

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 960 892**

51 Int. Cl.:

**B01J 8/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.06.2020 PCT/EP2020/065157**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2020 WO20245092**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2020 E 20729075 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2023 EP 3980171**

54 Título: **Dispositivo para la distribución de gas en un recipiente de tratamiento de gas que comprende un material particular**

30 Prioridad:

**07.06.2019 FR 1906107**

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

**07.03.2024**

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR  
L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS  
GEORGES CLAUDE (100.0%)**

**75 quai d'Orsay  
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**SUN, LIAN-MING;  
MONEREAU, CHRISTIAN y  
DEMAR, GREGORY**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 960 892 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

Dispositivo para la distribución de gas en un recipiente de tratamiento de gas que comprende un material particular

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de distribución de gas en un recipiente de tratamiento de gas que comprende un primer material particular. Este dispositivo de distribución permite mantener en su lugar el medio particular sometido a la gravedad y a las presiones resultantes de los movimientos del fluido y, por otra parte, participar en la buena distribución de este fluido a través de toda la sección del recipiente.

10 En las instalaciones industriales, es habitual utilizar recipientes cilíndricos de eje vertical que contienen un material activo, catalizador o adsorbente, para el tratamiento de fluidos gaseosos. En el primer caso, se trata de reactores, y en el segundo caso de adsorbentes.

15 El problema de mantener el material reactivo y la distribución homogénea del fluido a través del mismo ha sido objeto de un gran número de publicaciones que describen diversas soluciones. Entre los puntos a resolver para disponer de un sistema fiable y eficaz se encuentra, por supuesto, la resistencia mecánica del propio soporte, su fijación en el adsorbedor, los riesgos de presiones mecánicas locales demasiado fuertes, la toma en cuenta de las exigencias térmicas, los riesgos de corrosión local debido a obstáculos al flujo o a puntos de estancamiento, la presencia de líquido, los problemas relacionados con la estanqueidad del sistema con respecto a las partículas, los riesgos de taponamiento, etc. En el lado de la distribución, se pueden citar los riesgos de exceso o insuficiencia de caudal relacionados a la geometría del sistema, pudiendo las sobrevelocidades locales provocar fenómenos de erosión o de desgaste de partículas, etc. También se puede constatar el efecto negativo en un buen número de procedimientos, en particular en el caso de procedimientos cíclicos como los procedimientos de separación o de depuración por adsorción del tipo TSA y PSA en el sentido más amplio del término, del volumen libre que queda al fluido bajo la materia activa (volumen muerto) que, por lo tanto, será minimizado. A esto, se puede añadir la toma en cuenta de los riesgos relacionados con incidencias en el procedimiento, tales como una presurización o una despresurización demasiado rápida, que pueden provocar un exceso importante de presiones con respecto al funcionamiento normal. Cabe señalar que en las soluciones existentes no se conserva la integridad mecánica del fondo inferior y que, en cambio, se propone soldar el distribuidor al fondo (el hecho de soldar el distribuidor al fondo permite solidarizarlo a este último y evitar así cualquier movimiento relativo, pase lo que pase). Por integridad mecánica del fondo, se entiende significar aquí que el fondo no comprende en este caso, ninguna soldadura ni ningún mecanizado (ranurado, perforación, etc.) al menos en la zona de contacto entre el dispositivo de distribución y el fondo, y preferentemente sobre la totalidad del fondo comprendida entre su unión con la virola y su unión con la tobera de salida. En efecto, una soldadura o un mecanizado en esta zona de contacto puede provocar problemas metalúrgicos tales como grietas debido en particular a la fatiga relacionada con los ciclos de presión o de temperatura, con, por ejemplo, una presión elevada superior a 50 bar abs, y una presión baja de unos pocos bar, o una temperatura máxima superior a 300°C, mientras que para otras etapas la temperatura de funcionamiento será próxima de la ambiente. Ciertas unidades de tipo TSA pueden combinar estos dos efectos de la fatiga metalúrgica mediante ciclos de presión y temperatura. Los documentos US-A-5 779 773 y EP-A-0 719 578 describen recipientes de tratamiento de gas.

40 A partir de ahí, un problema que se plantea es proporcionar un dispositivo de distribución que permite una distribución homogénea del gas manteniendo al mismo tiempo el material activo y preservando la integridad mecánica del fondo inferior.

45 Una solución de la presente invención es un recipiente de tratamiento de gases de forma cilíndrica con un eje vertical que comprende una virola cilíndrica con un eje vertical, un fondo superior, un fondo inferior, un orificio de entrada, un orificio de salida, un dispositivo para la distribución de gas y un primer material particular, estando fijado el dispositivo de distribución en dicho recipiente frente al orificio de entrada o de salida de gas que desemboca en el fondo inferior, comprendiendo el dispositivo de distribución:

- 50
- una tapa permeable a los gases, que cubre dicho orificio y que comprende una pared cuya base es de forma esencialmente circular, estando dispuesta la tapa para estar en contacto sin soldadura con el fondo inferior y teniendo un diámetro mayor o igual a un tercio del diámetro del recipiente,
  - 55 • un segundo material particular de diámetro equivalente De mayor o igual a 10 mm y mayor que las dimensiones de las aberturas de la tapa, estando alojado el segundo material particular alrededor de la tapa al menos hasta una altura que corresponde al extremo superior de la tapa, y
  - medio para centrar la tapa por encima del orificio de entrada o de salida, fijado a la tubería que se conecta al orificio.
- 60

Por tapa, se entiende aquí un sistema rígido que genera un volumen libre alrededor del orificio que cubre. En el caso general, estando el fondo del recipiente abombado (fondo semiesférico, fondo elíptico, fondo plano con reborde), la tapa tendrá una concavidad opuesta a la del fondo del recipiente. Se trata de un sistema tridimensional (3D) que

excluye cualquier dispositivo plano, de tipo disco, por razones de resistencia mecánica. Este punto se retoma más adelante.

Por base, "de forma esencialmente circular", se entiende significar en primer lugar que la tapa tendrá preferentemente una forma simétrica axial, siendo su eje coincidente en la gran mayoría de los casos con el del recipiente y con el del orificio. Esta geometría se escogerá preferentemente por razones de mejor resistencia mecánica y simplicidad de realización. A continuación, se dan los ejemplos más habituales de este tipo de tapa. La intersección de una forma simétrica axial con el fondo del recipiente es teóricamente un círculo siempre que coincidan sus respectivos ejes de simetría. El término "esencialmente" circular pretende abarcar

- por un lado, las desviaciones de la idealidad geométrica debidas a las tolerancias de fabricación del dispositivo de distribución, de la virola del recipiente, del fondo, así como la alineación no perfecta de los ejes del recipiente, del orificio y de dicho sistema de distribución.

- Por otro lado, existen casos muy particulares en los que la tapa tendría una sección ligeramente elipsoidal (relacionada por ejemplo a la presencia, junto a la tobera de entrada/salida, de un purgador que se quiere alojar en el dispositivo). Tales particularidades no se describen aquí, pero permanecen dentro del espíritu de la invención siempre que se tenga cuidado de conservar la integridad mecánica del fondo del adsorbedor.

Cuando se especifica que la base está en contacto con el fondo, se quiere indicar que existe un contacto efectivo entre los dos equipos de modo que el dispositivo de distribución está en apoyo estable sobre el fondo.

De manera sorprendente y al contrario de la técnica anterior conocida, la ausencia de soldadura no tiene ningún impacto perceptible sobre la inmovilización de la tapa con respecto al fondo, a pesar de los esfuerzos de presión, de temperatura y de la circulación del fluido (la inmovilización está asegurada por el medio de centrado combinado con el peso del material particular). La invención permite limitar los riesgos de aparición de grietas a nivel de la zona de contacto entre la tapa y el fondo inferior. En efecto, una soldadura puede constituir localmente una zona específica con propiedades particulares relacionadas en particular a sopladuras (burbujas de gas atrapadas en el metal) o a inclusiones (fragmentos de óxidos), o a oquedades (modificaciones locales debidas a un exceso de energía durante la soldadura), etc... Estas zonas específicas, combinadas por un lado con el efecto denominado de "fatiga" (variaciones relacionadas con el cambio de presión y/o de temperatura de un PSA o de un TSA), y por otro lado con el efecto denominado de "debilitación por hidrógeno" (el hidrógeno debilita el metal), puede provocar la aparición de grietas.

Según el caso, el dispositivo según la invención puede presentar una o varias de las características siguientes:

- el recipiente comprende dos tuberías conectadas respectivamente al fondo superior y al fondo inferior, preferiblemente por medio de, al menos para la tubería conectada al fondo inferior, una pieza de unión soldada en ambos lados al fondo inferior y a la tubería.

- el diámetro interno de la virola está comprendido entre 0,5 m y 6 m.

- la tapa tiene una pared cuya base tiene un diámetro mayor o igual a la mitad del diámetro del recipiente.

- el segundo material particular tiene un diámetro equivalente De mayor o igual a 25 mm.

- el segundo material particular se aloja por encima de la tapa al menos hasta una altura mayor o igual a la altura de la tapa más 50 mm.

- El segundo material particular puede ser idéntico al primer material particular siempre que este último tenga un diámetro equivalente de al menos 10 mm.

- la tapa tiene forma cónica, o bien tiene forma de cabeza esférica, o bien tiene forma de cono truncado con la cara orientada hacia el orificio de entrada o de salida esencialmente horizontal, o bien tiene forma cilíndrica con la cara orientada hacia el orificio de o de salida esencialmente horizontal;

- la tapa tiene una pared cuya base se ha mecanizado de manera que el contacto entre la tapa y el fondo inferior del recipiente no sea puntual;

- El contacto entre la tapa y el fondo se produce en al menos 50% de la longitud de la base de la tapa, preferentemente en al menos 80% y aún más preferentemente en 95% de esta longitud.

5 Se asegura maximizar la superficie de apoyo de la tapa en el fondo de manera a limitar las tensiones mecánicas. Generalmente, no será igual a 100% debido a juegos locales que pueden resultar de tolerancias de fabricación o creados deliberadamente para la evacuación de eventuales polvos o líquidos. Se podría insertar una junta ligeramente elástica entre el borde de la tapa y el fondo, pero esta disposición que introduce un elemento adicional sólo se mantendría a priori en caso de tolerancias excesivas.

- la tapa tiene un porcentaje de calado variable con un porcentaje que puede variar entre 0 y 60% según la ubicación sobre la tapa, o un tipo constante elegido entre 5 y 40%.

15 Por porcentaje de perforación constante, se quiere significar que toda la superficie de la tapa, con la eventual excepción de la banda inferior que asegurará el contacto con el fondo, se perfora con el mismo porcentaje de vacío, por ejemplo 35%. A la inversa, se puede adaptar el porcentaje de perforación según la geometría, perforando sólo 5% de la sección que mira hacia la abertura y hasta 60% la parte próxima a la base. Unos cálculos de mecánica de fluidos permiten ensayar diferentes enfoques. La elección es generalmente un compromiso entre rendimiento y complejidad.

- la tapa está cubierta con una malla metálica que consiste preferentemente en una rejilla rematada con una tela metálica flexible permeable a los gases; elevándose dicho tejido preferiblemente sobre el fondo, en una longitud del orden de 10 a 50 mm en vista a garantizar a este nivel una estanqueidad con respecto a partículas de dimensión superior de unos pocos cientos de micrómetros.

- el medio de centrado está constituido de una varilla cuyo extremo superior se fija a la tapa y de un medio para sujetar dicha varilla en el centro de la tubería;

- dicho dispositivo comprende un deflector colocado en posición horizontal en el volumen libre comprendido entre la tapa y el fondo inferior del recipiente;

- el deflector tiene una forma circular y un diámetro  $D_d$  mayor o igual al diámetro del orificio de entrada o de salida;

- dicho dispositivo comprende un espacio libre entre el deflector y la tapa; el deflector puede eventualmente tener, al menos localmente, aberturas que permiten el paso del fluido hacia el volumen libre situado por encima del mismo.

La invención tiene también por objeto una unidad de depuración o de separación de gases por adsorción del tipo PSA o TSA que comprende al menos un adsorbedor que utiliza un recipiente tal como se describe anteriormente.

40 La invención se describirá ahora con más detalle con la ayuda de las figuras.

La [Fig. 1a] tiene como objetivo explicar cómo se modifica la disposición del equipo descrito en el documento FR 2 750 617, y las ventajas resultantes. La [Fig. 1b] precisa qué dimensiones ( $D_r$ ,  $D_d$ ,  $D_e$ ,  $D_t$ ) se utilizan en la descripción. Con respecto a la Figura 1.a, el lado izquierdo del esquema corresponde a la técnica anterior, y el derecho a la solución aquí propuesta. Un recipiente 1 comprende una virola cilíndrica 2 y en la parte baja un fondo inferior 3, de tipo elíptico en este ejemplo. Una tobera de entrada/salida 4 está posicionada en la parte inferior del fondo. En la solución de la técnica anterior, un distribuidor 110 troncocónico está coronado por una rejilla 100 que mantiene por sí misma el medio particular activo 9. El espacio entre el distribuidor 110 y la rejilla de soporte 100 está esencialmente vacío y permite una buena distribución de los flujos incluso con un distribuidor de pequeño diámetro en la base. La rejilla está soldada a la virola o bien soportada por cartelas en apoyo sobre el fondo, no representadas aquí. Es esta rejilla la que soporta las presiones relacionadas al peso del lecho y a los flujos en circulación. El distribuidor 110 sólo está sometido a las fuerzas relacionadas a su paso por el fluido. Sin embargo, es necesario sujetarlo, lo que se lleva a cabo mediante soldadura en el fondo a nivel de su base 130 más o menos alejada de la unión del fondo con la tobera.

55 En comparación, a la derecha, la tapa 4 del soporte de distribución de la solución propuesta tiene una pared lateral mucho más extendida. El diámetro de su sección de base 15, en contacto con el fondo 3, es al menos igual a un tercio del diámetro de la virola y preferiblemente al menos igual a la mitad de este diámetro. El recorrido del gas que sale por los orificios inferiores del distribuidor es sensiblemente más corto que en el caso anterior y es posible llenar el espacio alrededor de la tapa con un segundo material particular 5 al menos hasta su parte superior, o incluso más allá, para ejemplo hasta el punto de tangencia entre el fondo y la virola, como se representa aquí. Es entonces posible colocar por encima capas horizontales de materiales activos 9 (primer material particular). Entre las diferentes capas de materiales particulares, se instalarán, si se considera necesario, telas o rejillas de separación a fin de evitar cualquier mezcla entre capas de naturaleza diferentes. La decisión toma en cuenta las características físicas de los

diferentes materiales (dimensión, densidad, forma) pero también otros aspectos tales como la probabilidad de incidencias (por ejemplo, riesgos de desbordamiento) o los procedimientos de vaciado y llenado (por ejemplo, recuperación de un material sin riesgo de mezcla). Las presiones verticales relacionadas al peso de los materiales y a los flujos circulantes se aplican en parte directamente sobre el fondo, en parte sobre el soporte-distribuidor que las retransmite al fondo vía su superficie de apoyo 15. Cabe señalar que el apoyo se lleva a cabo a lo largo de un diámetro relativamente importante y no de manera puntual como en el caso de cartelas o pies de soporte. El sistema se mantiene naturalmente en su lugar gracias a las partículas 5 del segundo material particular que lo rodea y sólo necesita por seguridad un simple guía de centrado, por ejemplo una varilla 16 sujeta ella misma en el centro de la tobera de entrada/salida 17 mediante un sistema adecuado que no provoca ninguna restricción significativa al paso de los flujos, por ejemplo 3 patas 21 a 120° soldadas a la tubería 18. Las dimensiones escogidas para el dispositivo, a saber, en este ejemplo, un distribuidor troncocónico definido por su sección superior, su base y su altura (o el ángulo del cono) es un compromiso entre la distribución del fluido y la resistencia mecánica del dispositivo. Una base de grande dimensión, por ejemplo, puede favorecer la distribución del gas, pero en detrimento de la resistencia mecánica de la pared lateral. A la inversa, un sistema de tamaño pequeño será mecánicamente resistente, pero impondrá presiones de distribución, tales como el uso de partículas de grande dimensión (50 mm o más) en la parte inferior, y alturas de distribución superiores. Un diámetro de base del distribuidor comprendido entre 1/3 y 2/3 del diámetro del recipiente es un buen enfoque para un primer dimensionamiento cuya finalización resultará económica.

De este modo, el fondo inferior 3 no comprende ninguna soldadura ni ninguna mecanización susceptible de debilitar su resistencia mecánica. En este caso, se dice que conserva su total integridad mecánica.

Este punto ya comentado es particularmente importante ya que muchos de estos recipientes se utilizan en procedimientos muy exigentes desde el punto de vista de la resistencia mecánica. Pueden tratarse de procedimientos de adsorción de tipo PSA en el sentido amplio cubriendo el dominio de presiones que van desde más de 50 bar abs hasta vacío menores de 200 milibares abs, y abarcando lo que habitualmente se denomina PSA, VPSA y VSA; también pueden tratarse de procedimientos de tipo TSA en los que es habitual utilizar temperaturas de regeneración mayores que 200°C. Tratándose de procedimientos cíclicos, los adsorbentes están sometidos permanentemente a variaciones de presión y/o de temperatura que fatigan los materiales utilizados. Una unidad TSA puede superar los 4000 ciclos de temperatura por año, mientras que una unidad PSA puede superar los 500000 ciclos de presión por año. La presencia de humedad, de productos más o menos corrosivos, de gases como el hidrógeno que tienden a difundirse en los aceros agravan estos fenómenos de fatiga. Es bien sabido que las grietas y, más en general, los defectos empiezan entonces en los puntos singulares que son las soldaduras y los diversos mecanizados. El hecho de suprimir todos estos puntos singulares y en particular en los lugares en los que el fondo está sometido a mayores esfuerzos, como las superficies de apoyo, permitirá alargar sustancialmente la vida útil del equipo, usar eventualmente grosores menores, suprimir o espaciar los exámenes periódicos costosos.

Asimismo, numerosos reactores de catálisis están sometidos a presiones muy elevadas (> 50 bar abs) y/o a temperaturas que superan los 300°C. Aquí también la supresión de singularidades como las soldaduras o los mecanizados para respetar la integridad de los fondos puede resultar de gran interés.

El uso de partículas de diámetro equivalente mayor o igual a 10 mm, o incluso a 25 mm, para el segundo material particular, permite que los fluidos circulen fácilmente a través de ellas y se distribuyan por toda la sección del recipiente. Estas partículas serán generalmente partículas de soporte inertes de las que existen varios proveedores especializados, pero también podría ser un material activo escogido con un diámetro especialmente grande. Además de que estas partículas mantienen los lechos de adsorbente o de catalizador colocados encima, disminuyen el volumen libre en el fondo del adsorbedor o del reactor, lo que generalmente es perjudicial para el procedimiento, conduciendo por ejemplo a una disminución del rendimiento de extracción de unidades PSA. Para que conste, el diámetro de las partículas activas (primer material particular), en particular si es un adsorbente, está generalmente en el intervalo que oscila de 5 a 0,5 mm y principalmente entre 3 y 0,7 mm. Un material con tales dimensiones limitaría la distribución radial del fluido hacia la periferia y llevaría a sub-caudales locales.

La separación entre el primer material particular y el segundo material particular se puede llevar a cabo mediante el uso de diferentes granulometrías sucesivas que impiden cualquier interpenetración de las capas o mediante el uso de tela perforada colocada entre capas sucesivas. Este punto, bien conocido por el experto en la técnica, no se desarrollará más aquí.

La [Fig. 1b] muestra un distribuidor de gas según la invención con una relación  $Dd/Dr$  de 0,43, bolas inertes de soporte de 50 mm de diámetro (segundo material particular) que cubren el distribuidor de gas y una guía de centrado fijada a la tobera por 3 patas a 120°, cuyo detalle, en corte horizontal, aparece en el croquis de la derecha. El fondo, aquí de tipo elíptico, está soldado por un lado a la virola y por el otro a la tobera. Ha conservado su integridad mecánica, en particular en la zona de apoyo del soporte de distribución.

Se ha descrito más generalmente tal distribuidor como teniendo una superficie esencialmente horizontal orientada hacia la tobera de entrada/salida y una pared lateral que en apoyo sobre el fondo. En efecto, si un distribuidor de gas troncocónico como el aquí elegido tiene las ventajas de ser simple, estable y de tener un eje de simetría coincidente con el del recipiente y por lo tanto favorable a una buena distribución, otras variantes son por supuesto posibles, como

por ejemplo los troncos piramidales. La cara superior se denomina esencialmente horizontal ya que es la geometría simple habitual usada para un rompe-chorros. Aquí también se pueden utilizar formas un poco más complejas sin cambiar la idea de la invención.

5 Cabe señalar que se utilizan tapas que tienen una concavidad (opuesta a la del fondo), excluyendo, por ejemplo, del alcance de la invención una placa plana circular que se apoyaría también en su extremo periférico sobre el fondo. Tal placa plana perforada tiene una resistencia mecánica mucho menor que las soluciones aquí adoptadas, de forma troncocónica y cabeza esférica. Necesitará generalmente refuerzos, instalados en estrella o en paralelo, lo que dificultará la distribución de fluidos y/o creará presiones locales.

10 Sin embargo, una solución de placa plana es posible para recipientes de pequeño diámetro, o para cargas pequeñas, por ejemplo una fina capa de material activo colocada encima, y pocas presiones relacionadas con la circulación de fluidos. En los otros casos, su resistencia mecánica intrínseca llevaría a grosores y pesos poco realistas. La solución aquí recomendada es más general y más segura tanto por la resistencia mecánica como por la buena distribución de los fluidos.

15 La [Fig. 2a] corresponde a un distribuidor de gas según la invención con una tapa en forma de cabeza esférica en un recipiente 1 que tiene un fondo inferior de tipo semiesférico 3 soldado a la virola 2. La tapa 4 está rematada por bolas inertes 5 con un diámetro de 25 mm hasta alcanzar una sección 6 de aproximadamente 85% de la sección de la virola. Por encima de esta capa se coloca directamente otra capa 7 de bolas inertes con un diámetro de 10 mm, una malla metálica 8 con una abertura de 0,7 mm y después el material activo 9, aquí por ejemplo un adsorbente con una granulometría media de 1,8 mm con menos de 2% en peso de partículas inferiores a 1,0 mm. Cabe señalar que las bolas inertes 5 y 7 constituyen en el presente caso el segundo material particular. De esta forma no hay posible penetración entre las diferentes capas sucesivas salvo eventuales restos (partículas rotas, residuos de soldadura, etc.).

20 La tapa 4 tiene un porcentaje de paso libre constante de aproximadamente 35% creada por agujeros 10 de 10 mm de diámetro. Para que estos agujeros no puedan ser bloqueados al menos parcialmente por las bolas de soporte inertes, se cubren con una rejilla metálica 11 que tiene alambres de un mm de diámetro, ella misma cubierta con una malla metálica flexible 12 que tiene alambres de 0,3 mm. El detalle [Fig. 2b] muestra estos diversos elementos 11, 12 sujetos mediante remaches 13 así como la estanqueidad 14 contra partículas finas en la periferia. Este sistema proporciona seguridad frente a diversos residuos (partículas rotas, fragmentos de soldadura, residuos de amoladura, etc.) que podrían infiltrarse a través de las diferentes capas como se ha mencionado anteriormente y acumularse eventualmente en la zona de apoyo entre el soporte de distribución y el fondo. También permite evitar el taponado de los pasos destinados al eventual flujo de líquidos. Se usará una malla metálica cuya apertura será de unos cientos de micrómetros (de 100 a 500 micrómetros por ejemplo), generalmente no más fina para evitar taponados con polvos.

25 El extremo 15 de la tapa 4 está mecanizado para mejorar el apoyo sobre el fondo inferior 3 y evitar cualquier efecto de perforación. Sin este mecanizado, se tendría a priori solamente un punto de contacto con el fondo que podría generar elevadas presiones locales. Se pueden implementar otras soluciones (junta, almohadilla, etc.) para reducir estas presiones locales siempre que no lleven a realizar soldaduras o mecanizados en el fondo.

30 En este ejemplo, como se muestra en detalle en la [Fig. 2c] la varilla del medio de centrado 16 que permite centrar la tapa 4 está sujeta en el eje de la tubería 17 y del recipiente 1 mediante un travesaño de 4 brazos 18 soldado a un diámetro interno de la tubería.

35 Como se indicó inicialmente, se dan aquí a modo de ejemplo un cierto número de dimensiones o detalles de realización, no limitándose la invención a sus indicaciones particulares.

40 Con tal disposición, el fondo del recipiente conserva su total integridad mecánica, lo que es el objeto principal de la invención. Como se ha indicado anteriormente, el hecho de conservar la integridad mecánica del fondo tiene varias ventajas, entre ellas, en particular, de poder utilizar grosores de material más bajos. En estas condiciones, la unión entre el fondo y la tubería puede convertirse en el punto débil del sistema. Para condiciones de funcionamiento limitantes (ciclos de presión y/o de temperatura), puede ser adecuado, como se representa en la [Fig. 3], para mejorar esta unión utilizando una pieza de unión 3 soldada por un lado al fondo 3 del recipiente cuya abertura inferior se ha ampliado con respecto al diámetro  $D_t$  de la tubería 17, y, por otro lado, en su parte vertical a la tubería. La [Fig. 3] muestra el principio de esta disposición. Cabe señalar que la soldadura 40 entre la parte inferior del fondo y la pieza de unión no se encuentra en la zona de apoyo entre la tapa 4 y el fondo 3. Se respetará una distancia mínima de 20 mm y preferiblemente de al menos 50 mm. El medio de centrado 16, no representado en su totalidad, podrá ser solidario de la pieza de unión, por ejemplo a nivel de su corona interna 19.

45 Esta pieza de unión se lleva a cabo preferentemente de acero forjado a fin de maximizar la resistencia mecánica.

50 En la práctica, la soldadura 4 entre el fondo y la pieza de unión se lleva a cabo a lo largo de un diámetro  $D_j$ , estando comprendido generalmente  $D_j$ , según las dimensiones respectivas de la tobera, del fondo y del recipiente, entre 1,2  $D_t$  y 4  $D_t$ , siendo  $D_t$  el diámetro interno de dicha tobera.

Para diámetros de virola de recipiente grandes, digamos superiores a 1,5 o 2,0 metros, el sistema descrito hasta ahora puede conducir a un déficit de fluido en la periferia de la virola, al menos al comienzo de la zona de material activo. Este sub-caudal, incluso localizado, puede ser desfavorable para obtener rendimientos óptimos en determinados procedimientos. Este eventual defecto se puede corregir utilizando un deflector colocado en el volumen libre comprendido entre el fondo del recipiente y la tapa, en línea con la tobera de entrada/salida. Dicho deflector es preferentemente circular y su diámetro máximo  $D_d$  es tal que es igual o mayor que el diámetro interno de la tobera  $D_t$ , y deja un espacio libre para el gas en su periferia. Este espacio da la posibilidad de que el fluido suministre el volumen libre situado por encima del deflector. En el resto de la descripción, se ha escogido un deflector simple en forma de disco. Por supuesto, son posibles otras geometrías para este deflector, como por ejemplo una forma de V invertida, como sistemas de tipo difusor de aire acondicionado que separan el fluido en varias zonas de flujo sucesivas, u otras geometrías conocidas más o menos complejas. Dicho deflector puede presentar eventualmente, al menos localmente, aberturas, por ejemplo una serie de orificios que conducen a una porcentaje de calado de 5 a 10%, permitiendo el paso directo del fluido hacia el volumen libre superior.

Este deflector, al estar sujeto únicamente a las presiones relacionadas a la circulación de fluidos, puede mantenerse en su lugar mediante soportes que se apoyan en el fondo y/o en la pieza de unión. Estos soportes, no soldados en el fondo, pueden tener diferentes formas.

Preferiblemente se usarán 3 paneles a  $120^\circ$  o dos paneles que se cruzan ortogonalmente y se unen entre sí por una altura común central, y forman una especie de travesaño. El deflector se fija entonces horizontalmente, atornillado por ejemplo ortogonalmente a los paneles y por lo tanto al eje del recipiente y a su tobera de entrada/salida inferior. Más preferiblemente, parte de estos paneles verticales descenderá en la tobera o en la parte inferior de la pieza de unión en la que quedarán bloqueados (soldadura, resalte o cualquier otro medio adecuado). Cabe señalar que, aquí también, no se lleva a cabo soldadura ni mecanizado en el fondo inferior del recipiente.

Siendo coincidente el eje central de los paneles que soportan el deflector con el eje del recipiente, también lo es con el eje de la guía de centrado del soporte-distribuidor. Esta guía puede servir por lo tanto para centrar tanto para los paneles como para el deflector.

Para aclarar la presente descripción, se proporciona como ejemplo de realización en la [Fig. 4] una posible disposición del sistema que comprende el soporte-distribuidor y el deflector. El fondo inferior 3, semiesférico en este ejemplo, está hecho solidario de la tobera de entrada/salida 17 por medio de la pieza de unión 30 de acero forjado. Estos elementos están unidos mediante soldaduras circulares 40 y 50.

Para mayor claridad, las bolas de soporte inertes (segundo material particular) solo se muestran localmente 5, el primer material particular situado por encima no se ha representado, al igual que la rejilla que cubre la tapa 4. El deflector en forma de disco 70 situado en línea de la tobera se sujeta mediante 4 piezas de chapa metálicas 80 cortadas para que se apoyen en la ranura de la pieza de unión y se deslicen en la parte inferior en la corona 19 que tiene un ligero estrechamiento del diámetro interno de la pieza de unión.

La varilla 16 (medio de centrado) permite centrar la tapa cuando se coloca y mantenerla en esta posición. Las chapas metálicas 80 que soportan el deflector 70 están fijadas a esta varilla; gracias a tal disposición, se encuentra por realización en el eje del recipiente. La pieza 20, no descrita hasta ahora, es un pequeño tubo cilíndrico que se apoya sobre el deflector y cuya longitud es tal que deja un espacio, digamos de 5 a 10 mm, entre su extremo superior y la tapa. Este tubo sólo tiene una función de seguridad en casos de funcionamientos anormales. Limitaría la eventual elevación del deflector o absorbería parte de los esfuerzos en caso de tensiones anormales aplicadas de arriba a abajo sobre la cabeza esférica.

Es preferible efectuar el dimensionamiento detallado del sistema recurriendo a un software de mecánica de fluidos, al menos inicialmente, para determinar la elección de los parámetros principales en función de los diámetros respectivos de la virola del recipiente y de la tobera de entrada/salida, del tipo de fondo (elíptico, plano, semicilíndrico, etc.), la calidad de la distribución deseada. En efecto, se concibe que, sin precauciones particulares, en particular en ausencia de un deflector, la parte central del recipiente, situada en línea de la tobera de entrada/salida, vería, de por su posición, un sobre-caudal con respecto al caudal medio y que, por el contrario, la zona periférica estaría en sub-caudal. Como se ha visto, se dispone de varios medios disponibles para remediar estos problemas. El porcentaje de perforación de la tapa puede ser variable, menor en su parte central que hacia la periferia. La función del deflector es orientar el flujo horizontalmente a fin de dirigirlo hacia la periferia. No obstante, puede estar ligeramente perforado para no reducir demasiado el flujo en el eje del recipiente. Se ha visto que las bolas de soporte inertes (segundo material particular) tenían al mismo tiempo como objetivo mantener el material activo (primer material particular) y reducir el volumen muerto entre la tapa y el lecho de material activo. Aunque el porcentaje de vacíos es, como primera buena aproximación, independiente del diámetro de las bolas (y del orden de 35%), se escogerán bolas -o partículas- de un diámetro suficientemente alto como para crear sólo unas pocas pérdidas de carga. Además de que estos últimos suelen ser desfavorables para los procedimientos, las pérdidas de carga elevadas ralentizarían la difusión de los fluidos hacia la periferia. Por otra parte, se concibe que la utilización de partículas de mayor tamaño hace más delicado el apilamiento de capas sucesivas, en particular la estanqueidad con respecto a partículas más pequeñas. Se utilizan generalmente partículas con un diámetro equivalente de 25 mm (1") o de 50 mm (2"). El diámetro de la tapa, su

posición con respecto al fondo, la posición y dimensión del deflector, los porcentajes de perforación, etc. tienen también un papel importante en la distribución, y todos estos parámetros deben escogerse con pleno conocimiento de causa (experiencia, simulación, cálculos de pérdidas de carga, etc.).

5 En el caso de nuestro ejemplo, el diámetro de la esfera que corresponde a la tapa es aproximadamente igual al diámetro de la virola. Generalmente, estará entre 75 y 125% de este diámetro. Su circunferencia de soporte tiene un diámetro de aproximadamente 70% del de la virola del recipiente. Este valor estará generalmente comprendido entre 33 y 80%, preferiblemente entre 50 y 70%.

10 La tapa es aquí en gran medida perforada con un porcentaje de vacío del orden de 35% constante. Un porcentaje elevado favorece la distribución, especialmente hacia la periferia. Por el contrario, debilita la resistencia mecánica, y es necesario encontrar un compromiso. En ausencia de deflector, este porcentaje sería variable, del orden de 5% en el centro y de 40% en la periferia de la cabeza.

15 El deflector se sitúa aproximadamente a 70% de la altura disponible entre el extremo bajo del fondo inferior y el extremo alto de la tapa. El disco tiene un diámetro igual a 2,5 veces el de la tobera, dejando una sección libre suficiente entre su extremo y la cabeza esférica. La posición del deflector (altura, diámetro) depende en gran medida del tipo de fondo y de la geometría escogida para el soporte-distribuidor. Un esquema a escala permite una buena inicialización de las dimensiones que se deben conservar, pudiendo un cálculo de mecánica de fluidos optimizar, como ya se ha dicho, si es necesario, dichas dimensiones.

20 Se ha representado las placas 80 de soporte del deflector con orificios 120. Estando dividido el chorro del fluido a la entrada del recipiente en 4 sectores por este soporte, esto permitiría así, en es necesario, un reequilibrio de los flujos. Este podría ser el caso en presencia de un codo a poca distancia de la entrada en el recipiente.

25 Se puede comprobar que la disposición escogida refleja bien las características de la invención, a saber, que el distribuidor de gas comprende por un lado una tapa, instalada de manera que su concavidad sea opuesta a la del fondo del recipiente, cuyo borde inferior circular de diámetro  $D_d$  está en contacto con la pared interior del fondo, y por otro lado un medio de centrado, una varilla de centrado. El fondo del recipiente conserva su total integridad mecánica en las zonas de contacto con la circunferencia de la cabeza en apoyo sobre este fondo. El diámetro de contacto  $D_d$  es mayor o igual a un tercio del diámetro del recipiente. Un segundo material particular de diámetro equivalente  $D_e$  mayor que 10 mm, llena la parte del fondo situada por encima del distribuidor de gas, al menos hasta una altura que corresponde al extremo superior de dicho soporte.

35 La conjunción de estas características en un mismo elemento permite disponer de un sistema al mismo tiempo mecánicamente seguro para soportar el peso de los materiales y las tensiones relacionadas a la circulación de los fluidos y favorable para obtener rendimientos óptimos vía la buena distribución de los fluidos y la reducción de volúmenes muertos.

40 Además, la presente invención tiene finalmente por objeto una unidad de depuración o separación de gases por adsorción de tipo PSA o TSA que comprende al menos un adsorbedor que usa un dispositivo de distribución de gas según la invención.

45 El procedimiento de tipo TSA (temperature swing adsorption = adsorción por variación de temperatura) será, por ejemplo, una depuración del gas de síntesis antes de una separación criogénica, de gas natural, procedimientos que funcionan generalmente bajo presión (> 30 bar) con una temperatura de regeneración elevada (200°C).

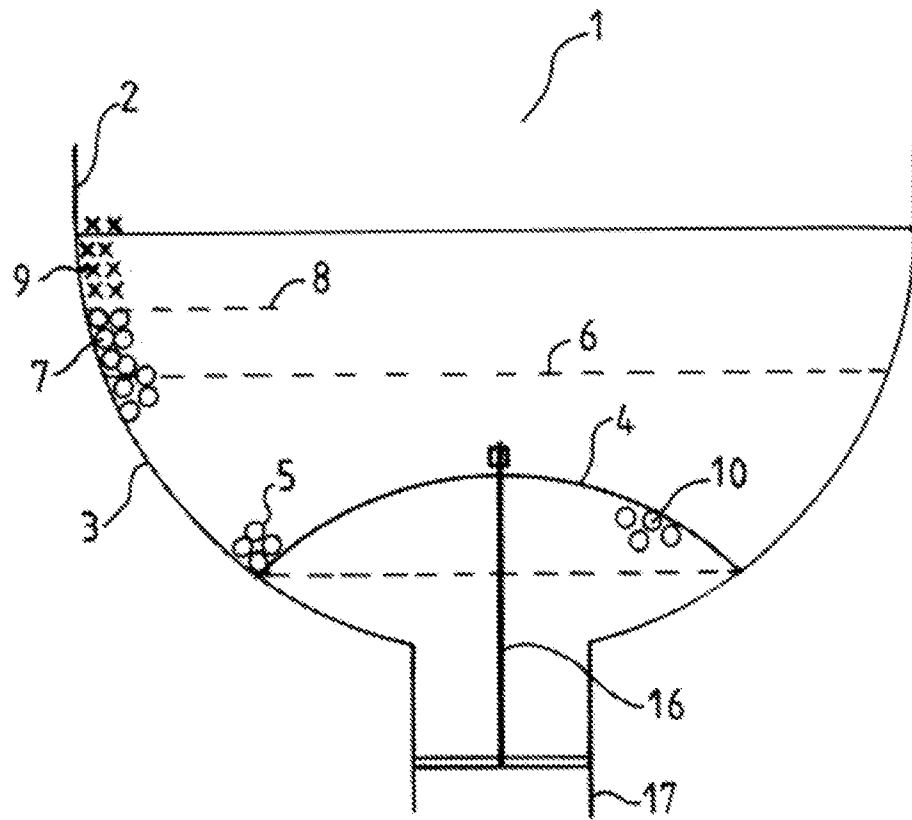
50 En el caso de un procedimiento de tipo PSA (pressure swing adsorption = adsorción por variación de presión), la fatiga mecánica del equipo aparecerá por variaciones rápidas de presión (PSA H2, VSA O2, VPSA O2, etc.).

**REIVINDICACIONES**

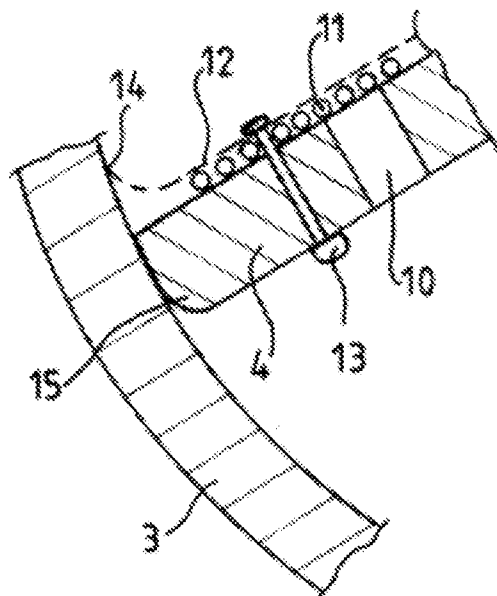
1. Recipiente (1) de tratamiento de gases de forma cilíndrica con un eje vertical que comprende una virola cilíndrica con un eje vertical, un fondo superior, un fondo inferior (3), un orificio de entrada, un orificio de salida, un dispositivo para la distribución de gas y un primer material particular (9), estando fijado el dispositivo de distribución en dicho recipiente (1) frente al orificio de entrada o de salida de gas que desemboca en el fondo inferior (3), comprendiendo el dispositivo de distribución:
- una tapa (4) permeable a los gases, que cubre dicho orificio y que comprende una pared cuya base es de forma esencialmente circular, estando dispuesta la tapa (4) para estar en contacto (15) sin soldadura con el fondo inferior (3) y teniendo un diámetro mayor o igual a un tercio del diámetro del recipiente,
  - un segundo material particular (5) de diámetro equivalente De mayor o igual a 10 mm y mayor que las dimensiones de las aberturas de la tapa (4), estando alojado el segundo material particular (5) alrededor de la tapa al menos hasta una altura que corresponde al extremo superior de la tapa (4), y
  - medio para centrar (16) la tapa por encima del orificio de entrada o de salida, fijado a la tubería (17) que se conecta al orificio.
2. Recipiente (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que la tapa (4) tiene una pared cuya base tiene un diámetro mayor o igual a la mitad del diámetro del recipiente (1).
3. Recipiente (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que el segundo material particular (5) tiene un diámetro equivalente De mayor o igual a 25 mm.
4. Recipiente (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el segundo material particular (5) se aloja por encima de la tapa al menos hasta una altura mayor o igual a la altura de la tapa más 50 mm.
5. Recipiente (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la tapa es:
- bien en forma de cono,
  - o bien en forma de cabeza esférica,
  - o bien en forma de un tronco de cono con la cara orientada hacia el orificio de entrada o de salida sustancialmente horizontal,
  - o bien en forma de cilindro con la cara orientada hacia el orificio de entrada o de salida sustancialmente horizontal.
6. Recipiente (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la tapa (4) tiene una pared, cuya base se ha mecanizado de manera que el contacto (15) entre la tapa (4) y el fondo inferior (3) no sea puntual.
7. Recipiente (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el contacto (15) entre la tapa (4) y el fondo inferior (3) se efectúa sobre al menos 50% de la longitud de la base de la tapa, preferiblemente sobre al menos 80% y más preferiblemente sobre más de 95% de esta longitud.
8. Recipiente (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que la tapa (4) tiene:
- un porcentaje de calado variable con un porcentaje que puede variar entre 0 y 60% según la ubicación en la tapa, o
  - un porcentaje constante escogido entre 5 y 40%.
9. Recipiente (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que la tapa está recubierta por una malla metálica constituida preferentemente por una rejilla (11) rematada por una tela metálica flexible (12) permeable a los gases.
10. Recipiente (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que el medio de centrado (16) está constituido por una varilla cuyo extremo superior está fijado a la tapa (4), y por un medio para sujetar dicha varilla en el centro de la tubería.
11. Recipiente (1) según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que dicho dispositivo comprende un deflector (70) colocado en posición horizontal en el volumen libre comprendido entre la tapa (4) y el fondo inferior (3) del recipiente.
12. Recipiente (1) según la reivindicación 11, caracterizado por que el deflector (70) tiene una forma circular y con un diámetro Dd mayor o igual al diámetro del orificio de entrada o salida.
13. Recipiente (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 11 y 12, caracterizado por que dicho dispositivo comprende un espacio libre entre el deflector (70) y la tapa (4).
14. Unidad para depurar o separar gases por adsorción de tipo PSA o TSA, que comprende al menos un adsorbedor que utiliza un recipiente (1) según una de las reivindicaciones 1 a 13.



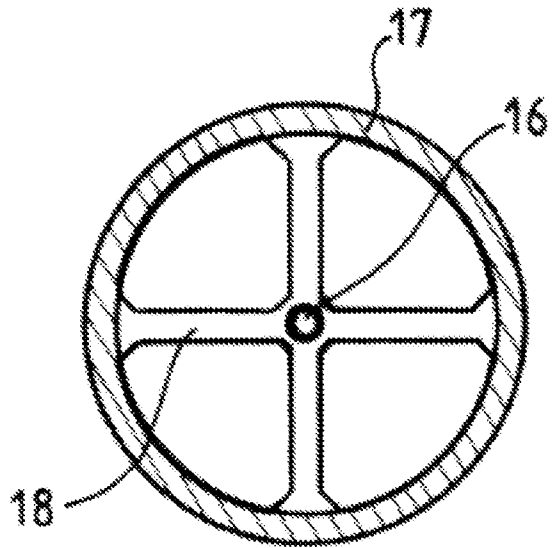
[Fig. 2a]



[Fig. 2b]



[Fig. 2c]



[Fig. 3]

