende un faldón anular impermeable que soporta al lecho anular sobre una de las paredes finales. En estas realizaciones, el faldón anular está situado coaxialmente dentro de la pared lateral tubular exterior definiendo de ese modo un segundo espacio anular en comunicación de fluido con el primer espacio anular.

65 El lecho está soportado por el faldón anular sobre la segunda pared final en la parte inferior de la unidad.

La salida de gas está situada en la segunda pared final en la parte inferior de la unidad. El lecho está soportado por el faldón anular sobre la segunda pared final en la parte inferior de la unidad, y la salida de gas está situada en la segunda pared final. En estas realizaciones, la entrada de gas o, en casos en que existe más de una entrada de gas, cada entrada de gas, está situada en la pared lateral en el extremo adyacente a la segunda pared final en la parte inferior de la unidad.

Desviadores

Las unidades de acuerdo con la presente invención se diseñan y se operan preferiblemente de tal manera que no haya ninguna mala distribución significativa de gas en el primer espacio anular. Estudios de flujo utilizando software de dinámica de fluidos computacional (CFD) (Fluent®, Ansys Inc.) indican, sin embargo, que puede existir algo de flujo de gas circunferencial y/o vórtices que se desarrollen dentro del primer espacio anular de la unidad. Estos patrones de flujo de gas indeseables están provocados por una distribución imperfecta del flujo de gas entre las una o más entradas de gas y el primer espacio anular, por ejemplo en el segundo espacio anular. El flujo de gas no uniforme hacia el lecho anular produce como resultado un uso subóptimo del material adsorbente dentro del lecho anular y, por lo tanto, ineficiencias de proceso e incluso "saturación" ("*break through*") prematura en algunas zonas. De esta manera, los inventores proponen el uso de superficies de control del flujo de gas, o "desviadores", para reducir la mala distribución del flujo de gas en el primer espacio anular de la unidad en los casos en que sea necesario.

La unidad comprende al menos un desviador. El propósito del desviador es reducir la mala distribución del flujo de gas a través de la unidad permitiendo de ese modo una optimización de las prestaciones de la unidad.

Los desviadores preferidos incluyen desviadores anulares, desviadores longitudinales, desviadores troncocónicos, desviadores cilíndricos y desviadores de entrada de gas, y se pueden elegir combinaciones particulares de dos o más de estos tipos de desviadores para optimizar la distribución del flujo de gas a través de la unidad según se requiera.

El desviador o, cuando existe más de un desviador, cada desviador, puede ser sólido, es decir, no perforado. En otras realizaciones, el desviador o al menos uno de los desviadores puede estar perforado para modificar el flujo de gas a través de la unidad. Los desviadores pueden estar perforados uniformemente, es decir, con un patrón y/o distribución uniformes de perforaciones, o pueden estar perforados no uniformemente según se requiera. El tamaño, la forma y/o la distribución de las perforaciones se puede seleccionar para refinar aún más la distribución del flujo de gas.

Un desviador perforado tendrá un "área abierta", es decir, el porcentaje del área superficial total del desviador que está abierto al paso de gas a través del desviador. Los desviadores perforados típicamente tienen un área abierta de desde el 10% hasta el 60%.

Desviadores anulares

La unidad puede comprender al menos un desviador anular situado coaxialmente dentro de la unidad entre las una o más entradas de gas y el lecho anular. El desviador o cada desviador anular se extiende al menos parcialmente a través del segundo espacio anular.

El desviador anular tiene una circunferencia interior y una circunferencia exterior. La distancia entre las circunferencias interior y exterior puede ser uniforme alrededor de toda la circunferencia del desviador anular. De forma alternativa, la distancia puede variar dependiendo quizás de la distancia desde las una o más entradas de gas. Dicho de otra manera, aunque la circunferencia exterior es típicamente circular, la circunferencia interior puede ser circular, o puede ser no circular, p. ej. ovoide o sinusoidal, dependiendo de los requisitos de distribución del flujo de gas.

El diseño del desviador anular depende del requisito para reducir la mala distribución del flujo de gas en una unidad dada. Dicho eso, el desviador o cada desviador anular tiene típicamente la forma de un anillo. Sin embargo, el desviador puede estar compuesto por una pluralidad de secciones, quizás con una separación entre secciones adyacentes. Efectivamente, las secciones adyacentes pueden no estar en el mismo plano.

El desviador anular o, en casos en que existe más de un desviador anular, al menos uno de los desviadores anulares, se puede extender desde la pared lateral tubular exterior. De forma adicional o alternativa, el desviador anular o, en casos en que existe más de un desviador anular, al menos uno de los desviadores anulares, se puede extender desde el faldón anular. Dado que los uno o más desviadores anulares se extienden al menos parcialmente a través del segundo espacio anular, está implícito que los uno o más desviadores anulares están montados sobre la superficie interior de la pared lateral tubular exterior y/o sobre la superficie exterior del faldón anular.

En algunas realizaciones, la unidad comprende un desviador anular perforado que se extiende al menos substancialmente, y preferiblemente completamente, a través del segundo espacio anular. El propósito de un desviador anular perforado de este tipo es típicamente enderezar el flujo de gas a través del segundo espacio anular hacia el primer espacio anular.

El desviador anular perforado se puede extender perpendicularmente entre la pared lateral tubular exterior y el faldón anular. Sin embargo, en algunas realizaciones preferidas, el desviador anular perforado se extiende formando un ángulo con el faldón anular para impedir la acumulación de líquido acuoso sobre la superficie del desviador, el cual

puede provocar corrosión. El ángulo del desviador anular perforado puede ser desde 45° hasta 90°, p. ej. desde 60° hasta 80°.

5 El desviador anular perforado puede ser una única placa, o puede comprender una pluralidad de secciones individuales, p. ej. secciones trapezoidales.

10 En realizaciones preferidas, la unidad comprende un primer desviador anular que se extiende radialmente desde el faldón anular entre las una o más entradas de gas y el lecho anular, y un segundo desviador anular que se extiende radialmente desde la pared lateral tubular exterior entre el primer desviador anular y el lecho anular. Los desviadores están situados coaxialmente dentro de la unidad y se extienden parcialmente a través del segundo espacio anular. El orden de los desviadores anulares primero y segundo también se puede invertir según se requiera.

Desviadores longitudinales

15 La unidad puede comprender al menos un desviador longitudinal montado en la unidad paralelo al eje longitudinal de la unidad y que se extiende al menos parcialmente a través del primer espacio anular.

20 La unidad puede comprender una pluralidad de desviadores longitudinales de este tipo. En estas realizaciones, los desviadores longitudinales suelen estar espaciados circunferencialmente dentro de la unidad. Los desviadores pueden estar espaciados uniformemente o no uniformemente alrededor de la circunferencia de la unidad.

El desviador o cada desviador longitudinal se puede extender desde el lecho anular pero normalmente se extendería desde la pared lateral tubular exterior.

25 De forma adicional o alternativa, la unidad puede comprender al menos un desviador longitudinal montado en la unidad paralelo al eje longitudinal de la unidad, extendiéndose el o cada desviador longitudinal al menos parcialmente a través del segundo espacio anular.

30 La unidad puede comprender una pluralidad de estos desviadores longitudinales. En estas realizaciones, los desviadores longitudinales están típicamente espaciados circunferencialmente en la unidad. Los desviadores pueden estar espaciados uniformemente o no uniformemente alrededor de la circunferencia de la unidad.

35 Los desviadores longitudinales pueden estar montados sobre la pared lateral tubular exterior y extenderse parcialmente a través del segundo espacio anular hacia el faldón anular. De forma adicional o alternativa, los desviadores longitudinales pueden estar montados sobre el faldón anular y extenderse parcialmente a través del segundo espacio anular hacia la pared lateral tubular exterior.

40 El desviador o cada desviador longitudinal se puede extender al interior del primer o del segundo espacio anular en la misma medida a lo largo de la longitud del desviador. De forma alternativa, la medida a la cual se extiende uno o más de los desviadores hacia el interior del espacio anular puede variar a lo largo de la longitud del desviador. En otras realizaciones, la longitud de uno o más de los desviadores puede variar de forma adicional o alternativa dependiendo de la distancia desde las una o más entradas de gas.

45 La unidad comprendería tantos desviadores longitudinales como fuera necesario para proporcionar un equilibrio aceptable entre la reducción de la mala distribución del flujo de gas y el incremento de la pérdida de carga para una aplicación dada. Por ejemplo, la unidad podría incluir hasta 300 desviadores longitudinales en total, dispuestos en hasta 6 conjuntos, cada conjunto situado a una "elevación", o distancia a lo largo de la longitud de la unidad medida desde un extremo, específica, según se requiera. Cada conjunto puede tener hasta 50, p. ej. desde 2 hasta 24 o desde 4 hasta 12, de los desviadores longitudinales.

50 *Desviadores de entrada*

55 En realizaciones en las que se utiliza un faldón anular para soportar al lecho anular sobre una pared final y las una o más entradas de gas alimentan gas al interior del segundo espacio anular, el flujo de gas a través de las una o más entradas de gas impactará directamente sobre el faldón anular. Una parte del gas de alimentación de entrada será forzada a fluir directamente hasta el primer espacio anular y el lecho anular. La parte restante del gas de alimentación fluirá alrededor del faldón anular en una dirección circunferencial antes de girar para fluir hacia el primer espacio anular. Una disposición de entrada así de compleja puede producir como resultado una distribución no uniforme del flujo de gas hacia y a través del primer espacio anular. Los inventores proponen el uso de deflectores de entrada para reducir la distribución no uniforme del flujo de gas desde los sistemas de entrada de la unidad.

60 *Desviador de entrada perforado*

65 En otras realizaciones, la unidad puede comprender un desviador de entrada de gas. La entrada de gas comprende, con respecto al lecho anular, un lado proximal y un lado distal. El desviador de entrada de gas está situado típicamente en el lado proximal de la entrada de gas y se extiende a través de al menos una parte del segundo espacio anular. El desviador de entrada de gas puede ser sólido, pero preferiblemente está perforado para evitar espacio muerto directamente por encima del desviador.

5 En realizaciones preferidas, el desviador de entrada de gas rodea a al menos una parte del lado proximal de la entrada de gas. En estas realizaciones, el desviador de entrada de gas puede tener una sección transversal al menos substancialmente en forma de U. Por ejemplo, el desviador de entrada de gas puede estar fabricado de secciones planas que forman parte de un polígono abierto o, en realizaciones preferidas, puede tener una sección transversal semicircular.

10 El desviador perforado puede estar montado sobre la pared lateral tubular exterior o sobre el faldón anular, o puede estar montado en un extremo sobre la pared lateral exterior y en el otro extremo sobre el faldón anular.

10 El desviador perforado limita el flujo de gas inicial hacia el primer espacio anular y desvía parte del flujo alejándolo del primer espacio anular hacia la pared final del recipiente dando al gas tiempo y espacio para su redistribución en la dirección circunferencial. Esta redistribución mejora el flujo de gas en el primer espacio anular.

15 *Desviador troncocónico*

15 En algunas realizaciones, la unidad comprende un desviador troncocónico situado coaxialmente en el segundo espacio anular. El desviador troncocónico está posicionado delante de y espaciado de las una o más entradas de gas. El objetivo del desviador troncocónico es proporcionar un flujo de gas circunferencial en bruto y una cámara divergente o una cámara convergente a través de la cual fluye al menos una parte del gas antes de ser alimentado al primer espacio anular.

20 El término "troncocónico" en este contexto significa que tiene la forma de un cono truncado. El desviador troncocónico comprende un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo. El primer extremo típicamente tiene una circunferencia menor que el segundo extremo.

25 El desviador troncocónico puede comprender, con respecto al lecho anular, un extremo proximal y un extremo distal, y el desviador puede estar montado circunferencialmente en el extremo proximal sobre la pared lateral tubular exterior. El extremo proximal puede comprender una pestaña anular que puede estar perforada o no perforada.

30 El desviador troncocónico está preferiblemente invertido pero puede estar no invertido.

35 El término "invertido" en este contexto significa que el extremo que tiene la circunferencia más grande está más cerca del lecho anular que el extremo que tiene la circunferencia más pequeña. En estas realizaciones, el gas que es desviado alejándolo del lecho anular inicialmente es forzado alrededor del segundo espacio anular, gira alrededor del primer extremo del desviador y entra en una cámara divergente antes de fluir hacia el primer espacio anular. La velocidad del gas se reduce, lo que proporciona un flujo más uniforme.

40 El término "no invertido" en este contexto significa que el extremo que tiene la circunferencia más pequeña está más cerca del lecho anular que el extremo que tiene la circunferencia más grande. En estas realizaciones, el gas que es desviado alejándolo del lecho anular inicialmente es forzado alrededor del segundo espacio anular, gira alrededor del segundo extremo del desviador y entra en una cámara convergente antes de fluir hacia el primer espacio anular.

45 El extremo del desviador troncocónico proximal al lecho anular suele estar montado circunferencialmente sobre la pared lateral tubular exterior, típicamente con una pestaña anular. El desviador troncocónico, la pestaña anular, o tanto el desviador como la pestaña pueden estar perforados.

50 De forma alternativa, el extremo del desviador troncocónico proximal al lecho anular puede estar montado circunferencialmente sobre el faldón anular, típicamente con una pestaña anular. En estas realizaciones, suele existir una abertura en el desviador enfrente de la entrada de gas y la entrada de gas puede comprender un conducto en comunicación de fluido con la abertura. Uno o más del desviador, la pestaña y el conductor pueden estar perforados.

Desviador cilíndrico

55 En otras realizaciones, la unidad de adsorción radial un desviador cilíndrico situado coaxialmente en el segundo espacio anular. El desviador cilíndrico está situado delante de y espaciado de la al menos una entrada de gas. Como ocurre con el desviador troncocónico, el propósito del desviador cilíndrico es inicialmente forzar un flujo de gas circunferencial "en bruto" incrementando de ese modo la distancia y el tiempo requeridos por el gas para alcanzar el primer espacio anular, lo cual mejora la distribución del flujo de gas.

60 El desviador cilíndrico típicamente comprende, con respecto al lecho anular, un extremo proximal y un extremo distal. El extremo proximal puede estar montado circunferencialmente sobre el faldón anular con una pestaña anular. En estas realizaciones, el desviador cilíndrico típicamente comprende una abertura situada enfrente de la entrada de gas. Además, la entrada de gas puede comprender un conducto en comunicación de fluido con la abertura. Uno o más del desviador, la pestaña anular y el conducto pueden estar perforados.

De forma alternativa, el extremo proximal puede estar montado sobre la pared lateral tubular exterior con una pestaña anular que puede estar perforada.

Presión

5 La unidad está concebida típicamente para purificación de aire, p. ej. en un proceso TSA. En estos procesos la unidad debe ser presurizable, es decir, capaz de soportar presiones significativamente mayores que la presión atmosférica. A este respecto, la unidad está preferiblemente dimensionada para operar a una presión de hasta 40 bar (4 MPa), p. ej. de hasta 30 bar (3 MPa), quizás más típicamente de hasta 20 bar (2 MPa) o quizás todavía más típicamente de hasta 10 bar (1 MPa). En realizaciones preferidas, la unidad está dimensionada para una presión de entrada de desde 4 bar (0,4 MPa) hasta 7 bar (0,7 MPa).

Filtro

15 La unidad puede comprender un filtro interno situado en la salida de gas para atrapar partículas arrastradas en el flujo de gas procedentes del lecho adsorbente. Los filtros obstruidos o sucios se pueden extraer y reemplazar, quizás después de su limpieza. De forma alternativa, el filtro puede ser "autolimpiable", en el cual las partículas se extraen del filtro por soplado durante la regeneración del lecho adsorbente.

Dimensiones

20 La unidad ejemplificada en la Figura 2 puede comprender las siguientes dimensiones:

- A diámetro interior de la unidad
- B separación entre el extremo de la pared lateral y el extremo del lecho adsorbente
- C diámetro interior del faldón anular
- D diámetro del canal central definido por el lecho anular
- 25 E diámetro del filtro
- F separación de la superficie interior de la pared lateral tubular exterior y la superficie exterior del lecho anular, es decir, la anchura del primer espacio anular
- G altura del filtro

30 Se han determinado las siguientes relaciones geométricas preferidas para la presente invención:

- la relación de A a B es preferiblemente desde 2:1 (es decir, 2) hasta 1:2 (es decir, 0,5), más preferiblemente desde 3:2 (es decir, 1,5) hasta 2:3 (es decir, 0,66), y lo más preferiblemente desde aproximadamente 1:1 (es decir, 1);
- 35 - la relación de A a C es preferiblemente desde 3:1 (es decir, 3) hasta 11:10 (es decir, 1,1), más preferiblemente desde 5:2 (es decir, 2,5) hasta aproximadamente 21:20 (es decir, 1,05), y lo más preferiblemente 3:2 (es decir, 1,5);
- la relación de D a E es preferiblemente desde 2:1 (es decir, 2) hasta 11:10 (es decir, 1,1), más preferiblemente desde 3:2 (es decir, 1,5) hasta 11:10 (es decir, 1,1), y lo más preferiblemente 6:5 (es decir, 1,2); y
- 40 - la relación de B a G es preferiblemente desde 3:1 (es decir, 3) hasta 11:10 (es decir, 1,1), más preferiblemente desde 2:1 (es decir, 2) hasta 5:4 (es decir, 1,25), y lo más preferiblemente 3:2 (es decir, 1,5);

También se han determinado las siguientes dimensiones preferidas:

- 45 - D es preferiblemente desde 1 m hasta 2,5 m, y más preferiblemente desde 1,5 m hasta 2 m;
- F es preferiblemente desde 0,05 m hasta 0,6 m, y más preferiblemente desde 0,1 m hasta 0,3 m; y
- A es preferiblemente desde 3 m hasta 6 m, y más preferiblemente desde 4 m hasta 5 m.

50 La longitud total de la unidad depende del diámetro de la columna A y de la aplicación a la cual se aplicará la unidad. Sin embargo, para purificación de aire, la longitud es típicamente desde 15 m hasta 30 m.

55 la invención está concebida para aplicación a unidades de cualquier tamaño apropiado, dimensionadas para operar a cualquier presión adecuada y fabricadas de cualquier material apropiado. Sin embargo, existe un beneficio particular para algunas realizaciones en las cuales la pared lateral tubular exterior y las paredes finales comprenden acero al carbono. En estas realizaciones particulares, la ausencia de refuerzos que se solapan en la cabeza puede significar que el espesor de la cabeza se puede mantener por debajo de 38 mm evitando de ese modo tratamiento térmico posterior a la soldadura, el cual habría sido necesario de no ser por la presente invención.

60 Un ejemplo del tipo de unidad que se puede beneficiar de esta ventaja particular es la unidad AP9 de Air Products and Chemicals, Inc. Esta unidad particular tiene un diámetro interno de 4,4 m. El espesor de la pared lateral es 17 mm excepto en la región inferior que tiene la entrada de aire que está engrosada hasta 32 mm. La unidad tiene cabezas semielipsoidales 2:1 de 30 mm espesor.

La distancia entre los puntos tangenciales en los que empieza la curvatura de cada cabeza (la longitud "tangente a tangente") es 18,6 m y la longitud del lecho activo de 12,7 m. Las paredes de la entrada de aire y del orificio de extracción del filtro tiene un espesor de 37 mm. La unidad está dimensionada para operar a 6 bares.

5 *Usos*

La unidad de adsorción de flujo radial es apropiada para uso en la separación de un componente gaseoso de una mezcla de gases produciendo de ese modo un gas producto. El componente gaseoso puede ser un componente significativo en la mezcla, en cuyo caso la unidad se puede utilizar para separación masiva de gases, p. ej. para producir oxígeno a partir del aire. Sin embargo, en realizaciones preferidas, el componente gaseoso es un contaminante en una corriente de gas en cuyo caso la unidad se puede utilizar para purificación de gas, p. ej. purificación de aire de alimentación para una ASU criogénica. En estos casos, el componente gaseoso puede ser uno o más de agua, dióxido de carbono, trazas de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, o NO_x.

15 La unidad se puede operar en un proceso TSA, en un proceso PSA, en un proceso VSA o en un proceso VPSA, o en modificaciones de estos procesos como se conoce en la técnica, p. ej. TEP SA o TPSA. Para purificación de aire, la unidad se opera preferiblemente en un proceso TSA. Un proceso TSA apropiado se describe en el documento US5855650A.

20 La unidad está concebida principalmente para aplicaciones de purificación de aire que impliquen caudales de aire de hasta 0,5 millones de Nm³/h, e incluso de hasta 0,8 millones de Nm³/h, por unidad y por lo tanto está dimensionada en consecuencia.

25 El lecho anular también puede comprender un catalizador, p. ej. un catalizador de oxidación, para facilitar una reacción de al menos uno de los componentes gaseosos de la mezcla de gases, p. ej. oxidación de monóxido de carbono a dióxido de carbono.

Las realizaciones preferidas de la presente invención se describirán ahora con referencia a las figuras, en las cuales:

- 30 - La Figura 1 es un diagrama simplificado que representa una primera realización de la presente invención en sección transversal vertical en la cual el lecho anular está soportado sobre la pared final inferior de la unidad, y la entrada de gas y la salida de gas están situadas en la parte inferior de la unidad;
- La Figura 2 es un diagrama más detallado de la primera realización representada en la Figura 1;
- La Figura 3 representa una versión alternativa de la realización representada en la Figura 2 que tiene dos entradas de gas;
- 35 - La Figura 4 representa una versión alternativa de la realización representada en la Figura 3 en sección transversal horizontal a lo largo de la línea A-A;
- La Figura 5 representa con mayor detalle uno de los desviadores longitudinales representados en la Figura 3;
- La Figura 6 representa una versión alternativa de la realización representada en la Figura 2 que tiene desviadores anulares;
- 40 - La Figura 7 es un diagrama más detallado del sistema de desviadores anulares de la Figura 6;
- La Figura 8A representa un ejemplo de un desviador anular perforado en uso con una unidad de acuerdo con la presente invención en sección transversal horizontal parcial;
- La Figura 8B representa la realización de la Figura 8A en sección transversal vertical parcial;
- La Figura 9 es una sección transversal parcial vertical a través de una unidad adicional de acuerdo con la presente invención que tiene un desviador troncocónico invertido en la entrada;
- 45 - La Figura 10A es una sección transversal parcial vertical a través de la unidad de la Figura 9 en la cual el desviador troncocónico se ha remplazado por un desviador de entrada de gas perforado;
- La Figura 10B representa el desviador de entrada de gas perforado de la Figura 10A a lo largo de la flecha A;
- La Figura 11 es una sección transversal parcial a través de otra unidad de acuerdo con la presente invención que tiene un desviador cilíndrico en la entrada; y
- 50 - la Figura 12A es una sección transversal vertical parcial a través de otra unidad de acuerdo con la presente invención que tiene desviadores longitudinales en el primer espacio anular; y
- la Figura 12B es una sección transversal horizontal simplificada a través de la unidad de la Figura 12A.

55 La Figura 1 representa una unidad 10 de adsorción de flujo radial para la eliminación de impurezas de agua y dióxido de carbono del aire. La unidad 10 está orientada verticalmente y tiene una pared lateral 12 tubular exterior con una pared final superior 14 y una pared final inferior 16, y contiene un lecho anular 18 de materiales adsorbentes, situado coaxialmente dentro de la pared lateral 12. La pared lateral 12 y el lecho anular 18 definen un primer espacio anular 20.

60 El lecho anular 18 tiene una placa base 22 sobre la cual están montadas una pantalla tubular exterior 24, una pantalla tubular intermedia 26 y una pantalla tubular interior 28. Cada una de las pantallas tubulares es permeable a los gases y juntas las pantallas tubulares definen espacios anulares dentro del lecho anular 18 que se rellenan con material adsorbente. En la realización ilustrada, el lecho anular 18 tiene una capa 30 de un desecante con alta capacidad regenerable para el agua, y una capa 32 de un adsorbente selectivo al CO₂. Los espacios anulares entre las láminas

tubulares se pueden rellenar con materiales adsorbentes a través de los puertos 34 situados sobre la pared superior 14 de la unidad 10, los cuales también se pueden utilizar para extraer y sustituir los materiales adsorbentes.

5 El lecho anular 18 está soportado dentro de la unidad 10 sobre un faldón anular 36 impermeable que, con la pared lateral 12, define un segundo espacio anular 38 que está en comunicación de fluido con el primer espacio anular 20.

10 La unidad 10 en la Figura 1 tiene una entrada de gas 40 situada en la pared lateral 12 y una salida de gas 42 situada en una pared final. La salida de gas 42 está situada en la pared inferior 16 de la unidad 10 y la entrada de gas 40 está situada en el extremo de la pared lateral 12 adyacente a la pared final inferior 16.

15 Durante el funcionamiento, aire a purificar se alimenta a la entrada de gas 40 de la unidad 10, pasa al interior del primer espacio anular 20 y a través del lecho anular 18 de materiales adsorbentes que eliminan el agua y el CO₂ y opcionalmente el N₂O del aire. El gas purificado pasa al interior de un canal central 44 definido por el lecho anular 18 y a continuación sale de la unidad 10 a través de la salida de gas 42. Dado que la dirección del flujo de gas se invierte después del paso a través del lecho anular 18, la unidad 10 está configurada para flujo en U.

20 Durante la regeneración del lecho 18, la dirección del flujo de gas se invierte. De esta manera, gas de regeneración se alimenta a la unidad 10 a través de la salida de gas 42, pasa al interior del canal central 44 y a través del lecho anular 18 para regenerar el lecho. El gas de regeneración gastado pasa al interior del primer espacio anular 20 y a continuación sale de la unidad 20 a través de la entrada de gas 40.

La Figura 2 es una versión más detallada de la realización representada en la Figura 1. A los rasgos comunes ambas figuras se les ha dado los mismos números de referencia. Lo siguiente es una exposición de los rasgos diferentes.

25 La unidad 10 tiene un filtro 46 montado internamente en la salida de gas 42. El propósito del filtro 46 es atrapar partículas arrastradas en el flujo de gas. Las partículas pueden ser partículas sólidas procedentes del lecho adsorbente 18.

30 El filtro es autolimpiable. Sin embargo, puede ser necesario limpiar o reemplazar el filtro 46 periódicamente. De esta manera, existe un puerto cubierto 48 en la pared superior 14 de la unidad 10 para proporcionar acceso al filtro 46.

35 Desviadores longitudinales 50 están situados sobre el faldón anular 36 para ayudar a reducir la mala distribución del flujo de aire a través de la unidad 10. Los desviadores longitudinales se representan en línea con la entrada de gas 40. Sin embargo, se debe entender que el desviador puede estar situado además alrededor de la circunferencia del faldón anular 36 como en la Figura 4.

Existe también un sistema de drenaje 52 para extraer fluido acuoso, p. ej. agua que contiene dióxido de carbono disuelto, de la unidad 10.

40 Además, existe un faldón de soporte 54 externo que soporta a la unidad 10 sobre el terreno.

Por último, existe un conducto 56 conectado a la salida de gas 42.

45 La Figura 3 es una representación más detallada del extremo inferior de una unidad 10 similar a la representada en la Figura 2 pero que tiene otra entrada de gas 40. A los rasgos comunes a ambas figuras se les ha dado los mismos números de referencia.

50 La Figura 4 es una vista en sección transversal del extremo inferior de una unidad 10 similar a la representada en la Figura 3. A los rasgos comunes a ambas figuras se les ha dado los mismos números de referencia.

Existen seis desviadores longitudinales 50 montados sobre el faldón anular 36 en la Figura 4. Los desviadores 50 están espaciados uniformemente alrededor de la circunferencia del faldón anular 36 aunque ninguno de los desviadores está en línea con las dos entradas de aire 40 como se representa en la Figura 3.

55 Cuando se transporta la unidad 10, se coloca horizontalmente de manera que una de las entradas de gas 40 y el conducto 56 están orientados diagonalmente hacia abajo como se muestra. Por lo tanto, al lateral de la unidad 10 orientado hacia abajo se le denominar "cara de envío".

60 La Figura 5 es una representación más detallada del desviador longitudinal 50 de la Figura 3. Algunos rasgos de la unidad 10 de la Figura 2 se han omitido para mayor claridad. A los rasgos comunes a ambas figuras se les ha dado los mismos números de referencia.

65 Las Figuras 6 & 7 representan una versión modificada de la unidad 10 mostrada en la Figura 2. A los rasgos que son comunes a ambas figuras se les ha dado los mismos números de referencia. Lo que sigue es una exposición de los rasgos diferentes.

Se proporciona una pareja de desviadores anulares horizontales 58, 60. Un primer desviador anular 58 está montado circunferencialmente sobre la superficie exterior del faldón anular 36 entre la entrada de gas 40 y el lecho anular 18. Un segundo desviador anular 60 está montado circunferencialmente sobre la superficie interior de la pared lateral 12 entre el primer desviador anular 58 y el lecho anular 18. Ambos desviadores anulares 58, 60 están no perforados y se extienden hacia el interior del segundo espacio anular 38.

Las Figuras 8A & 8b representan un diseño de desviador anular 58 diferente al mostrado en las Figuras 6 & 7. El desviador 58 está compuesto por una pluralidad de placas perforadas trapezoidales individuales, estando cada placa montada en el faldón anular mediante un clip 62. El desviador está inclinado para permitir que el líquido acuoso, p. ej. agua, que contiene dióxido de carbono disuelto, se acumule sobre la superficie del desviador para que corra por él.

La Figura 9 representa un desviador troncocónico invertido 64 montado coaxialmente dentro del segundo espacio anular 38 sobre la pared lateral 12 por medio de una pestaña anular no perforada 65. El aire entrante es forzado inicialmente por el desviador hacia abajo y circunferencialmente, y el aire gira a continuación hacia arriba y entra una cámara divergente en la que la velocidad disminuye, uniformizando de ese modo el flujo de aire antes del primer espacio anular 20.

Las Figuras 10A & 10B representan un desviador de entrada de gas perforado 66 que se extiende desde la pared lateral 12 por encima de la entrada de gas 40 y que tiene una sección transversal con forma de U. Gran parte del aire entrante es forzado inicialmente a alejarse del lecho anular lo que ayuda a uniformizar el flujo de aire hacia el primer espacio anular 30.

La Figura 11 representa un desviador cilíndrico 68 montado coaxialmente dentro del segundo espacio anular 38 sobre el faldón anular 36 por medio de una pestaña anular perforada 65. El desviador 68 tiene una abertura 70 que está conectada a la entrada de gas 40 por un conducto perforado 72. Gran parte del aire entrante es forzado inicialmente por el desviador a alejarse del lecho anular 18 y en lugar de esto se desplaza alrededor del faldón anular 36 antes de girar hacia arriba alrededor del extremo inferior del desviador, uniformizando de ese modo el flujo de aire antes del primer espacio anular 20.

Las Figuras 12A & 12B representan un ejemplo de desviadores longitudinales 76 que se extienden desde la pared lateral 12 tubular exterior a través de la mayor parte del primer espacio anular 20. Estos desviadores están concebidos para reducir la mala distribución del flujo de gas dentro del primer espacio anular 20.

Ejemplo

Simulaciones por ordenador del proceso de purificación de aire del documento US5855650A bajo las condiciones identificadas en la Tabla 1 de esa referencia se han llevado a cabo utilizando software y datos propietarios, y han identificado las siguientes condiciones de funcionamiento preferidas de la unidad representada en la Figura 2:

Condiciones del proceso	Unidad	Aparato y proceso descritos	
		Preferido	El más preferido
Tiempo en corriente	min	100 a 250	120 a 200
Relación purgado a aire	-	0,1 a 0,5	0,1 a 0,3
Flujo de aire	kg/s	50 a 300	100 a 250
Concentración de CO ₂ de alimentación	ppm	100 a 2000	300 a 600
Temperatura de alimentación	°C	5 a 50	10 a 30
Presión de alimentación	MPa (bar)	0,1 a 4 (1 a 40)	0,4 a 0,7 (4 a 7)
Temperatura de regeneración en caliente	°C	100 a 300	140 a 200
Duración del purgado en caliente	min	20 a 70	25 a 50

Aunque la invención se ha descrito con referencia a las realizaciones preferidas representadas en las figuras, se apreciará que son posibles diferentes modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

En esta especificación, a menos que se indique expresamente algo diferente, la palabra 'o' se utiliza en el sentido de un operador que devuelve un valor verdadero cuando alguna o ambas de las condiciones indicadas se cumplen, a diferencia del operador 'o exclusivo' que requiere sólo que una de las condiciones se cumpla. La expresión 'que comprende' se utiliza en el sentido de 'que incluye' más que para significar 'que consiste en'.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una unidad (10) de adsorción de flujo en U radial para purificar aire por eliminación de al menos un contaminante seleccionado del grupo constituido por agua, dióxido de carbono, hidrocarburos y NO_x, comprendiendo dicha unidad (10):
- 10 una pared lateral (12) tubular exterior que tiene un eje longitudinal y que comprende un extremo superior y un extremo inferior opuesto a dicho extremo superior, estando dichos extremos superior e inferior cerrados por paredes finales superior e inferior (14, 16) respectivamente, teniendo dicha pared lateral (12) tubular exterior un diámetro interior, A;
- 15 un lecho anular alargado (18) que comprende al menos un material selectivamente adsorbente (30, 32), estando dicho lecho anular (18) situado coaxialmente dentro de dicha pared lateral (12) tubular exterior definiendo de ese modo un primer espacio anular (20) entre dicha pared lateral (12) y dicho lecho anular (18), definiendo dicho lecho anular (18) un canal central (44) en comunicación de fluido con dicho primer espacio anular (20) a través de dicho lecho anular (18);
- 20 al menos un desviador (50, 58, 60, 64, 66, 68, 76) para reducir la mala distribución del flujo de gas en dicho primer espacio anular (20);
- un faldón anular (36) impermeable que soporta a dicho lecho anular (18) sobre dicha pared final inferior (16), estando dicho faldón anular (36) situado coaxialmente dentro de dicha pared lateral (12) tubular exterior definiendo de ese modo un segundo espacio anular (38) entre dicha pared lateral (12) y dicho faldón anular (36), estando dicho segundo espacio anular (38) en comunicación de fluido con dicho primer espacio anular (20), teniendo dicho faldón anular (36) un diámetro interior, C;
- 25 al menos una entrada de gas (40) situada en dicha pared lateral (12) tubular exterior en dicho extremo inferior y en comunicación de fluido con dicho primer espacio anular (20) a través de dicho segundo espacio anular (38); y una salida de gas (42) situada en dicha pared inferior (16) de dicha unidad (10) y en comunicación de fluido con dicho canal central (44),
- en la cual la relación del diámetro interior de la pared lateral tubular exterior, A, al diámetro interior del faldón anular, C, es desde 3:1 hasta 11:10.
- 30 2. Una unidad (10) de adsorción de acuerdo con la reivindicación 1, en la cual dicha al menos una entrada de gas (40) está orientada radialmente hacia dicho eje longitudinal.
3. Una unidad (10) de adsorción de acuerdo con la reivindicación 1 o con la reivindicación 2, en la cual dicho desviador (50, 58, 60, 64, 66, 68, 76), o en casos en los que existe más de un desviador (50, 58, 60, 64, 66, 68, 76), al menos uno de dichos desviadores (50, 58, 60, 64, 66, 68, 76), está perforado.
- 35 4. Una unidad (10) de adsorción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la cual dicho al menos un desviador (50, 58, 60, 64, 66, 68, 76) comprende al menos un desviador longitudinal (76) montado en dicha unidad (10) paralelo a dicho eje longitudinal y que se extiende al menos parcialmente a través de dicho primer espacio anular (20).
- 40 5. Una unidad (10) de adsorción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la cual dicho al menos un desviador (50, 58, 60, 64, 66, 68, 76) comprende al menos un desviador anular (58, 60) situado coaxialmente dentro de dicha unidad (10) entre dicha al menos una entrada de gas (40) y dicho lecho anular (18), extendiéndose dicho al menos un desviador anular (58, 60) al menos parcialmente a través de dicho segundo espacio anular (38).
- 45 6. Una unidad (10) de adsorción de acuerdo con la reivindicación 5, en la cual dicho al menos un desviador (50, 58, 60, 64, 66, 68, 76) comprende un primer desviador anular (58) que se extiende radialmente desde dicho faldón anular (36) entre dicha al menos una entrada de gas (40) y dicho lecho anular (18), y un segundo desviador anular (60) que se extiende radialmente desde dicha pared lateral (12) tubular exterior entre dicho primer desviador anular (58) y dicho lecho anular (18), estando situados dichos desviadores (58, 60) coaxialmente dentro de dicha unidad (10) y extendiéndose parcialmente a través de dicho segundo espacio anular (38).
- 50 7. Una unidad (10) de adsorción de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en la cual dicho al menos un desviador (50, 58, 60, 64, 66, 68, 76) comprende al menos un desviador longitudinal (50) montado en dicha unidad (10) paralelo a dicho eje longitudinal y que se extiende al menos parcialmente a través de dicho segundo espacio anular (38).
- 55 8. Una unidad (10) de adsorción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en la cual dicho al menos un desviador (50, 58, 60, 64, 66, 68, 76) comprende un desviador troncocónico (64) situado coaxialmente en dicho segundo espacio anular (38), estando dicho desviador troncocónico (64) posicionado delante de y espaciado de dicha al menos una entrada de gas (40), comprendiendo dicho desviador troncocónico (64) un primer extremo y un segundo extremo opuesto a dicho primer extremo, teniendo dicho primer extremo una circunferencia más pequeña que dicho segundo extremo, en donde dicho segundo extremo está más cerca del lecho anular (18) que dicho primer extremo.
- 60
- 65

9. Una unidad (10) de adsorción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en la cual dicho al menos un desviador (50, 58, 60, 64, 66, 68, 76) comprende un desviador cilíndrico (68) situado coaxialmente en dicho segundo espacio anular (38), estando dicho desviador cilíndrico (68) posicionado delante de y espaciado de dicha al menos una entrada de gas (40).
- 5
10. Una unidad (10) de adsorción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una pluralidad de entradas de gas (40) espaciadas uniformemente alrededor de la circunferencia de dicha pared lateral exterior tubular (12) al mismo nivel.
- 10
11. Una unidad (10) de adsorción de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la cual dicha unidad (10) esta dimensionada para operar a una presión de al menos 0,3 MPa (3 bar), y preferiblemente de hasta 4 MPa (40 bar).
- 15
12. Una unidad (10) de adsorción de acuerdo con la reivindicación 11, en la cual dicha pared lateral (12) tubular exterior y dichas paredes finales (14, 16) comprenden acero al carbono y tienen un espesor de no más de 38 mm.
13. Un proceso para purificar aire por eliminación de al menos un contaminante seleccionado del grupo constituido por agua, dióxido de carbono, hidrocarburos y NO_x, comprendiendo dicho proceso:
- 20
- proporcionar una unidad (10) de adsorción de flujo en U radial de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores;
alimentar una mezcla de gases a dicha al menos una entrada de gas (40); y
extraer un gas producto por dicha salida de gas (42).
- 25
14. Uso de una unidad (10) de adsorción de flujo en U radial de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 para purificar aire eliminando un contaminante seleccionado del grupo constituido por agua, dióxido de carbono, hidrocarburos, y NO_x.

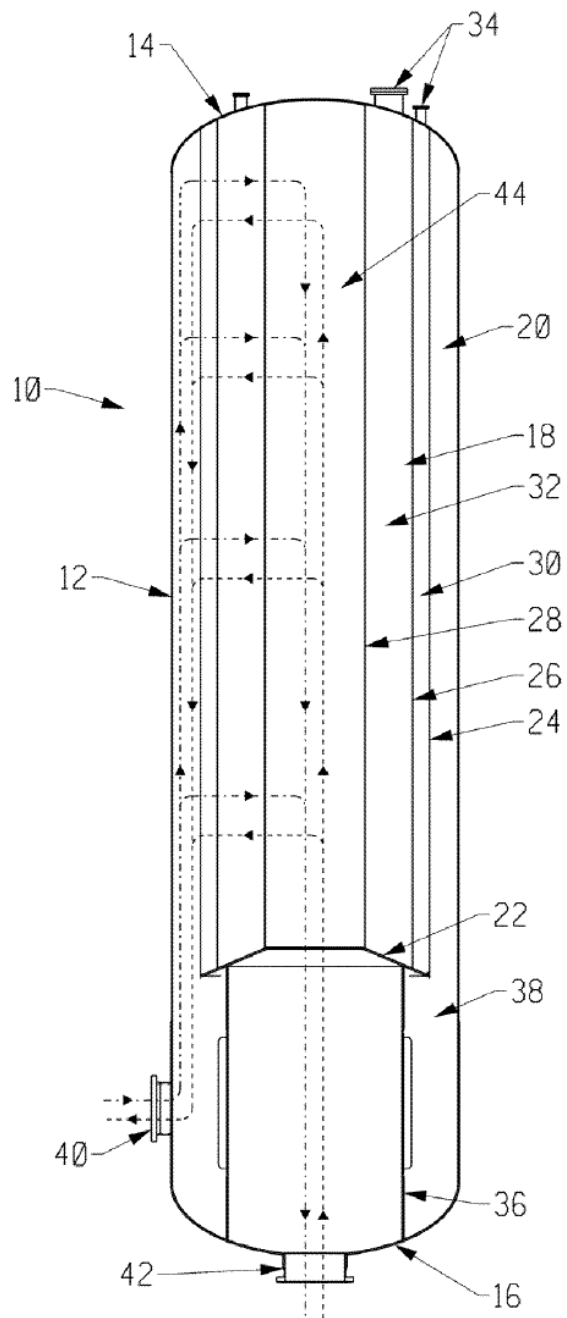


FIG.1

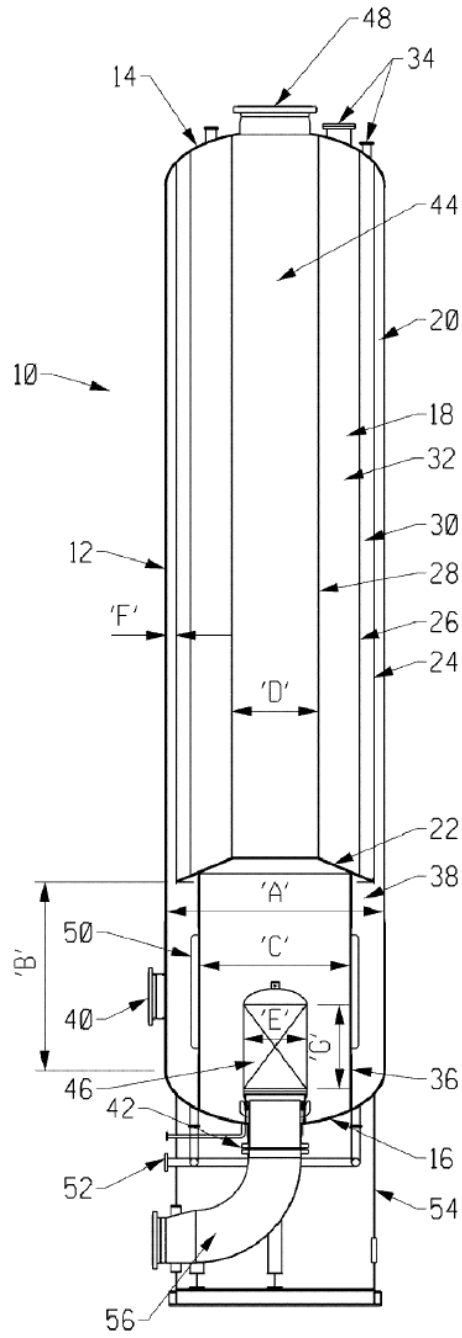


FIG.2

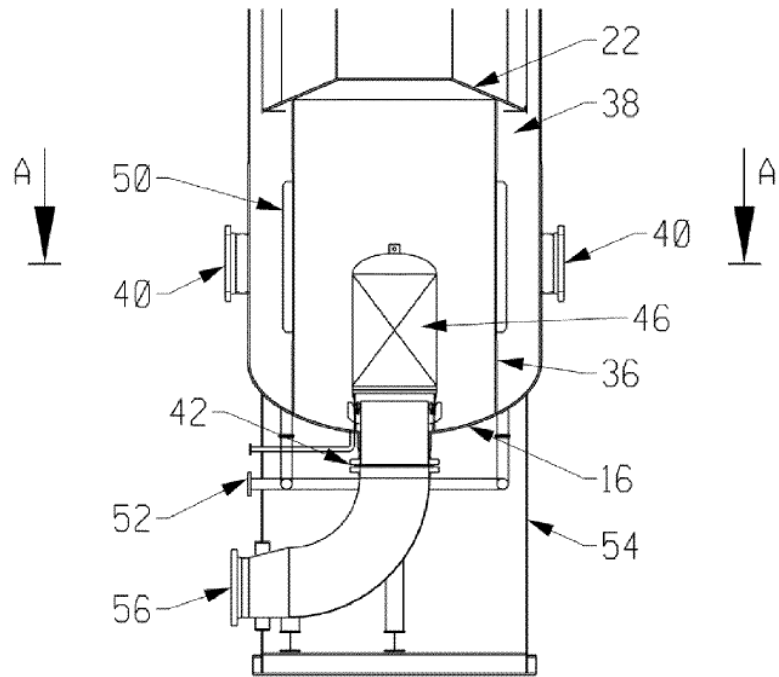


FIG.3

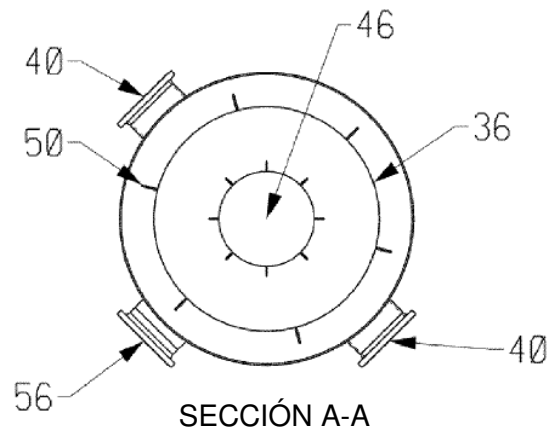


FIG.4

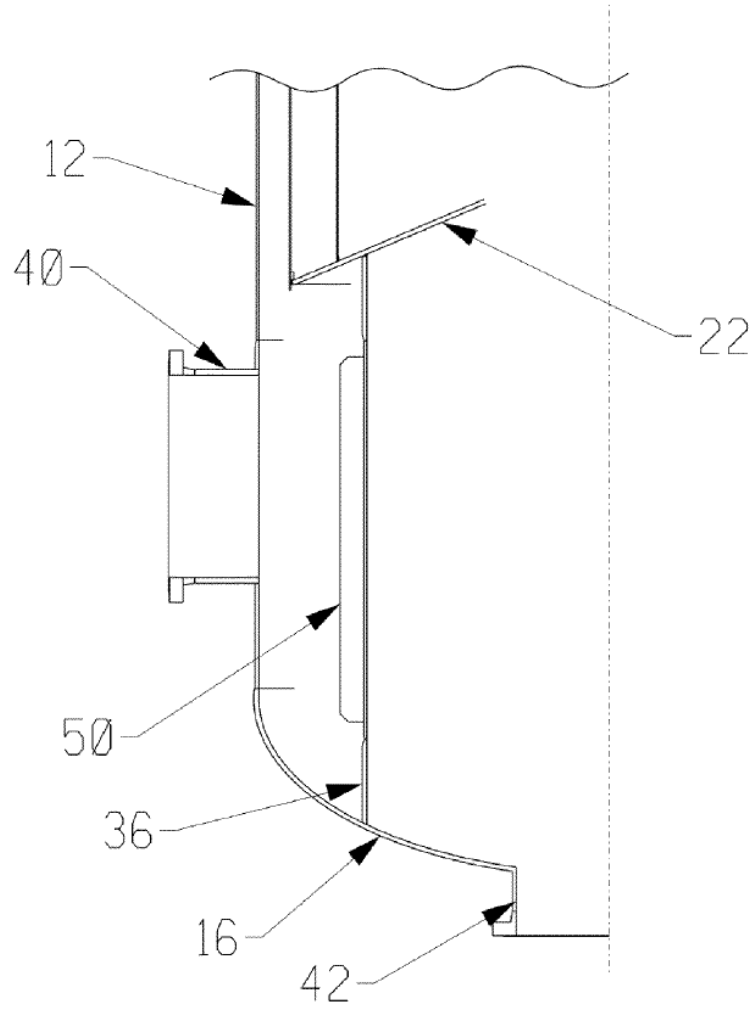


FIG.5

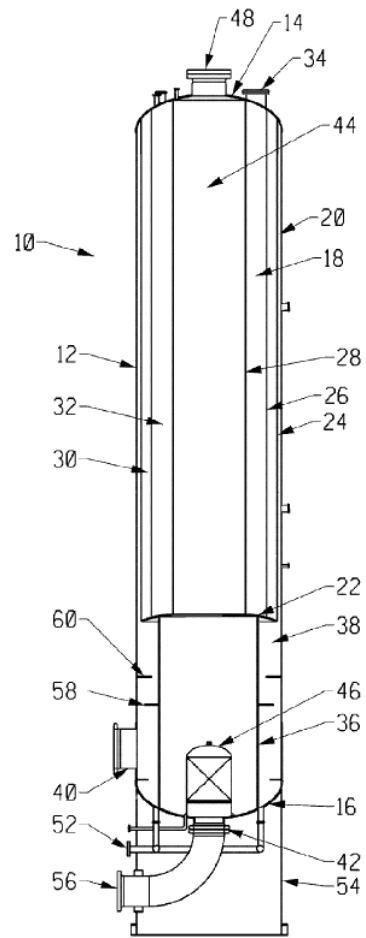


FIG. 6

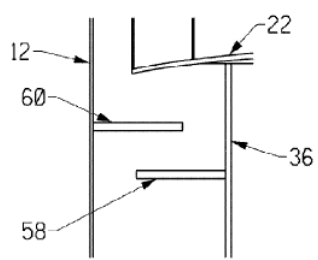


FIG. 7

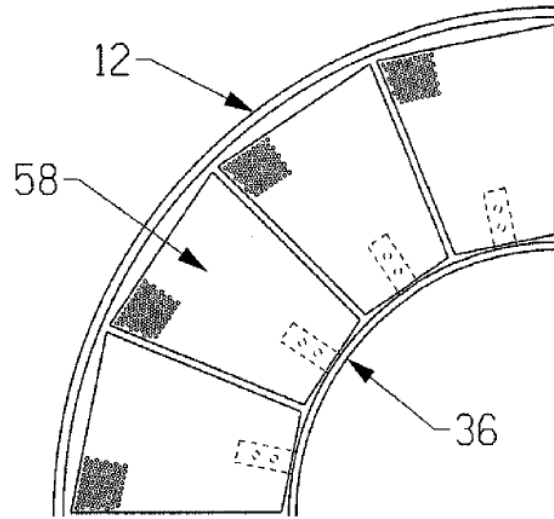


FIG. 8A

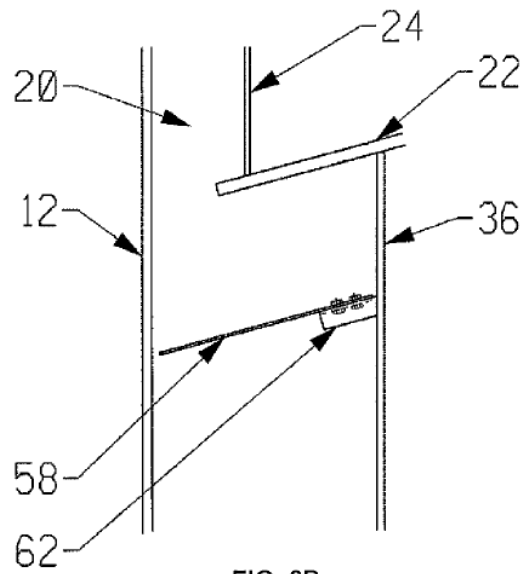


FIG. 8B

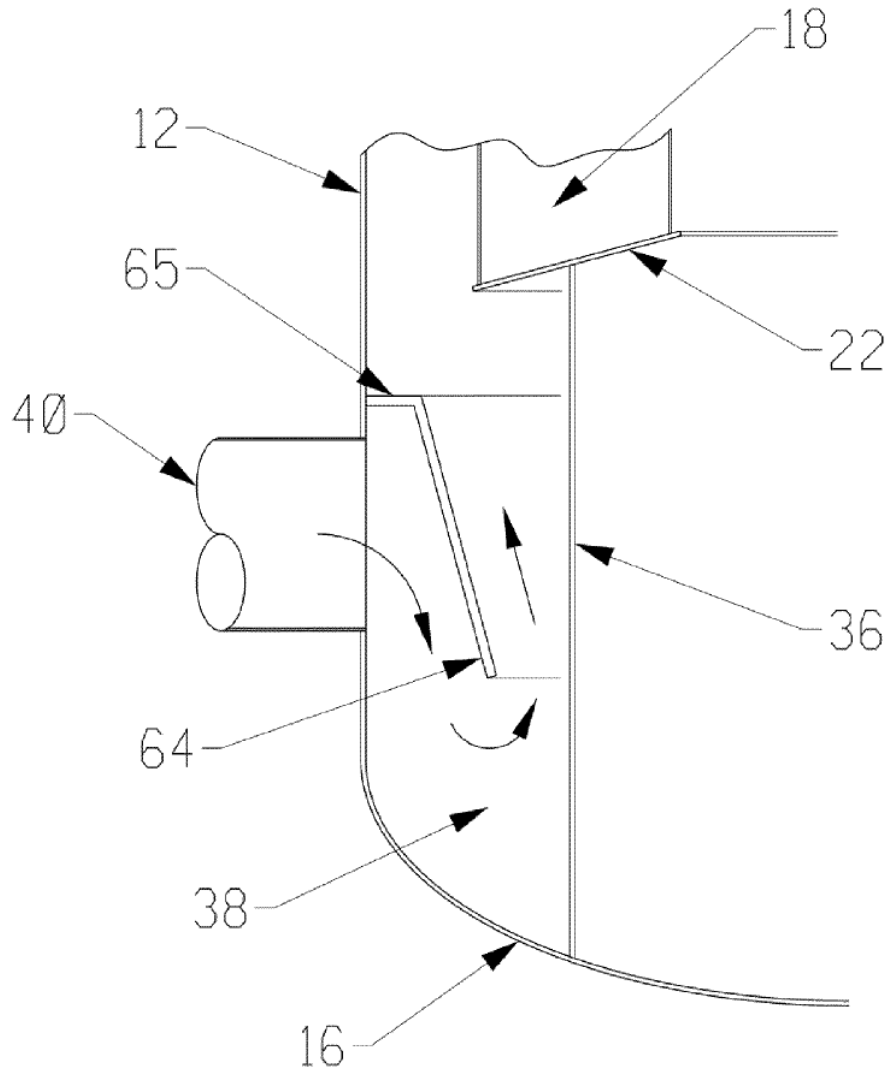


FIG.9

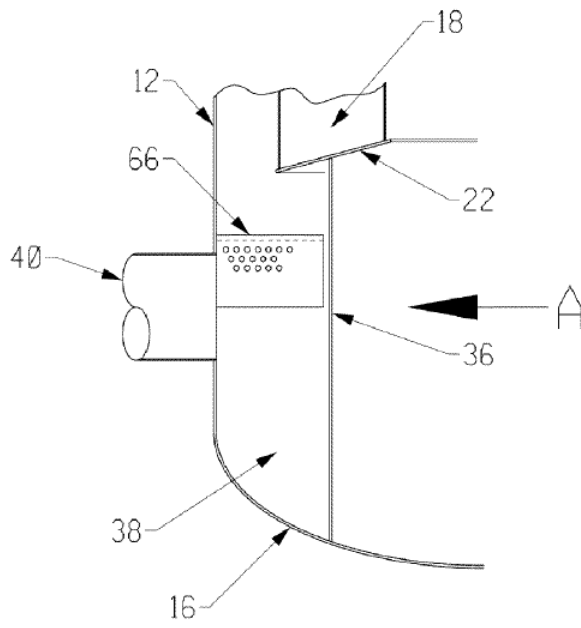
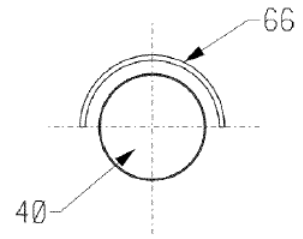


FIG.10A



VISTA SEGÚN LA FLECHA 'A'

FIG.10B

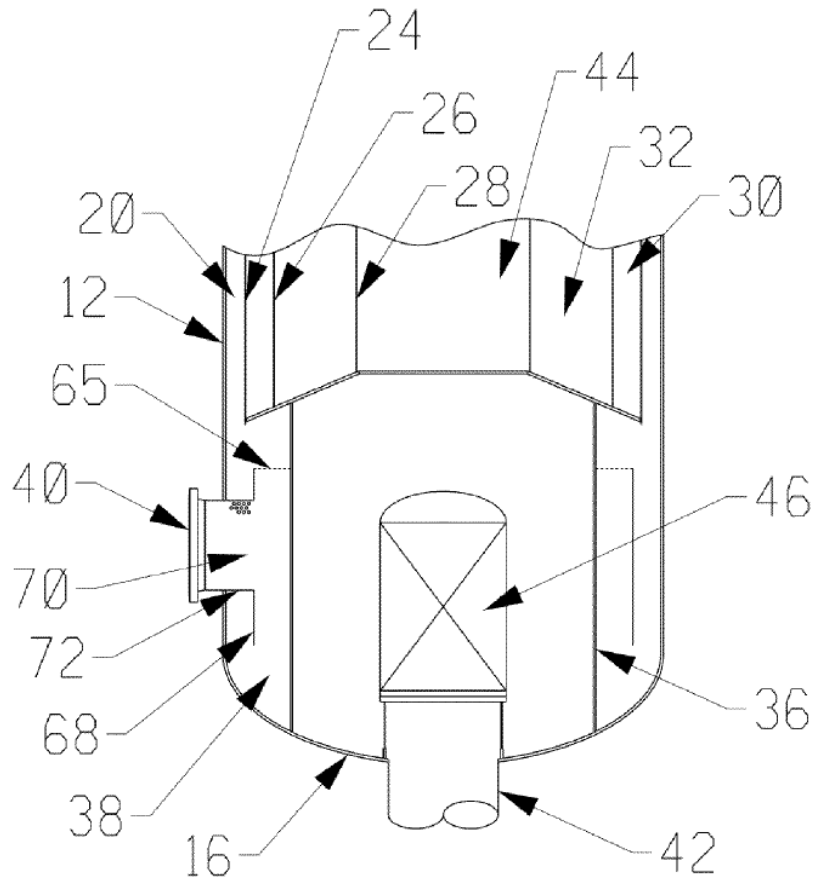


FIG.11

