

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 644 028**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/047** (2006.01)

**B01D 53/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.04.2003 PCT/US2003/09204**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.10.2003 WO03086587**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.04.2003 E 03718064 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 1509312**

54 Título: **Procedimiento y aparato de adsorción por oscilación de presión**

30 Prioridad:

**09.04.2002 US 370702 P**  
**11.10.2002 US 269067**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.11.2017**

73 Titular/es:

**LOMAX, FRANKLIN D. JR.**  
**5649 N. 5TH STREET**  
**ARLINGTON, VA 22205, US**

72 Inventor/es:

**LOMAX, FRANKLIN D. JR. y**  
**STREEKS, MICHAEL, S.**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 644 028 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato de adsorción por oscilación de presión

**Antecedentes de la invención****Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a conjuntos de válvulas para sistemas de adsorción por oscilación de presión.

**Descripción de los antecedentes**

10 La adsorción por oscilación de presión (PSA) es una técnica utilizada para fraccionar mezclas de gases para proporcionar al menos un gas producto purificado y una mezcla subproducto del refinado. La PSA se ha utilizado con éxito para separar el hidrógeno de otros gases, el oxígeno y nitrógeno del aire, el helio de gas natural, entre otros.

15 Los primeros sistemas de PSA utilizan por lo general cuatro recipientes de adsorbente operados en paralelo. Un ejemplo de un sistema de PSA de este tipo se describe en la Patente de Estados Unidos nº. 3.430.418 de Wagner. Posteriores mejoras al procedimiento de Wagner añaden una etapa adicional de igualación de presión al tiempo que conserva cuatro lechos adsorbentes (véase la Patente de Estados Unidos nº. de Batta), y posteriormente se añadieron aún más etapas de igualación de presiones en siete o más lechos (véase la Patente de Estados Unidos nº.3.986.849 de Fuderer *et al.*). Estos aumentos en el número de igualaciones de presión y en el número de recipientes de adsorbente se realizaron para aumentar la recuperación del producto y la productividad del adsorbente. Desafortunadamente, los aumentos en el rendimiento vinieron también acompañados de un aumento coincidente en el número de válvulas necesarias para operar los sistemas. Por ejemplo, el sistema de Wagner utiliza al menos treinta y un válvulas, el sistema de Batta utiliza al menos treinta y tres válvulas, y el sistema de Fuderer *et al.* utiliza al menos cuarenta y cuatro válvulas.

25 El aumento en el número de recipientes de adsorbente y válvulas en los sistemas de PSA aumenta indeseablemente los costes de fabricación y operativos. Se han propuesto muchos ciclos innovadores que economizar el número de lechos y/o válvulas empleadas en los sistemas de PSA. Un ejemplo excelente es de tal sistema se describe en la Patente de Estados Unidos nº. 3.738.087 de McCombs, así como un procedimiento posterior que se describe en la Patente de Estados Unidos nº. 4.194.890 de McCombs. Estas patentes describen sistemas de PSA con tan solo dos recipientes de adsorbente; sin embargo, el suministro continuo de producto es generalmente imposible o solo puede lograrse a una presión de producto reducida. Además, este tipo de ciclos son, por lo general, entendidos para ofrecer menor recuperación de gas producto y utilización de adsorbente en un conjunto dado de condiciones de alimentación. Esfuerzos para producir ciclos más complejos con menos válvulas, o al menos disposiciones de fontanería más simples que los de Wagner, Batta, y Fuderer *et al.* mientras se mantiene su alto rendimiento se han divulgado en la Patente de Estados Unidos nº. 4.761.165 de Stöcker y en la Patente de Estados Unidos nº. 6.146.450 de Duhayer *et al.*

35 Se han presentado diversos sistemas de PSA que reducen la complejidad mecánica a través de la implementación de disposiciones de válvulas giratorias mediante la combinación de muchas funciones de la válvula de los procedimientos anteriores para reducir su complejidad. Ejemplos de tales sistemas incluyen la Patente de Estados Unidos nº. 4.272.265 de Sayder, la Patente de Estados Unidos nº. 4.925.464 de Rabenau *et al.*, y la Patente de Estados Unidos nº. 6.063.161 de Keefer *et al.* En cada caso el uso de uno o más conjuntos giratorios con funcionalidades de válvula se emplea en lugar de una o más válvulas independientes. Aunque estos procedimientos reducen ventajosamente la complejidad de fontanería en comparación con las válvulas independientes instaladas de manera tradicional, tienen varias características indeseables. En primer lugar, fijan la duración relativa de las diversas etapas del ciclo de PSA, y por tanto son incapaces de responder a los cambios en las condiciones de flujo para optimizar la operación con variabilidad en la composición de carga de alimentación, temperatura, presión o caudal. Keefer *et al.* describen la adición de válvulas secundarias especiales en sus válvulas giratorias básicas para afinar el ciclo de PSA, lo que indeseablemente aumenta la complejidad y no son ajustables durante la operación. La Patente de Estados Unidos nº. 4.877.429 de Hunter divulga un sistema de adsorción por oscilación de presión que comprende un dispositivo de válvula de vástago giratorio que tiene al menos dos pares de válvulas de admisión/escape que se abren y cierran secuencialmente por un accionador de leva de válvula común. En segundo lugar, todas las válvulas giratorias dependen de las superficies de estanqueidad deslizantes para separar el producto purificado de la alimentación impura o residuos de gases. De hecho, Keefer *et al.* enseñan las etapas mecánicas complicadas necesarias para superar esta limitación potencial de la pureza del producto. Las juntas deslizantes son más difíciles de mantener, proporcionan peor sellado, y son más susceptibles a daños debido a la contaminación de partículas en comparación con las juntas de contacto simples sin deslizamiento. Por último, las disposiciones de válvulas giratorias hacen que los ciclos muy complejos sean difíciles de ejecutar debido a la complejidad de las disposiciones portantes de válvulas giratorias necesarias para su implementación. Estas válvulas, por tanto, se han utilizado principalmente para implementar ciclos simples con una recuperación de producto y una utilización de adsorbente relativamente bajas en comparación con los ciclos más avanzados enseñados en la técnica.

Una característica adicional presente en muchos ciclos de PSA de la técnica es el uso de la purga a contracorriente de un recipiente de adsorbente con gas producto purificado. En los ciclos tempranos tales como el de Batta o Fuderer *et al.*, esto se consigue proporcionando un colector de gas producto independiente que se mantiene a baja presión a través de una válvula reguladora de presión o dispositivo de estrangulamiento, con una válvula accionada independiente proporcionada para cada recipiente de adsorbente. Como alternativa, algunos ciclos simples fueron provistos de una válvula de control de flujo que conecta el colector de producto a cada recipiente. Un ejemplo de este procedimiento se describe en la Patente de Estados Unidos nº. 4.194.890 de McCombs. Este procedimiento simplificado tiene la desventaja de que el flujo de gas producto a través del recipiente no se puede controlar de forma independiente, lo que conduce a una reducción en la recuperación del producto en comparación con los procedimientos tradicionales. Un segundo enfoque mejorado que utiliza válvulas controladas proporcionalmente fue enseñado por Stöcker. Aunque el procedimiento de control proporcional de la válvula de suministro de producto reduce deseablemente el número de conexiones de fontanería con respecto a la técnica, y proporciona la capacidad de detener el flujo por completo en algunas etapas del ciclo, las válvulas proporcionales pueden tener baja fiabilidad y un mayor coste en comparación con las válvulas todo-nada.

Los inventores de la presente invención han determinado que ninguno de los sistemas de adsorción por oscilación de presión descritos en las patentes anteriores enseña las desviaciones mecánicas fundamentales de la construcción tradicional utilizando válvulas instaladas por separado. Los inventores han determinado que el uso de válvulas conectadas independientemente es altamente indeseable, puesto que cada válvula requiere al menos dos conexiones de fontanería. Estas conexiones se hacen a menudo con accesorios costosos, o por medio de soldadura para asegurar la pureza del producto y/o para evitar la fuga de gases de proceso nocivos o inflamables. Esta proliferación de accesorios aumenta indeseablemente el gasto de fabricación, aumenta el volumen del sistema de embalaje, y reduce la seguridad y fiabilidad debido a la posibilidad de fugas.

La proliferación de fontanería, y el volumen auxiliar requerido para el embalaje, se complica aún más por el requisito de proporcionar soporte mecánico a los recipientes de adsorbente. La fontanería y válvulas, debido a su masa relativamente grande, pueden ejercer fuerzas considerables sobre los recipientes a presión no ser que todos se diseñen con cuidado y estén bien soportados. La provisión de tales soportes aumenta desventajosamente la masa, el volumen y el coste de fabricación del sistema. Además, los recipientes de adsorbente, que están sujetos a fallo por fatiga debido a la naturaleza cíclica de los esfuerzos de presión, son inherentemente difíciles de soportar estructuralmente sin aumentar adicionalmente su peso para compensar las altas tensiones localizadas.

### **Sumario de la invención**

La invención se define por las reivindicaciones independientes adjuntas. Las realizaciones preferidas resultan de las reivindicaciones dependientes. Cualquier realización que cae fuera del alcance de las reivindicaciones - incluso si se denomina "invención" - es solo con fines de información. En un esfuerzo para eliminar los problemas asociados con otros sistemas de adsorción por oscilación de presión (PSA) descritos anteriormente, la presente invención proporciona un colector de válvulas como se define en la reivindicación 1 para un sistema de adsorción por oscilación de presión fiable, rentable como se describe a continuación.

La presente invención proporciona ventajosamente un aparato mecánico mejorado para la PSA que reduce la complejidad mecánica en comparación con los procedimientos tradicionales con independencia del número de lechos adsorbentes empleados o la complejidad del ciclo subyacente. La invención reduce la complejidad mecánica sin sacrificar la capacidad de controlar de forma independiente la operación de las funciones de válvula para optimizar el control del sistema durante la operación. Además, la invención reduce la complejidad mecánica sin la necesidad de juntas deslizantes o válvulas de giro.

Adicionalmente, la presente invención proporciona ventajosamente un procedimiento mejorado para proporcionar la purga a contracorriente de un recipiente de adsorbente con gas producto puro, así como el suministro del producto co-actual utilizando una única válvula accionada con la funcionalidad todo-nada. La invención proporciona también un nuevo aparato para la práctica del procedimiento mejorado de control de flujo de gas producto.

La presente invención proporciona ventajosamente un nuevo aparato para válvulas independientemente accionadas con colector directamente en un recipiente de adsorbente.

La presente invención hace que el nuevo aparato colector pueda servir también ventajosamente como un lugar para la fijación de sensores, puertos de servicio, válvulas de ventilación, válvulas de alivio, y otros componentes auxiliares considerados ventajoso para la operación o ciclos de PSA. La invención también hace que el aparato colector de acuerdo con la invención se pueda utilizar para soportar físicamente un recipiente de adsorbente. La invención hace además ventajosamente que el soporte estructural de cabida al ciclo térmico y de presión del recipiente sin imponer momentos de flexión deletéreos en el recipiente.

La presente invención proporciona ventajosamente un aparato mejorado que se puede utilizar para implementar la PSA de cuatro lechos con dos igualaciones de presión y purga de producto a contracorriente utilizando solo dieciséis válvulas accionadas con funcionalidad todo-nada.

### **Breve descripción de los dibujos**

Una apreciación más completa de la invención y muchas de las ventajas concomitantes de la misma se harán fácilmente evidentes con referencia a la siguiente descripción detallada, particularmente cuando se considera junto con los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 la Figura 1 representa un colector de válvulas de acuerdo con la presente invención con características ocultas denotados por líneas discontinuas;  
 la Figura 2 representa un recipiente de adsorbente con dos conjuntos de colector de acuerdo con la presente invención;  
 la Figura 3 representa un aparato para operar un ciclo de adsorción por oscilación de presión del recipiente de adsorbente de cuatro lechos usando las características del colector de la presente invención;  
 10 la Figura 4 representa un aparato colector alternativo de la presente invención que monta tres válvulas y que tiene una característica de brida atornillada;  
 la Figura 5a representa un recipiente de adsorbente con dos conjuntos de colector montados en una estructura de soporte, y las Figuras 5b y 5c son áreas ampliadas de la Figura 5a;  
 las Figuras 6a y 6b son diagramas esquemáticos de flujo que ilustran un principio de operación de un procedimiento mejorado para controlar el suministro y la purga a contracorriente de producto utilizando una  
 15 válvula accionada; y  
 las Figuras 7, 8 y 9 muestran vistas en sección transversal de una realización de un aparato utilizado para poner en práctica el procedimiento detallado en la Figura 6b, donde el aparato de válvula se representa en tres modos de operación distintos.

## 20 **Descripción detallada de la invención**

Las realizaciones de la presente invención se describirán a continuación con referencia a los dibujos adjuntos. En la siguiente descripción, los elementos constitutivos que tienen sustancialmente la misma función y disposición se designan con los mismos números de referencia, y se hará descripciones repetitivas solo cuando sea necesario.

- 25 La Figura 1 representa una vista en perspectiva tridimensional del colector 10 de válvula de la presente invención. El colector 10 de válvula está provisto de al menos una cavidad 1 impelente, que está en comunicación con un recipiente 20 de adsorbente (véase Figura 2). El colector 10 está provisto además de al menos un canal 2 de fluido, que tiene al menos un puerto 3 de entrada de fluido. La cavidad 1 impelente está en comunicación con el canal 2 de fluido a través de la galería interior o pasaje 4 de fluido. Obsérvese que el colector 10 puede incluir uno o más canales 2 que están conectados a una o más cavidades 1 por uno o más pasajes 4. Una variedad de diferentes configuraciones serán fácilmente evidentes para un experto ordinario en la materia basándose en las enseñanzas  
 30 expuestas en la presente memoria.

- El flujo de fluido a través de la galería 4 se puede controlar ventajosamente por una válvula montada en el puerto 5 de válvula, y asentada en el asiento 6 de válvula. En el colector de la Figura 1, una válvula que posee un asiento esencialmente concéntrico con el puerto 5 de válvula se proporciona. Válvulas de los tipos comúnmente conocidas  
 35 como de pistón, émbolo, aguja, y globo poseen esta relación lineal. Aunque otros tipos de válvulas se pueden utilizar con el colector de la presente invención, se prefieren las válvulas que tienen un asiento concéntrico con el puerto de válvula. Válvulas donde todo el cuerpo de la válvula se une de manera integral son especialmente preferidas. Ejemplos de estas válvulas son de émbolo, pistón, aguja y ciertos tipos de válvulas de globo. Válvulas de tipo pistón son especialmente preferidas.

- 40 Se puede observar a partir de la Figura 1 que más de un canal 2 de fluido se puede incorporar en el colector 10 de válvula. De hecho, cualquier número de canales de fluido se pueden incorporar en el cuerpo de válvula del colector 10 de válvula. Además, cada canal de fluido puede estar provisto de uno o más puertos 3 de fluido, y cada canal de fluido puede estar provisto de características o puertos adicionales para aceptar sensores, instrumentos, válvulas de alivio de presión u otros accesorios que se consideren necesarios para la operación del ciclo de PSA. Además, las  
 45 otras áreas del colector pueden estar provistas de tales características que se comunican ya sea con la cámara 1 impelente o con el interior del recipiente 20 de presión directamente. Puede ser deseable proporcionar un puerto de acceso para el mantenimiento de las válvulas que se montan desde abajo del asiento de válvula, tales como muchos tipos de válvulas de globo.

- El colector 10 de válvula representado en la Figura 1 se puede fabricar mediante fundición, mecanizado, metalurgia de polvo, forja, o cualquier combinación de los procedimientos conocidos en la técnica. Además, el colector 10 de  
 50 válvula puede ser de cualquier material adecuado para las condiciones de operación del ciclo en cuestión.

- La Figura 1 representa un colector 10 de válvula que tiene dos canales 2 de fluido paralelos, donde los dos canales 2 se montan en el mismo lado de la cámara 1 impelente. Los canales 2 de fluido se pueden montar en cualquier posición en relación con la cámara 1 impelente que facilite una función de galería y de válvula apropiadas. La  
 55 posición de los canales 2 de fluido puede dictarse por el embalaje general del lecho adsorbente, la configuración de ciclo de PSA, el acceso de válvula, soporte estructural, u otros factores.

El colector 10 de válvula de la Figura 1 tiene dos canales 2 de fluido paralelos que se comunican en paralelo con una cavidad 1 impelente común que está en comunicación con el recipiente 20 de adsorbente. En consecuencia, el colector de válvulas proporciona una configuración que puede ejecutar adecuadamente las funciones de entrada del lecho adsorbente descritas en los ciclos de PSA de la Patentes de Wagner, Batta, Fuderer *et al.*, y Stöcker. Sin embargo, es evidente que el colector 10 de válvula de la presente invención requiere solo cuatro interconexiones por recipiente adsorbente para realizar esta tarea, en vez de las al menos siete conexiones necesarias en las construcciones tradicionales. Además, el volumen interno del colector 10 de válvula de la presente invención se reduce ventajosamente en comparación con las conexiones de tuberías convencionales de la técnica. Esta reducción en volumen mejora la recuperación del producto en los ciclos de PSA.

El colector 10 de válvula de la Figura 1 se proporciona con al menos un saliente 12 de montaje. El saliente 12 de montaje permite la conexión al recipiente de adsorbente en un área de baja tensión, permitiendo así que las paredes del recipiente se hagan ventajosamente más finas que en otros procedimientos de soporte. El saliente de montaje se puede colocar en cualquier lugar que sea conveniente en la configuración que se considera basada en consideraciones de acceso de válvula para su servicio, compacidad del embalaje, facilidad de fabricación del colector, y otros factores.

El colector 10 de válvula de la Figura 1 está dotado preferentemente de un medio 11 de fijación que se utiliza para unir el colector 10 al recipiente 20 de presión. En la Figura 1, el medio 11 de fijación está bien adaptado para su unión a través de soldadura por fusión, soldadura fuerte, soldadura blanda, o unión adhesiva.

La Figura 2 representa un recipiente 20 de adsorbente provisto de un colector 10 de la presente invención en cada extremo. Los colectores 10 pueden unirse por soldadura por fusión, soldadura fuerte, soldadura blanda, unión por adhesivo o por otros medios similares. Como alternativa, los colectores 10 se pueden unir al recipiente 20 por medio de una brida atornillada, conexión roscada, conexión por bloque de cierre, anillo a presión, o por diversos otros medios no permanentes. Tal conexión extraíble permite ventajosamente que el adsorbente sea inspeccionado y/o retirado más fácilmente que las conexiones permanentes, pero también puede aumentar indeseablemente el tamaño, el peso y el coste de fabricación del recipiente de tal manera que ninguno de los procedimientos se prefiere claramente.

El recipiente de adsorbente de la Figura 2 se representa con cúpulas 21 conectadas a una sección 22 cilíndrica en las juntas 23. Esta realización no pretende limitar la presente invención de ninguna manera. El recipiente 20 puede tener cualquier forma de sección transversal. Las juntas 23 se pueden formar por soldadura por fusión, soldadura fuerte, unión por adhesivo u otros procedimientos, o pueden estar provistas de bridas u otras conexiones desmontables. Además, todo el recipiente 20 se puede formar como un cuerpo unitario por recalado, forja, fundición, enrollado de filamentos, o por otros medios similares. El recipiente adsorbente se puede unir también mecánicamente a otros recipientes de adsorbente, tanques de compensación, recipientes de adsorbente intermedios, estructuras u otras características para formar un recipiente compuesto. Por lo tanto, la forma del recipiente de adsorbente no limita la puesta en práctica de la presente invención de ninguna manera.

La Figura 3 representa cuatro recipientes 20 de adsorbente que forma un sistema de PSA. En la Figura 3, cada colector 10 de válvula está provisto de dos válvulas 31. Cada canal de fluido puede comunicarse con cada otro recipiente a través de los conectores 32 de fluido. Los conectores 32 de fluido pueden ser tuberías rígidas como se muestra aquí, o pueden ser una tubería compatible, flexible. De hecho, la forma funcional de los conectores de fluido de interconexión no limita la puesta en práctica de la presente invención de ningún modo, y se puede elegir basándose en las condiciones del procedimiento en cuestión. Además, los conectores de fluido se pueden unir a los colectores 10, ya sea de forma permanente, o por medio de conectores extraíbles.

Se puede apreciar mediante la revisión de las figuras que cada canal de fluido, en combinación con los conectores 32 de fluido, forma una trayectoria de fluido continua entre las válvulas y cámaras impelentes de cada recipiente adsorbente. Por lo tanto, cualquier ciclo que contemple el intercambio de fluido entre recipientes que operan a diferentes puntos en el ciclo de PSA puede implementarse con los colectores de la presente invención. Si así se desea, los colectores pueden integrarse en uno o más grandes colectores que se comunican con dos o más recipientes de adsorbente individuales. Un colector integrado de este tipo podría eliminar por completo los conectores 32 de fluido. Los colectores integrados se pueden fabricar por fundición, moldeo, mecanizado y otras técnicas y combinaciones de técnicas. Debido a que la extensión física de los colectores integrados está relacionada con el tamaño de los recipientes de adsorbente, la manifestación preferida de los colectores depende de la viabilidad detallada y de la economía de cada sistema. Por lo tanto, los colectores independientes pueden ser preferidos para los sistemas de diámetro de recipiente relativamente grande, mientras que los colectores integrados que comunican con dos o más recipientes pueden ser preferidos para los recipientes de diámetro pequeño.

Por lo tanto, la presente invención contempla específicamente los sistemas de PSA con colectores y recipientes integrales, todos los que, como alternativa, se pueden formar en un solo componente, o en muchos componentes, donde los elementos de válvula independientes se comunican con los recipientes de adsorbente de tal manera para implementar prácticamente cualquier ciclo de PSA que contemple la conexión en paralelo entre los recipientes para el intercambio de fluido durante las diferentes fases del ciclo de PSA. Si bien la Figura 3 ilustra válvulas de pistón con accionamiento neumático, otros tipos de válvulas se contemplan en la presente memoria. Las válvulas se

pueden accionar neumáticamente, electromagnéticamente, hidráulicamente, o por medio de accionamiento mecánico por árboles de levas, trenes de engranajes, u otros medios. El accionamiento mecánico directo puede ser preferible en sistemas pequeños con colectores integrales que se comunican con muchos recipientes de adsorbente; puesto que tales sistemas se prestan a las tolerancias mecánicas próximas requeridas para la operación exitosa a través de accionamiento mecánica. Se prefieren las válvulas donde el eje de movimiento sea paralelo al puerto de válvula. Las válvulas donde el eje de movimiento es concéntrico tanto con el puerto de válvula como con el asiento de válvula son especialmente preferidas.

La Figura 4 ilustra otra realización del colector de la presente invención que se adapta muy bien a la puesta en práctica de ciclos con despresurización o purga a contracorriente con gas producto, tal como la de Wagner, Batta o Fuderer *et al.* En esta realización de la presente invención, uno o más canales 2 de fluido se comunican con un primer puerto 5 de válvula para el suministro de producto puro durante la etapa de adsorción del ciclo de PSA y un segundo puerto 41 de válvula para el control del gas de despresurización o purga a contracorriente procedente del colector de producto. En la Figura 4, los puertos 5 y 41 se representan como teniendo dimensiones iguales; sin embargo, de forma alternativa los dos puertos pueden ser diferentes en dimensión para aceptar válvulas de diferentes tamaños y/o tipo para lograr un rendimiento de flujo de producto adecuado. La realización de la Figura 4 emplearía ventajosamente válvulas de pistón con topes de recorrido de válvula ajustables, que se pueden utilizar para ajustar las características de flujo de la válvula de pistón para lograr el rendimiento del ciclo de PSA adecuado.

La Figura 4 muestra también un puerto 46 de sensor que se puede utilizar para recibir un sensor utilizado en la operación y mantenimiento del sistema de PSA. El puerto 46 de sensor representado en la Figura 4 se conecta a la cavidad 1 impelente. Sin embargo, puertos de sensores se pueden conectar también a los canales 2 y/o pasajes 4, dependiendo de la medición específica que se toma en el sistema de PSA.

El colector de válvulas de la Figura 4 incorpora también una interfaz 42 de brida atornillada. La interfaz 42 de brida conecta el colector de válvulas al recipiente 20 por conexiones roscadas, tales como tornillos o pernos. Una conexión de este tipo facilita deseablemente la retirada del colector de válvulas para facilitar la inspección o reemplazo del adsorbente. Aunque una brida atornillada se ilustra en la Figura 4, otros tipos de conexiones desmontables se contemplan por los inventores, tales como conexiones roscadas integrales, las conexiones por bloque de cierre, anillos a presión, y otros medios similares.

Una característica adicional preferida representada en la Figura 4 es un saliente de soporte estructural con un muñón 43 pasador. El muñón 43 pasador proporciona un medio para soportar el recipiente a través de una conexión con pasador. Los conectores, tales como el muñón 43 pasador, soportan las cargas, pero no los momentos. Al proporcionar una conexión con pasador en cada extremo del recipiente 20 de adsorbente, el recipiente se puede unir a una estructura de soporte por uno o más yugos, o enlace de barras. Preferentemente, un extremo del recipiente se fija a la estructura de soporte mediante una conexión con pasador, mientras que el segundo extremo del recipiente se fija a través de un yugo o enlace de barras. El recipiente 20 (véanse Figuras 2 y 3) forma, por tanto, un elemento en un enlace de tres barras.

Las Figuras 5a, 5b, y 5c representan un recipiente 20 de adsorbente que tiene un colector 10 de válvula montado en ambos extremos del mismo. La Figura 5b representa una vista ampliada de un extremo del recipiente 20 en el que un colector 10 de válvula se fija a través de un muñón 43 pasador a un enlace 48 rígido y el enlace 49 se conecta a una estructura 47 de soporte. El muñón 43 pasador se conecta de forma giratoria al enlace 48 por medio del pasador 49a, y el enlace 48 se conecta de forma giratoria a la estructura 47 de soporte mediante el pasador 49c. La Figura 5c representa una vista ampliada del extremo opuesto del recipiente 20 en el que un colector 10 de válvula se fija a través de un muñón 43 pasador directamente a la estructura 47 de soporte. El colector 10 de la Figura 5c se conecta de forma giratoria a la estructura 47 de soporte mediante el pasador 49c. Por consiguiente, el recipiente 20 de adsorbente representado en las figuras 5a, 5b, y 5c forma un elemento en un enlace de tres barras.

Un enlace de tres barras puede dar cabida al cambio en la longitud del recipiente mediante el giro del recipiente. Este tipo de fijación ofrece varias ventajas con respecto a un soporte rígido a través de soldadura o atornillado. En primer lugar, el montaje de enlace de tres barras preferido da cabida a cambios en la longitud del recipiente ocasionados por ciclos en la presión y/o la temperatura del recipiente. Tales cambios en la longitud no se pueden evitar en los sistemas de PSA, y crean indeseablemente cargas de reacción en el recipiente y medios de soporte rígidos. Una segunda ventaja del soporte estructural de tres barras de la presente invención es que no transmite momentos entre el recipiente y el soporte. Por lo tanto, las cargas colocadas en el recipiente y/o estructura debido al peso del recipiente, cargas de viento, terremotos, u otros factores no resultan en la flexión del recipiente o colector. Esta configuración reduce de forma deseable las tensiones en el recipiente y en el colector, reduce la resistencia y la rigidez requeridas tanto del recipiente como del colector, y simplifica el diseño del recipiente, colector y de la estructura de soporte.

La Figura 6a es un flujo de fluido esquemático que representa el control de gas producto purificado y presurizado desde el extremo de producto de un recipiente de adsorbente en los procedimientos de Wagner, Batta y Fuderer *et al.* Durante la etapa de adsorción del ciclo de PSA, el producto purificado se hace fluir desde el extremo de producto del recipiente de PSA a través de un conducto 51, y a través de una válvula 52 hasta una salida 53. La válvula 52 se ilustra aquí como una de una válvula accionada por aire, de una vía, normalmente cerrada, pero se pueden emplear

otros tipos de válvulas. Durante otras etapas del procedimiento de PSA después de que la etapa de adsorción se ha completado, es a menudo el caso en que el gas producto purificado se puede utilizar ventajosamente para limpiar el recipiente de adsorbente en una etapa de flujo a contracorriente. En la técnica, Esto generalmente se logra mediante la regulación de la presión del producto a una presión intermedia mediante el regulador 54 de presión, a continuación, se admite esta corriente de gas regulado a través de una segunda válvula 55. En este tipo de sistema, cada recipiente está provisto de dos válvulas correspondientes a las válvulas 52 y 55 en la Figura 6a, y el sistema está provisto de una válvula 54 de regulación. La disposición de estas válvulas en los sistemas de la técnica aumenta indeseablemente la complejidad de fontanería y gastos, y también aumenta la complejidad del sistema de control, que debe estar dotado de capacidad adicional para accionar estas válvulas. El problema de esta complejidad fue abordado por Stöcker proporcionando una única válvula ajustable. Sin embargo, las válvulas ajustables son mucho más costosas que las válvulas todo-nada, y son por tanto indeseables para sistemas donde los costes de válvulas son significativos.

La Figura 6b representa un sistema de control de flujo de gas producto alternativo de la presente invención. Durante la etapa de adsorción en el procedimiento mejorado el gas producto se hace fluir a través de la entrada 51 y a través de una válvula 56 de retención en paralelo con un orificio 57 de dosificación. El producto se hace fluir después a través de la activación/desactivación 58 de la válvula 58 accionada para la salida de producto 53. La válvula de retención se ilustra en el diagrama como una válvula de retorno por resorte, aunque cualquier tipo de válvula de retención se puede emplear. Durante el paso de flujo a contracorriente del ciclo, la válvula 58 todo-nada se abre, y el gas producto en el colector de producto fluye desde el punto 53, a través de la válvula 58 todo-nada abierta, a través del orificio 57 de dosificación, en el recipiente de adsorbente, que está a una presión más baja que el colector de producto, a través del punto 51. La válvula 56 de retención no permite el flujo inverso, por lo que el caudal del gas de contraflujo se puede controlar completamente por el orificio 57 de dosificación. En el tercer estado operativo de este conjunto, la válvula 58 todo-nada se cierra y el flujo entre los recipientes de adsorbente no se produce, independientemente de sus presiones relativas.

Las funciones de la válvula 56 de retención y del orificio 57 de dosificación se pueden combinar en un solo componente, tal como en una válvula de control de flujo. La combinación de la válvula de control de flujo y de una válvula todo-nada ofrece menos complejidad de accionamiento, un menor número de interconexiones, y menos coste que otros sistemas. Una mayor simplificación resulta al sustituir la característica de orificio variable que se ilustra en la Figura 6b con un orificio fijo.

El procedimiento de control de flujo de producto mejorado de la presente invención puede ventajosamente combinarse con el aparato colector de la presente invención para formar un aparato altamente simplificado para controlar el flujo de gas producto. En una configuración de este tipo, se utilizan los mismos tipos de válvulas todo-nada, sin embargo, una válvula de retención se debe interponer entre el canal 2 de fluido y la cámara 1 impelente, que se comunica con el recipiente 20 de adsorbente. Varios tipos de válvulas de retención compactas adecuadas son conocidas en la técnica, incluyendo válvulas de láminas y válvulas de cartucho. La Figura 7 ilustra una vista en sección del conjunto de colector de válvulas de la presente invención que incluye una realización especialmente preferida de la válvula de retención. Como se representa en la vista en sección transversal de la Figura 7, la válvula 31 todo-nada se inserta en el puerto 5 de válvula. El vástago de válvula y la junta 61, que se muestran en una forma simplificada aquí, están en contacto con un asiento 62 de válvula. En esta posición, la junta de válvula y el asiento evitan el flujo entre el canal 2 de fluido y la cámara 1 impelente a través de la galería 4 interna. La válvula de retención especialmente preferida de la presente invención comprende una tapa 63 de cierre, que encierra la junta 61 de válvula, y un resorte 64 de estanqueidad que desvía la tapa de cierre contra el área del asiento.

La Figura 8 muestra otra vista en sección transversal del colector representado en la Figura 7, que incluye la representación de la válvula de retención de la presente invención durante la etapa de adsorción mientras que el gas producto purificado y presurizado se hace fluir desde la cámara 1, a través de la galería 4 en el canal 2 de fluido. En esta configuración, el conjunto 61 de junta de válvula todo-nada se ha elevado por el accionador de válvula, y la tapa 63 de cierre se ha elevado fuera del área 62 de asiento por la fuerza de presión de fluido. El resorte 64 de estanqueidad se comprime por la fuerza de presión. La selección del resorte de estanqueidad determina la resistencia al flujo del conjunto, y por lo tanto la caída de presión a través del conjunto. Los resortes de junta que tienen baja rigidez se prefieren para conferir una baja caída de presión al conjunto de válvula de retención.

La Figura 9 muestra otra vista en sección transversal del colector representado en las figuras 7 y 8, incluyendo la representación de la válvula de retención de la presente invención durante la etapa de flujo a contracorriente del ciclo PSA. Durante esta etapa, la presión del producto en el canal 2 de fluido es más alta que la presión dentro de la cámara 1 impelente. Por lo tanto, no hay fuerza de presión para elevar la tapa 63 de cierre fuera del área 62 de asiento contra el resorte 64. La junta 61 de la válvula todo-nada se eleva fuera del área de asiento por su accionador. Un orificio 65 de dosificación de flujo se proporciona en la tapa 63 de cierre para permitir el flujo del producto del canal 2 a la cámara 1 impelente. El orificio 65 de dosificación de flujo se puede formar en la forma de uno o más puertos, como se representa en las Figuras 7-9, o el orificio de dosificación de flujo se puede construir proporcionando holgura entre el vástago de válvula y la tapa de cierre, o proporcionando huecos, orificios u otras características en la unión de la tapa de cierre y el área de asiento. Cualquier combinación de esta configuración se puede emplear también como un orificio de dosificación de flujo de acuerdo con la presente invención. La realización especialmente preferida de la válvula de retención representada aquí tiene la ventaja particular de utilizar solo dos

partes, cada una de las que tiene una forma simple y puede fabricarse fácilmente.

Obsérvese que las válvulas de la presente invención se configuran para no restringir el flujo a lo largo del canal y no restringen el flujo dentro de las cavidades. Las válvulas se configuran para controlar simplemente el flujo de fluido entre las cavidades y los canales a través de los pasajes. En consecuencia, si falla cualquier válvula dada, entonces el flujo a lo largo del canal y el flujo dentro de la cavidad puede mantenerse si se desea.

Al utilizar cualquiera de las realizaciones anteriores, el procedimiento de la presente invención para controlar el flujo de producto reduce ventajosamente el número de válvulas de accionamiento en comparación con las enseñanzas de Wagner, Batta, Fuderer *et al.* y otros sistemas de PSA. Esta reducción en el recuento de válvula reduce costes y complejidad al tiempo que aumenta la fiabilidad. También reduce la complejidad del sistema de control de PSA.

El aparato colector de la presente invención mejora materialmente cualquier sistema de PSA en un número de maneras. En primer lugar, la recuperación del producto en condiciones de operación dadas se incrementa debido a la disminución precipitada del volumen muerto en las tuberías y colectores entre las válvulas. En segundo lugar, la complejidad mecánica del conjunto de válvula se reduce, con una disminución correspondiente en la dificultad de fabricación y la probabilidad de fugas. En tercer lugar, la reducción de la masa y volumen de válvulas y tuberías disminuye la disposición y la masa del sistema de PSA, lo que da como resultado una disminución de las cargas mecánicas impuestas a los recipientes de adsorbente y la necesidad de una estructura de soporte. Además, los conjuntos de colector proporcionan un medio de soporte estructural mediante conexiones con pasadores que elimina los momentos entre la estructura de soporte y el recipiente de adsorbente. La eliminación de estos momentos reduce ventajosamente las tensiones en el recipiente, lo que da como resultado reducciones en el uso del material recipiente necesarias para alcanzar un tiempo de vida adecuado.

El uso de un aparato colector de la presente invención, que combina las características conducto de flujo y portante de válvula para más de un recipiente, puede reducir aún más la complejidad, volumen y masa general en comparación con otros sistemas. Además, tales colectores integrales realizan el accionamiento de la válvula a través de medios mecánicos tales como un árbol de levas o trenes de engranajes viables, con lo que disminuye aún más la complejidad del sistema de control y el coste. En las realizaciones preferidas del aparato colector de la presente invención se utilizan válvulas con movimiento lineal entre la junta y el asiento, estas ventajas se ofrecen al tiempo que elimina las juntas deslizantes empleadas en sistemas de válvulas giratorias. La eliminación de las juntas deslizantes facilita la recuperación y pureza mejoradas del producto y mayor fiabilidad. Además, si las válvulas se accionan de forma independiente, un sistema de PSA de la presente invención se puede optimizar para variar las condiciones de alimentación durante la operación.

Cuando el procedimiento de control de flujo del producto mejorado de la presente invención se combina con el aparato colector de la presente invención, el sistema de PSA se mejora aún más. Estas mejoras incluyen una reducción en el uso de la válvula accionada, una reducción en la complejidad del sistema de control, un aumento de la fiabilidad, y una dramática disminución en la complejidad de fabricación y coste del sistema.

La característica más sobresaliente del procedimiento y aparato de la presente invención es su amplia aplicabilidad a casi todos los sistemas de PSA. Además, tanto el aparato como el procedimiento se pueden aplicar ventajosamente en sistemas de PSA de cualquier capacidad de producción.

La divulgación completa de cada una de la Solicitud Provisional de Estados Unidos con nº. de Serie 60/214.737, presentada el 29 de junio de 2000, y Solicitudes de Patentes de Estados Unidos con nº. de Serie 09/588.575, presentada el 7 de junio de 2000; 09/642.008 presentada el 21 de agosto de año 2000; 09/928.437 presentada el 14 de agosto de 2001; 10/097.745 presentada el 15 de marzo de 2002; y la solicitud de patente titulada CICLOS DE PSA DE ALTA RECUPERACIÓN Y APARATO CON COMPLEJIDAD REDUCIDA de Franklin D. Lomax, Jr. presentada actualmente con la presente, se incorporan en la presente memoria como referencia en su totalidad.

Cabe que señalar que las realizaciones ejemplares mostradas y descritas en la presente memoria exponen las realizaciones preferidas de la presente invención, y no pretenden limitar el alcance de las reivindicaciones adjuntas a estas de ninguna manera.

Numerosas modificaciones y variaciones de la presente invención son posibles en vista de las enseñanzas anteriores. Por lo tanto, se debe entender que, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la invención puede ponerse en práctica de otro modo a que como se ha descrito específicamente en la presente memoria.

## REIVINDICACIONES

1. Un colector (10) de válvulas para un sistema de adsorción por oscilación de presión que tiene al menos un recipiente (20) de presión, comprendiendo dicho colector (10) de válvulas:
- 5 un cuerpo que tiene una primera cavidad (1), un primer pasaje (4) y un primer canal (2), estando dicha primera cavidad (1) adaptada en un extremo para su conexión de fluido con el al menos un recipiente (20) de presión y estando cerrada en su extremo opuesto, conectando dicho primer pasaje (4) dicho primer canal (2) a dicha primera cavidad (1); extendiéndose dicho primer canal (2) desde un lado de dicho cuerpo a otro; y una primera válvula (31) provista dentro de dicho primer pasaje (4), estando dicha primera válvula (31) configurada para permitir y restringir, selectivamente, el flujo entre dicho primer canal (2) y dicha primera cavidad (1) a través de dicho primer pasaje (4), **caracterizado porque**
- 10 dicho cuerpo tiene un segundo pasaje (4) y un segundo canal (2), conectando dicho segundo pasaje (4) dicho segundo canal (2) a dicha primera cavidad (1), extendiéndose dicho segundo canal (2) desde un lado de dicho cuerpo a otro; y dicho colector (10) de válvulas comprende además una segunda válvula (31) provista dentro de dicho segundo pasaje (4), estando dicha segunda válvula (31) configurada para permitir y restringir, selectivamente, el flujo de fluido entre dicho segundo canal y dicha primera cavidad (1) a través de dicho segundo pasaje (4).
2. El colector (10) de válvulas de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha primera válvula (31) está configurada para no restringir el flujo dentro de dicha primera cavidad (1).
3. El colector (10) de válvulas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho cuerpo comprende además un puerto (46) de sensor conectado a dicha primera cavidad (1).
4. El colector de válvulas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho cuerpo comprende además un puerto (46) de sensor conectado a dicho primer pasaje (4).
5. El colector (10) de válvulas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho cuerpo comprende además un puerto (46) de sensor conectado a dicho primer canal (2).
- 25 6. El colector (10) de válvulas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que; dicho colector (10) de válvulas está adaptado para ser conectado rígidamente al al menos, un recipiente (20) de presión; y dicho colector (10) de válvulas comprende además un saliente (12) de montaje que tiene un muñón (43) pasador adaptado para su conexión a una estructura (47) de soporte.
- 30 7. El colector (10) de válvulas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho primer pasaje (2) incluye un asiento (6) de válvula y un puerto (5) de válvula en el que se recibe dicha primera válvula (31) y en el que dicho asiento (6) de válvula es concéntrico con dicho puerto (5) de válvula.
- 35 8. El colector de válvulas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha primera válvula (31) incluye una junta (61) de válvula configurada para ser accionada selectivamente entre una posición de contacto estanca con un asiento (62) de válvula en dicho primer pasaje (4) en el que dicho primer canal (2) está sellado respecto dicha primera cavidad (1) y una posición de no contacto con dicho asiento (62) de válvula, incluyendo además dicha primera válvula (31) un miembro de estanqueidad secundario que tiene un orificio (65) de dosificación.
- 40 9. El colector (10) de válvulas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha primera válvula (31, 58) comprende:
- 45 una válvula (56, 61) de retención; un orificio (57, 65) de dosificación proporcionado en paralelo con dicha válvula (56, 61) de retención; y una válvula (31, 58) todo-nada dispuesta en serie con dicha válvula (56, 61) de retención y dicho orificio (57, 65) de dosificación.
10. El colector (10) de válvulas de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que:
- 50 dicha válvula (61) de retención comprende una tapa (63) de cierre configurada para recibir dicha válvula (31, 58) todo-nada en su interior; dicho orificio (65) de dosificación se proporciona a través de dicha tapa (63) de cierre; y dicha tapa (63) de cierre es empujada mediante resorte hacia un asiento (62) de válvula proporcionado en dicho primer pasaje (4).
11. El colector de válvulas de acuerdo con la reivindicación 9, en el que dicha primera válvula (31) incluye un dispositivo motriz configurado para accionar linealmente dicha válvula (31, 58) todo-nada en contacto con y fuera de contacto con un asiento (6) de válvula proporcionado en dicho primer pasaje (4).

12. Un sistema de adsorción por oscilación de presión que comprende:

5 un primer recipiente (20) de presión que tiene una primera abertura; y  
un primer colector (10) de válvulas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,  
estando dicha primera cavidad (1) en conexión de fluido con dicha primera abertura de dicho primer recipiente  
(20) de presión.

13. El sistema de adsorción por oscilación de presión de acuerdo con la reivindicación 12, en el que; dicho primer  
colector (10) de válvulas está conectado rígidamente a dicho primer recipiente (20) de presión;  
dicho primer colector (10) de válvulas comprende además un primer saliente de montaje que tiene un muñón (43)  
pasador adaptado para su conexión pivotante a una estructura (47) de soporte; dicho segundo colector (10) de  
10 válvulas está conectado rígidamente a dicho primer recipiente (20) de presión; y  
dicho segundo colector (10) de válvulas comprende además un segundo saliente (12) de montaje que tiene un  
muñón (43) pasador conectado de manera pivotante a un enlace que está adaptado para conexión pivotante a una  
estructura (47) de soporte.

14. Un procedimiento de realización de adsorción por oscilación de presión con un colector (10) de válvulas, de  
15 acuerdo con la reivindicación 9 o la reivindicación 10, **caracterizado porque** comprende las etapas de:

20 hacer fluir un gas producto fuera de un recipiente (20) de adsorbente al que se conecta el colector (10) de  
válvulas, a través de la válvula (56, 61) de retención, el orificio (57, 65) de dosificación y la válvula (31, 58) todo-  
nada durante una etapa de adsorción,  
en el que el gas producto fluye a través de la válvula (31, 58) todo-nada y el orificio (57, 65) de dosificación y en  
el recipiente (20) de adsorbente durante una etapa de flujo a contracorriente, y  
en el que el flujo hacia y desde el recipiente (20) de adsorbente cesa cuando la válvula (31, 58) todo-nada se  
cierra.

15. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, en el que:

25 la válvula (31, 58) de retención comprende una junta (63) hermética configurada para recibir la válvula (31, 58)  
de conexión-desconexión en su interior;  
el orificio (57, 65) de dosificación se proporciona a través de la tapa (63) de cierre; y  
la tapa (63) de cierre se empuja mediante resorte hacia un asiento (62) de válvula proporcionado en el pasaje  
(4).

16. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, con un colector (10) de válvulas de acuerdo con la  
30 reivindicación 11, en el que la válvula (31, 58) todo-nada se acciona linealmente en contacto con y fuera de contacto  
con un asiento (6) de válvula proporcionado en el pasaje (4).

Figura 1

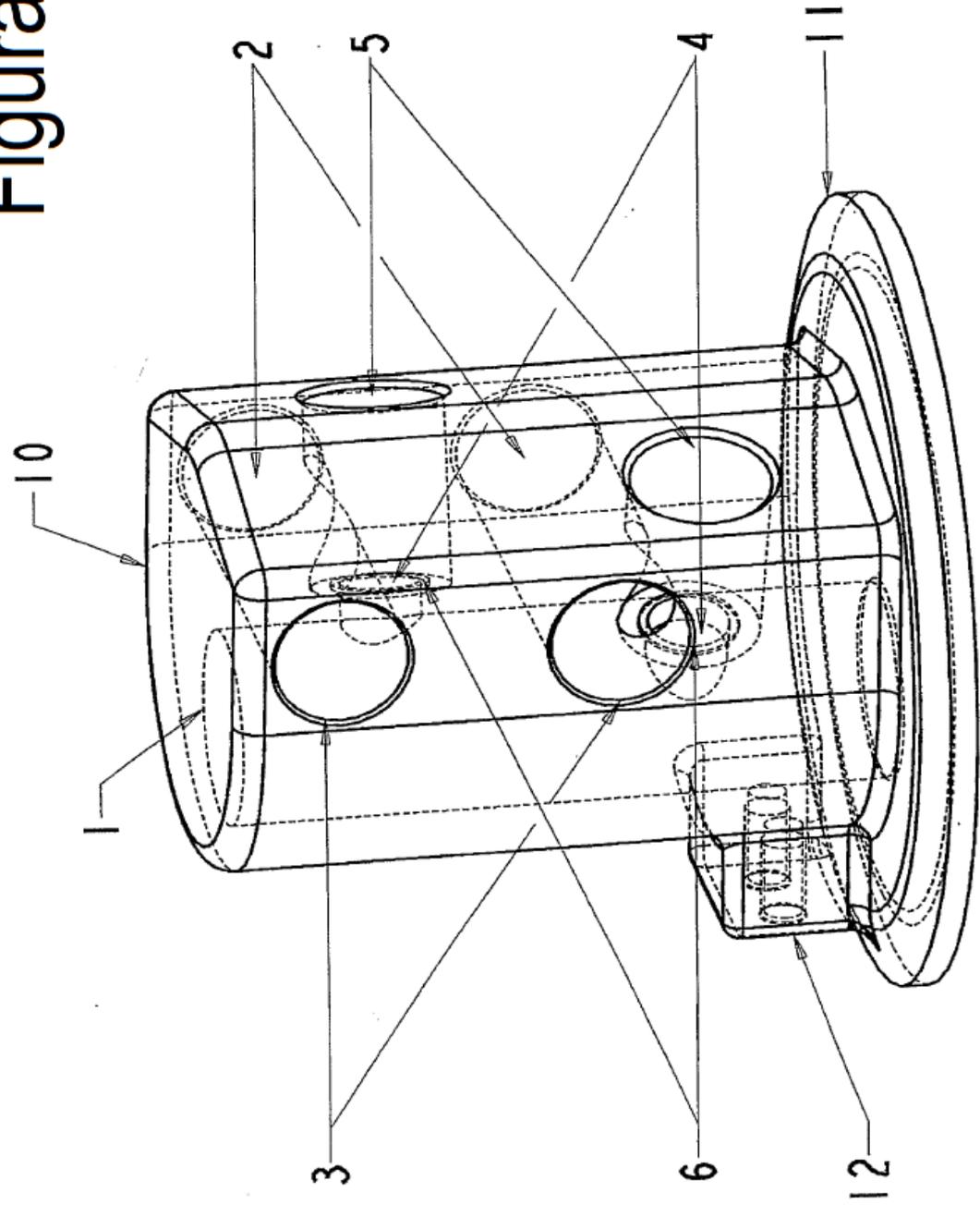


Figura 2

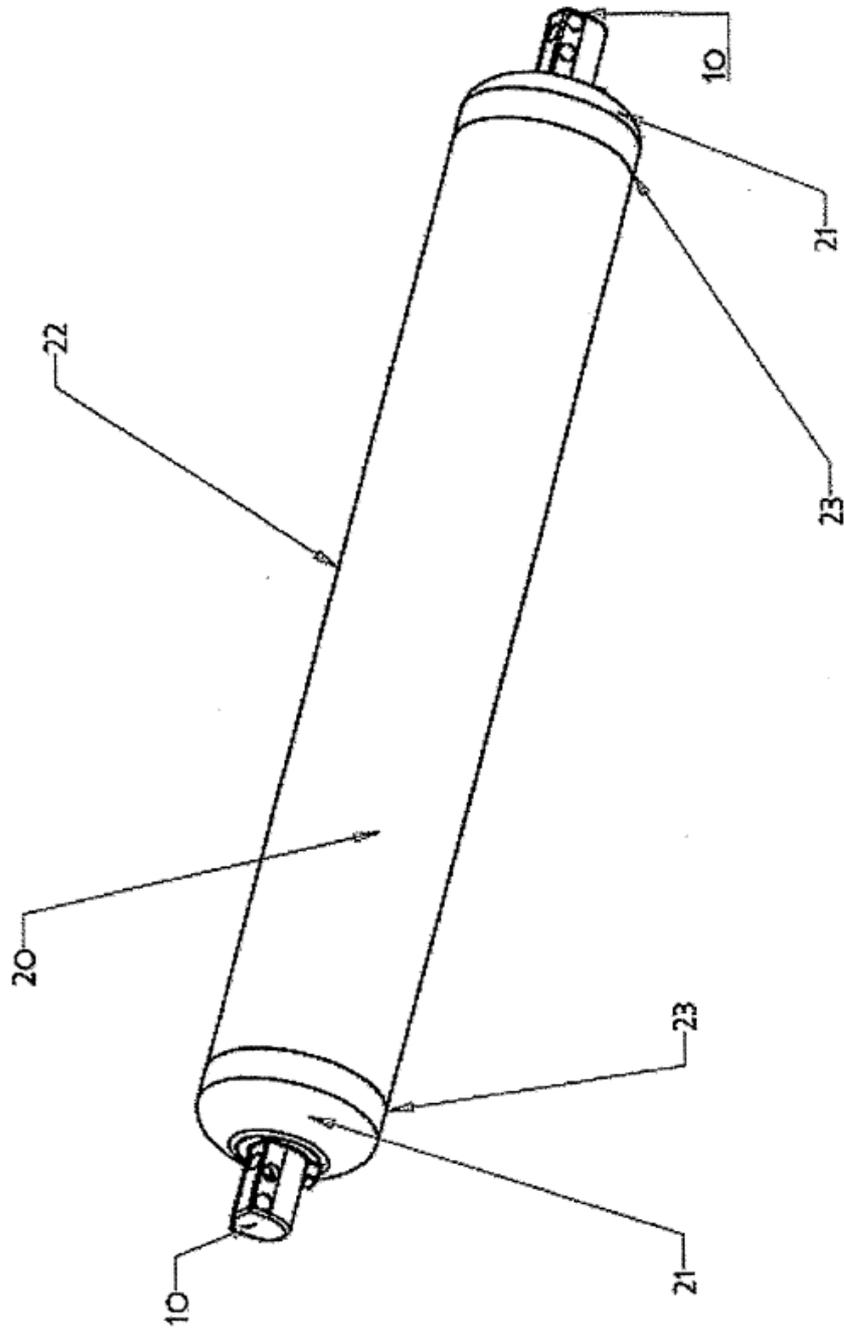


Figura 3

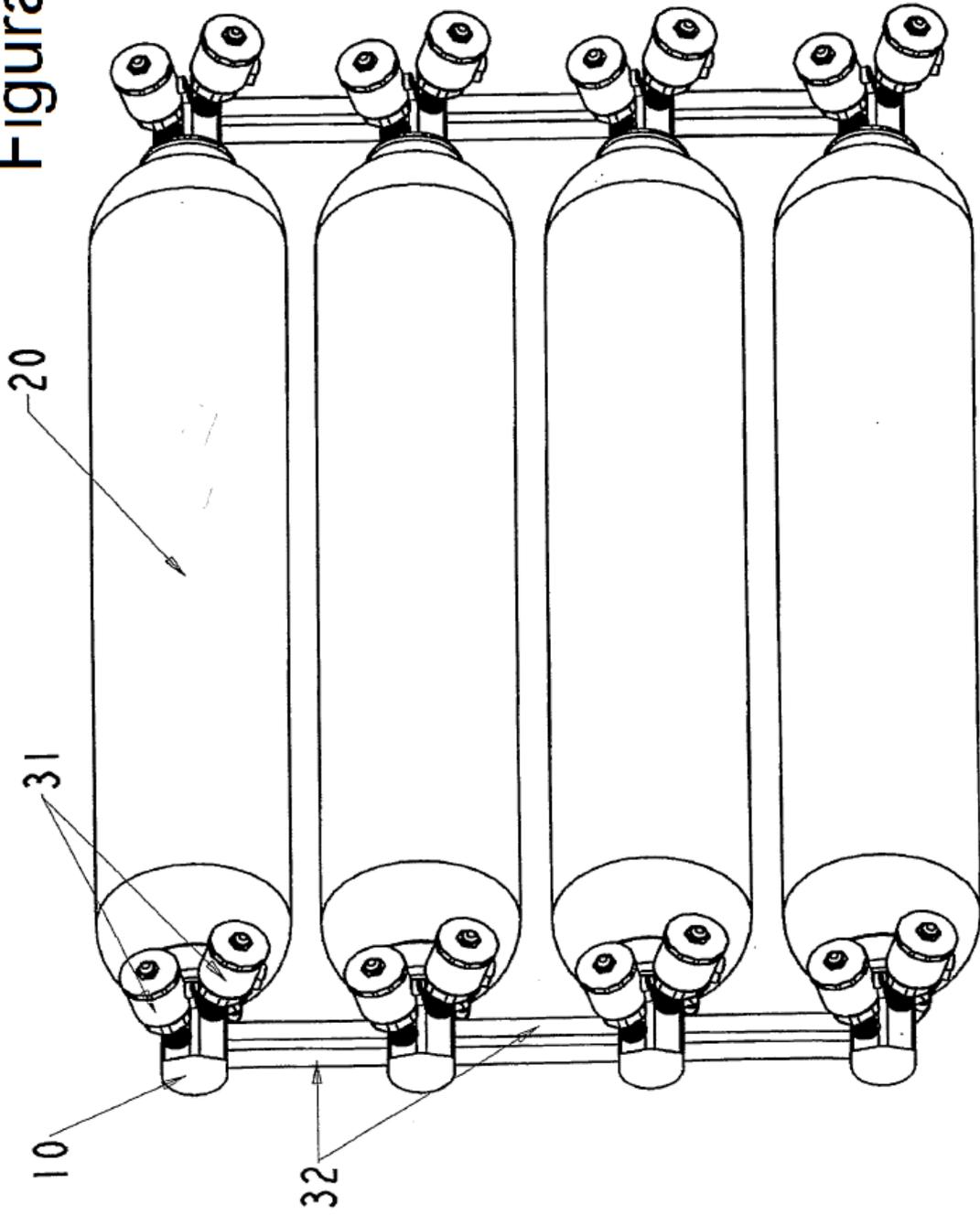
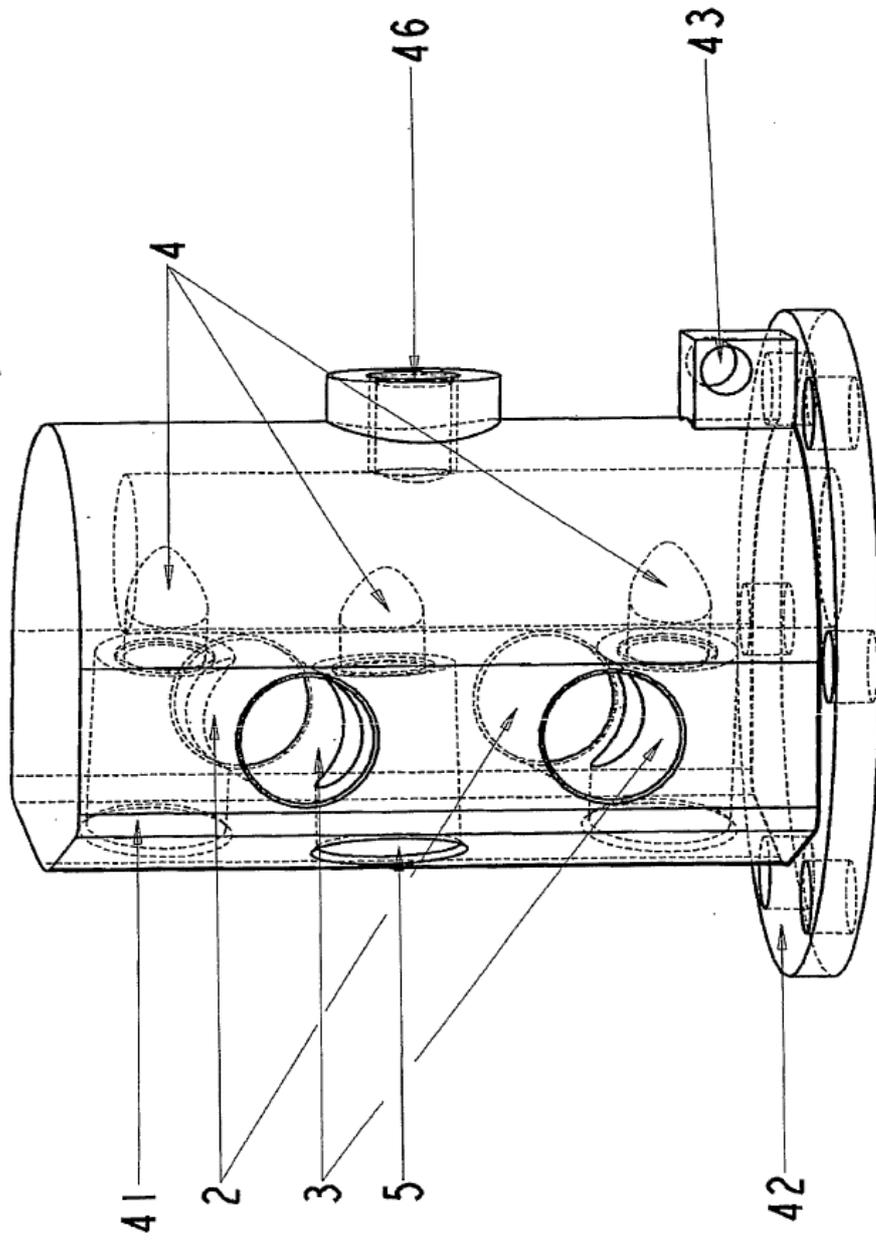


Figura 4



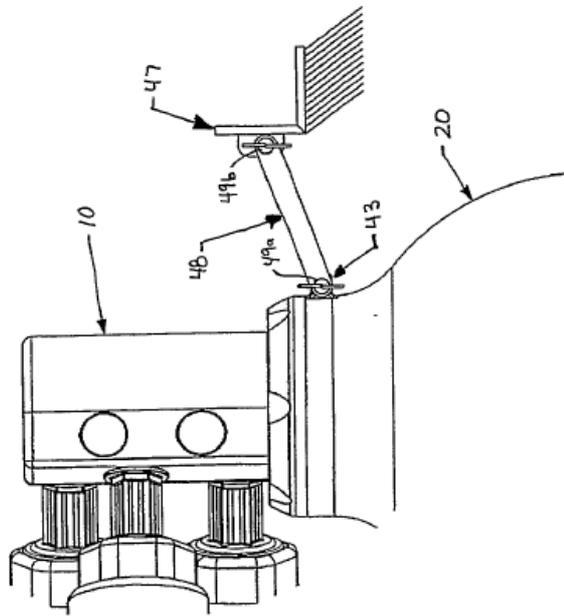


Fig. 5b

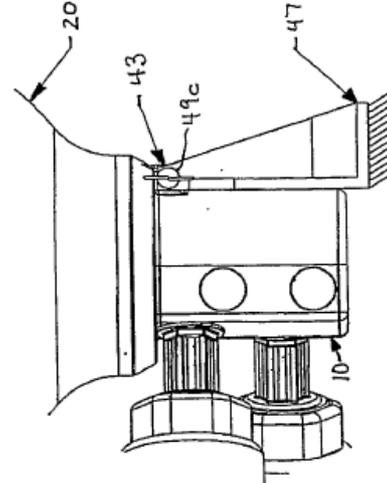


Fig. 5c

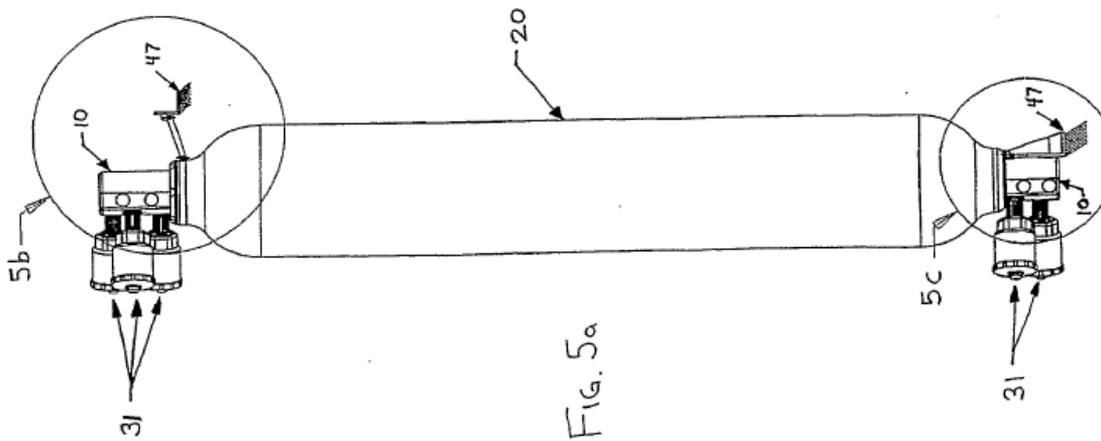


Fig. 5a

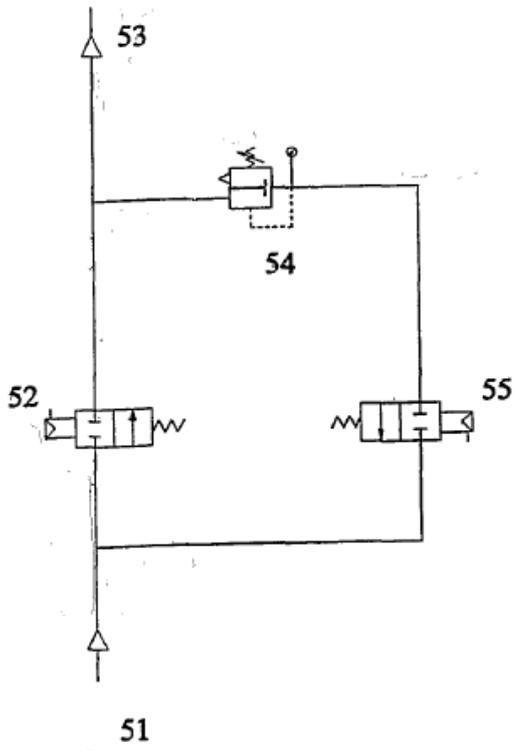


Figura 6a

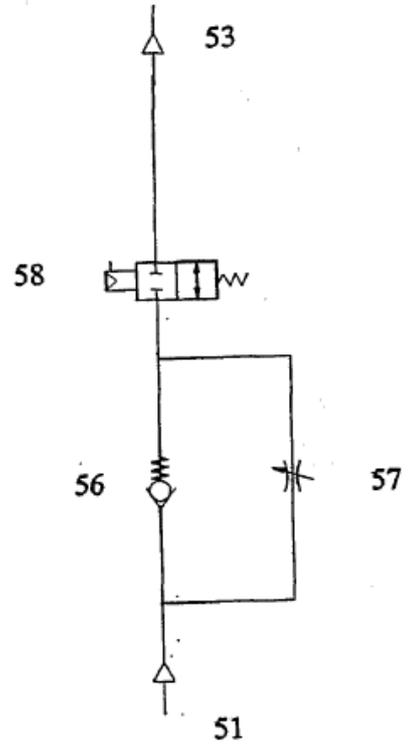


Figura 6b

