



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 374**

51 Int. Cl.:
B01D 53/02 (2006.01)
B01D 53/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08161140 .2**
96 Fecha de presentación : **26.04.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1980311**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.10.2008**

54 Título: **Procedimiento y aparato modulares de adsorción por cambio de presión.**

30 Prioridad: **09.07.2003 US 615244**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.05.2011

73 Titular/es: **LUMMUS TECHNOLOGY Inc.**
1515 Broad Street
Bloomfield, New Jersey 07930, US

72 Inventor/es: **Lomax, Franklin D.;**
Hickmann, Troy;
Lettow, John S.;
Streeks, Michael y
Prasad, Vinay

74 Agente: **Polo Flores, Carlos**

ES 2 358 374 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 modulares de adsorción por cambio de presión.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a procedimientos de adsorción por cambio de presión (PSA). La PSA es un procedimiento de uso común para la purificación de gases. Entre las aplicaciones ejemplares se incluye la separación del hidrógeno a partir de mezclas de gases, la separación del helio a partir del gas natural, la purificación de gases de vertedero, y la separación de aire para la producción de oxígeno, nitrógeno y/o argón.

Exposición de los antecedentes

- 10 Un gran número de sistemas de PSA se ven limitados por sus enormes fluctuaciones en el flujo de producto gaseoso y gas refinado. Estas fluctuaciones hacen que sea necesario emplear tanques de almacenamiento o de compensación de considerables dimensiones para amortiguar adecuadamente la fluctuación en el flujo para permitir un correcto funcionamiento de los equipos situados a continuación en el proceso y conectados al sistema de PSA.

- 15 Tradicionalmente, las separaciones de gases a escala industrial se han realizado usando ciclos de PSA que cuentan, como mínimo, con una etapa de equilibrado de presión para mejorar la recuperación fraccional de producto presurizado con una pureza determinada. En los ciclos de PSA, el aumento en la recuperación fraccional conlleva una disminución en la cantidad de gas desechado hacia el tanque de compensación de refinados, y garantiza que el flujo de producto gaseoso presurizado se aproxime más a un flujo continuo. Se conocen ciclos que constan de tres o más compensaciones. Otra etapa adoptada en la técnica para reducir las pulsaciones en el flujo consiste en emplear ciclos con un gran número de compensaciones y de recipientes en un único tren de proceso. Podemos encontrar un ejemplo de sistema de PSA con un gran número de recipientes y etapas de compensación en la patente de EE.UU. n.º 3.986.849, de Fuderer y col., que describe trenes de proceso que constan de hasta diez recipientes de adsorbente y cincuenta y cinco válvulas. Por lo general, en aplicaciones industriales, los elevados costes energéticos y operativos relacionados con la pérdida de producto recuperable no se han visto compensados por el considerable aumento en la complejidad relacionado con ciclos de PSA más complejos, con una o más compensaciones de presión, excepto en instalaciones con una capacidad muy alta. Por lo tanto, en la mayoría de las instalaciones se emplean enormes tanques de compensación tanto para el producto gaseoso presurizado como para el gas refinado.

- 20 Todo tipo de sistemas de PSA, pero especialmente los que constan de múltiples compensaciones, también pueden verse limitados en gran medida debido a su enorme complejidad y al elevado número de piezas que incluyen. Esta complejidad, no solo aumenta considerablemente la probabilidad de que falle un componente, sino que además aumenta considerablemente las dimensiones del sistema, el tiempo de montaje y el coste de los materiales. La mayoría de los sistemas de PSA son sistemas con punto único de fallo, aunque los procedimientos desvelados en la patente de EE.UU. n.º 4.234.322, de Meyer y col., y en la solicitud de patente de EE.UU. n.º 10/269.064 constituyen excepciones notables. Incluso en los procedimientos ejemplares, es necesario detener el funcionamiento de la instalación de PSA en un momento determinado para llevar a cabo el mantenimiento del componente defectuoso. Dichas paradas suponen un gran inconveniente, ya que conllevan una cantidad considerable de tiempo de producción perdido para toda la instalación de proceso. Además, cuando la PSA está conectada a un proceso de alta temperatura, como por ejemplo un reformador de hidrocarburos con vapor, un reformador autotérmico, un reformador de oxidación parcial, una instalación de síntesis de amoníaco o un craqueador de etileno, la vida útil de los equipos de proceso conectados puede reducirse enormemente debido a las elevadas tensiones mecánicas producidas durante una operación de parada y reinicio.

- 30 La patente de EE.UU. n.º 6.051.050, de Keefer y col., describe sistemas que usan múltiples módulos de PSA giratorios en paralelo con el fin de lograr una mayor capacidad global del sistema, pero no llega a describir un procedimiento o estrategia para poner en funcionamiento estos módulos en caso de avería. Los módulos giratorios de la patente de Keefer y col. son muy diferentes a los aceptados en la práctica de la industria y no están sometidos al mismo tipo de punto único de fallo de válvula que los aparatos de PSA con válvulas. Su modo de fallo se produce a través de un fallo de estanqueidad gradual. Los módulos de la patente de Keefer y col. poseen también un número muy elevado de lechos activos y, por tanto, se ven menos afectados por las variaciones en la pulsación del caudal de producto gaseoso y gas refinado. Los módulos giratorios de baja pulsación de la patente de Keefer y col. y las invenciones similares descritas en la patente de EE.UU. n.º 5.112.367, la patente de EE.UU. n.º 5.268.021 y la patente de EE.UU. n.º 5.336.541 sufren escapes inevitables debido a su uso de juntas deslizantes. Este escape ocasiona una disminución de la pureza y la recuperación de producto, así como problemas de mantenimiento debidos a la limitada vida útil de la junta. La elevada presión acentúa estos problemas, lo cual hace que los módulos giratorios resulten menos convenientes para las separaciones relevantes para la industria que los típicos aparatos de PSA provistos de válvulas.

- 40 Debido al tamaño extraordinariamente grande de los típicos sistemas de PSA con válvulas y a su enorme coste, ha continuado siendo muy poco conveniente proporcionar sistemas auxiliares de PSA para impedir paradas del proceso, especialmente para sistemas de PSA con válvulas que constan de compensaciones de presión y un gran número de lechos de adsorción, con la gran complejidad que conllevan.

De este modo, los inventores incorporan en su totalidad, a modo de referencia, un aparato mejorado para sistemas avanzados de PSA que reduce en gran medida la complejidad del aparato de PSA empleando compensaciones de presión, expuesto en la solicitud de patente de EE.UU. n.º 10/269.067, y procedimientos para realizar ciclos de PSA que reducen drásticamente el número de válvulas necesarias para realizar los ciclos de PSA expuestos en la solicitud de patente de EE.UU. n.º 10/269.064.

En la patente de EE.UU. n.º 5.656.068, se describe un sistema de PSA con lechos individuales (A a D), tal como se muestra en la fig. 3. Cada uno de los lechos (A a D) está conectado a una respectiva válvula, por ejemplo, el lecho (A) está conectado a una válvula de producto 51 y a las válvulas 15 y 18. No obstante, los lechos (A a D) no están conectados en paralelo y conectados después a una válvula que pueda aislar todo el grupo del respectivo colector.

RESUMEN DE LA INVENCION

Por consiguiente, la presente invención proporciona ventajosamente un sistema de adsorción por cambio de presión provisto de válvulas y con una reducción en las pulsaciones del flujo.

El sistema de adsorción por cambio de presión de la presente invención, según la reivindicación 1, se puede reparar mientras sigue en funcionamiento.

La presente invención también proporciona ventajosamente un sistema de adsorción por cambio de presión con una mayor fiabilidad.

La presente invención proporciona un aparato para sistemas de adsorción por cambio de presión que elimina los momentos de flexión en las conexiones terminales del recipiente de adsorción.

La presente invención también proporciona ventajosamente un aparato para sistemas de adsorción por cambio de presión con una tapa estructural integral.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Se obtendrá una comprensión más completa de la invención y muchas de las correspondientes ventajas de la misma se pondrán de manifiesto al hacer referencia a la siguiente descripción detallada, particularmente a la luz de los dibujos adjuntos, en los que:

la fig. 1 es un esquema de flujo de un sistema de PSA de la presente invención;

la fig. 2 es un gráfico que muestra la reducción en la pulsación del flujo lograda con el sistema de PSA de la presente invención;

la fig. 3a muestra una vista en perspectiva de una primera forma de realización del aparato de PSA de la presente invención;

la fig. 3b muestra una vista en sección lateral a través de una cámara de adsorción de la primera forma de realización del aparato de PSA de la presente invención;

la fig. 4 muestra una vista en sección de los colectores de flujo de la primera forma de realización del aparato de PSA de la presente invención;

la fig. 5a muestra una vista en despiece ordenado de una segunda forma de realización del aparato de PSA de la presente invención;

la fig. 5b muestra una vista ensamblada de la segunda forma de realización del aparato de PSA de la presente invención; y

la fig. 6 muestra un sistema de PSA de la presente invención en cuya aplicación se usa la primera forma de realización del aparato de PSA de la presente invención.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

A continuación se describirán formas de realización de la presente invención, haciendo referencia a los dibujos adjuntos. En la siguiente descripción los elementos constituyentes que poseen sustancialmente la misma función y disposición se indican mediante los mismos números de referencia, y solo se darán descripciones repetitivas cuando sea necesario.

La figura 1 es un esquema de flujo del sistema de PSA 1 de la presente invención provisto de un colector de alimentación de gas presurizado 2, un colector de producto presurizado 3 y un colector de refinado de baja presión 4. El colector de producto 3 está provisto de un tanque de compensación de producto 5, mientras que el colector de refinado 4 está provisto de un tanque de compensación de refinado 6. En el procedimiento de la presente invención, hay al menos un primer módulo de PSA 10 y un segundo módulo de PSA 20 conectados con los colectores de alimentación, de producto y de refinado. En la forma de realización de la fig. 1, hay ocho módulos de PSA 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 que funcionan en paralelo. Se puede emplear un número cualquiera de módulos en paralelo para el

procedimiento de la presente invención, y la elección de ocho módulos se adopta únicamente como ejemplo.

Los módulos de PSA están conectados al colector de alimentación 2 mediante sus respectivas válvulas de aislamiento 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71 y 81. Los módulos de PSA están conectados al colector de producto 3 mediante sus respectivas válvulas de aislamiento 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72 y 82. Los módulos de PSA están conectados al colector de refinado 4 mediante sus respectivas válvulas de aislamiento 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73 y 83. Cuando todas estas válvulas se encuentran en sus posiciones abiertas, cada módulo de PSA queda conectado fluidamente en paralelo. Los módulos de PSA individuales se pueden aislar de los colectores de fluido cerrando las válvulas que conectan dicho módulo con los colectores. Por ejemplo, el módulo 20 se puede aislar cerrando las válvulas 21, 22 y 23. Una vez que se ha aislado el módulo, es posible llevar a cabo el mantenimiento de dicho módulo mientras el resto de los módulos instalados siguen estando en producción. Si se encontrara un componente defectuoso o averiado en el módulo 20, se podría aislar de los colectores de proceso de PSA 2, 3 y 4 cerrando las válvulas 21, 22 y 23, y, a continuación, se puede llevar a cabo el mantenimiento. Los módulos de PSA 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 seguirían funcionando con normalidad. La capacidad máxima del sistema sería 7/8 de la capacidad original. Esta ligera reducción en la capacidad global se puede gestionar haciendo que los restantes módulos de PSA funcionen a una frecuencia más alta de ciclos de funcionamiento, o se puede gestionar diseñando la capacidad adicional en el sistema global de manera que no se experimente ninguna degradación significativa en el rendimiento cuando funciona en condiciones de caudal ligeramente elevadas.

La figura 2 ilustra otra ventaja del proceso de PSA de la presente invención. La figura 2 es un gráfico que muestra el caudal de refinado a baja presión frente al tiempo para cuatro estrategias de funcionamiento diferentes para el sistema de PSA 1 de la figura 1. Estos trazados corresponden a una PSA de siete lechos y tres compensaciones según el procedimiento de la solicitud de patente de EE.UU. n.º 10/269.064, pero el efecto es similar para cualquier ciclo de PSA. Los ciclos de PSA que usan menos de tres compensaciones presentarían una pulsación aún más pronunciada en el caudal de refinado.

Si se hace funcionar el sistema de PSA con cada módulo sincronizado para realizar sus ciclos de PSA individuales en fase, las pulsaciones en el flujo son las mismas que si se pusiera en funcionamiento un único tren de proceso, y el caudal total varía entre menos de 1.000 unidades y más de 17.000 unidades, un factor de 17:1. En el procedimiento de la presente invención, el conjunto de módulos de PSA funciona fuera de fase, de manera que los periodos de generación de gas refinado no coinciden unos con otros. En una primera forma de realización de la presente invención, los ocho módulos del sistema de PSA funcionan en dos grupos de cuatro, y cada grupo funciona con un desfase de 180 grados con respecto al otro. La figura 2 muestra que esto da lugar a que el caudal de refinado varíe aproximadamente entre 1.500 y 9.000 unidades. La proporción es de aproximadamente 6:1, lo cual es casi tres veces menos que en el caso del procedimiento de la técnica anterior en el que se pone en funcionamiento un único tren de proceso, o se pone en funcionamiento un gran número de módulos tanto en paralelo como en fase. En esta primera forma de realización, cada grupo usa la mitad del total de los módulos disponibles. Para el ejemplo de un sistema de ocho módulos, esto da lugar a cuatro grupos de módulos. Si un módulo falla y se debe aislar para su reparación, el sistema conserva una capacidad de 7/8, pero la forma de onda del caudal de refinado cambiaría debido al carácter asimétrico de los dos grupos de recipientes. El caudal que atraviesa los tres recipientes restantes del grupo se incrementaría llegando hasta el 33% durante algunas etapas del proceso, lo cual constituye un factor que se debe tener en cuenta para impedir la fluidificación de los adsorbentes y/o los choques del fluido en los sistemas de tuberías y/o válvulas.

En una configuración alternativa de la presente invención, los módulos están separados en cuatro grupos y cada uno funciona con un desfase de 90 grados. La figura 2 muestra que el caudal refinado resultante varía entre aproximadamente 2.000 y 6.000, una proporción de aproximadamente 3:1. Esto constituye aproximadamente la mitad de la variación en el caudal experimentada en la primera forma de realización, en la que dos grupos de módulos funcionan con un desfase de 180 grados. Aunque esta reducción en la variación del caudal resulta impresionante, reduce el número de módulos por grupo a dos para el ejemplo de un sistema de ocho módulos. Si hay que reparar un módulo, el cambio en el caudal para el otro módulo del grupo sería del 100% durante algunas etapas del ciclo, lo que constituye un factor que se debe tener en cuenta al diseñar los recipientes y sus válvulas de interconexión y conductos de flujo.

En otra configuración alternativa de la presente invención, se emplean ocho grupos de módulos con un desfase de 45 grados en sus ciclos. Esto produce únicamente una modesta disminución en la pulsación del caudal en comparación con cuatro grupos, y da lugar a cambios aún mayores en el caudal en caso de que haya que reparar un módulo. Por ejemplo, en el ejemplo del sistema de ocho módulos, cada módulo funcionaría de forma independiente.

Aunque anteriormente se han descrito números pares de grupos, y se muestran en la figura 2, también son posibles números impares de grupos. De hecho, cualquier número de grupos es posible. Además, también se puede usar un número cualquiera de módulos para dar lugar a un número cualquiera de módulos por grupo. En las formas de realización expuestas anteriormente, se supone que los grupos funcionan con un desfase de 180, 90 y 45 grados. Para un ciclo dado de PSA para cada módulo, puede resultar conveniente un desfase diferente para minimizar las variaciones en el flujo del producto, el refinado o ambos.

Preferentemente, cada grupo tiene el mismo número de recipientes con el fin de minimizar las variaciones en el flujo para la totalidad del sistema, así como las variaciones en el caudal a través de cualquier módulo dado, con el fin de evitar los problemas de fluidificación del adsorbente y de choques de fluido. El equilibrio entre el número de grupos y el número de módulos por grupo se debe optimizar para cada aplicación de la presente invención. En una aplicación en la que la máxima prioridad consiste en minimizar el tiempo de inactividad para los equipos conectados, se prefiere un sistema con menos grupos, cada uno con un mayor número de módulos en paralelo. En un sistema en el que la fiabilidad tiene menos

importancia que la pulsación en el caudal, es conveniente un mayor número de grupos con menos módulos.

La figura 3a ilustra un aparato preferido para el módulo de PSA de la presente invención. El módulo de PSA 100 posee siete cámaras de adsorción 101 dispuestas entre un colector de alimentación 102 y un colector de producto 103. Las cámaras de adsorción presurizadas se mantienen en una relación fija con los colectores a través de pernos de anclaje 104. Tanto el colector de alimentación como el de producto están provistos de una pluralidad de válvulas 105, que se usan para realizar el ciclo de PSA.

El módulo de PSA 100 que se ilustra en la figura 3a es una forma de realización especialmente preferida para realizar el ciclo de siete recipientes de adsorción y tres compensaciones de presión que se describe en la solicitud de patente de EE.UU. n.º 10/269.064. El aparato de la presente invención también se puede usar preferentemente para realizar otros ciclos descritos en la misma, así como otros ciclos de PSA de la técnica relacionada.

La vista en sección lateral 3b muestra una única cámara de adsorción 101 provista de una masa adsorbente 110. La masa adsorbente puede ser un único tipo de adsorbente o puede estar formada por mezclas de adsorbentes o capas diferenciadas de adsorbente. La elección de la composición y el tamaño de la masa adsorbente la determinan las condiciones de flujo del proceso, la separación que se pretende obtener y el ciclo de PSA, y no limita en modo alguno la presente invención. La cámara de adsorción está conectada de forma estanca al colector de entrada 102 y al colector de salida 103.

La figura 4 muestra una vista en sección despiezada de la cámara de adsorción y los colectores de la figura 3b. La cámara de adsorción 101 está acoplada ventajosamente a un reborde de estanqueidad 111 proporcionado tanto en el colector de entrada como en el de salida. En la figura se muestran con características idénticas, pero pueden tener formas diferentes si se desea. Cada reborde de estanqueidad está provisto de al menos un elemento de estanqueidad 112 que afecta a la junta de estanqueidad para el fluido situada entre la cámara de adsorción y el colector. Aunque en la figura 4 se muestran los elementos de estanqueidad radial interna preferentes, se pueden proporcionar juntas de compresión o juntas radiales externas. Ninguna de las juntas de estanqueidad ni el reborde de estanqueidad afecta a la unión estructural rígida entre los colectores y la cámara de adsorción.

En las cámaras de adsorción de PSA de la técnica relacionada, la cámara de adsorción está fija, con una relación estructural rígida con una brida terminal o colector. Dichas conexiones rígidas dan lugar, de forma no deseada, a esfuerzos de flexión localizados. Debido al carácter cíclico del estado de tensión en un aparato de PSA, este momento de flexión puede dar lugar, de forma no deseada, a problemas sustanciales con el fallo prematuro por fatiga del aparato. Dicho fallo prematuro se acelera de forma especialmente drástica en el caso de la PSA de hidrógeno, ya que la fragilidad producida por el hidrógeno puede afectar a muchos materiales de construcción mecánicos. Por lo tanto, la característica de estanqueidad no estructural de la presente invención resulta especialmente conveniente, ya que facilita el uso de elementos estructurales mucho más delgados para una resistencia a la fatiga equivalente. Además, debido a que la conexión estructural entre los colectores que resiste las fuerzas de la presión no se encuentra en contacto con el fluido que se está purificando, se pueden usar materiales de alta resistencia que, en otros casos, resultan particularmente susceptibles a la fragilidad producida por el hidrógeno. Por ejemplo, se puede usar acero endurecido para los pernos de anclaje 104; un material que resulta inaceptable en la construcción de la técnica relacionada para sistemas de hidrógeno.

Otra ventaja del aparato de estanqueidad de la presente invención consiste en que se pueden usar materiales diferentes para fabricar los elementos de la cámara de adsorción, los colectores y los pernos de anclaje. De este modo, se podría usar un material que posea una resistencia adecuada pero poca rigidez para las cámaras de adsorción, como por ejemplo plástico reforzado con fibra de vidrio, mientras que para los colectores se puede usar un material rígido con menos resistencia, como por ejemplo aluminio o una espuma polimérica de celda cerrada. Por último, se puede usar un tercer material para los pernos de anclaje. Esta libertad para optimizar cada material facilita individualmente unas disminuciones potencialmente drásticas en el peso y/o el coste de los materiales cuando se requieren para una aplicación particular.

La figura 4 muestra que los rebordes de estanqueidad 111 están provistos de una forma interna cóncava para ayudar a distribuir el flujo desde los distribuidores de flujo radial de salida y entrada 113 y 114. Estos pueden formar un componente separado, tal como se muestra en la figura 4, o pueden formar parte integral del colector. El distribuidor de flujo radial se encuentra en comunicación fluida con un canal de fluido 115 en el colector de entrada y un canal de fluido 116 en el colector de salida. El fluido que fluye desde el canal 115 y atraviesa el distribuidor de flujo 114 se comunica con una cámara 120. La cámara está definida por el elemento cóncavo del reborde de estanqueidad, así como por la placa de retención del adsorbente 122, que está sostenida por un anillo de retención 123. El aparato de PSA de las figuras 3 y 4 se muestra para el caso con el colector de entrada en la parte inferior del aparato y el colector de salida en la parte superior. Si el aparato está montado en la dirección opuesta, el anillo de retención 123 se encontraría en el otro lado de la placa de retención.

La placa de retención 122 puede estar provista ventajosamente de una capa con una malla fina 124 para retener las partículas adsorbentes de pequeño diámetro. Esta capa de malla puede estar hecha de malla de alambre, polímero tejido o no tejido, vidrio u otro material textil. La capa de malla 124 y la placa de retención 122 se montan preferentemente con un anillo de estanqueidad radial 125 que las mantiene unidas para el montaje y proporciona una junta radial para presentar una desviación para el fluido o partículas. Aunque se prefiere este retenedor de material compuesto, se pueden usar otros medios de soporte del adsorbente con un resultado igual de satisfactorio, como por ejemplo metal, espumas poliméricas o cerámicas con una estructura abierta, esterillas tejidas u otros medios evidentes para los expertos en la materia.

El colector de salida está provisto preferentemente de un conjunto de placa de retención similar, a excepción de que el anillo de retención 123 está colocado para sostener la placa de retención desde arriba. La opción de mayor preferencia consiste en proporcionar una capa elástica 130 entre la placa de retención superior y el adsorbente. Esta capa elástica se mantiene después en compresión mediante el conjunto de la placa de retención del extremo de la salida, y ejerce una carga compresiva sobre la masa adsorbente 131. Los materiales elásticos preferidos también desempeñan una función de filtrado para excluir las partículas de polvo fluidificadas de los colectores. Los ejemplos de materiales preferidos incluyen una espuma polimérica reticulada, una estera elastomérica tejida o no tejida, o una estera impregnada con elastómero como las fabricadas a partir de fibras naturales tales como las fibras de coco. Si se desea, se puede proporcionar un elemento elástico en la entrada o en el extremo inferior de la cámara de adsorción.

El colector de entrada 102 está provisto de una válvula de alimentación 135 y una válvula de descarga 136. Estas válvulas se acoplan con unos asientos de válvula formados en el colector. La válvula de entrada 135 se comunica entre el canal de flujo de alimentación paralelo 137 y la cámara de adsorción 101, a través del canal 115 y el distribuidor de flujo radial 114. El canal de flujo de alimentación 137 se comunica con todas las cámaras de adsorción del aparato a través de sus respectivas válvulas. A partir de la figura 4, que muestra la válvula 135 en su posición cerrada, se puede apreciar que el flujo a través del canal de alimentación 137 entre las cámaras de adsorción del aparato no se ve impedido materialmente por la válvula 135, esté en la posición abierta o cerrada. Esta característica se puede garantizar proporcionando un canal de flujo 137 con la suficiente área de sección para garantizar que fluya fácilmente a través del canal, lo que resulta crucial para la aplicación de los ciclos de PSA de la solicitud de patente de EE.UU. n.º 10/269.064. Asimismo, la válvula de descarga 136 se comunica con un canal de flujo de descarga paralelo 138, que se encuentra en comunicación fluida con todas las cámaras de adsorción 101 del aparato a través de sus respectivas válvulas. Las figuras muestran un colector que está mecanizado, y los elementos del canal 115 están formados mediante perforación. De este modo, se proporcionan unos tapones 140 para sellar los extremos del canal 115. Si el colector está formado mediante un proceso con una forma de red tal como el colado, los tapones 140 no son necesarios. Asimismo, los tapones se pueden sustituir por sensores, válvulas de seguridad u otros accesorios. Además, los canales de flujo 115 y/o 137 pueden estar dotados de otras características para proporcionar conexiones para sensores, retirada de muestras, etc. Al proporcionar estas características adicionales no se está limitando la presente invención en modo alguno.

Asimismo, el colector de salida 103 está provisto de una válvula de producto 141, una válvula de compensación 142 y una válvula de compensación 143. Estas válvulas se comunican con el conducto de producto 144, el primer conducto de compensación 145 y el segundo conducto de compensación 146. Cada uno de estos conductos está en conexión fluida con cada una de las cámaras de adsorción del aparato de PSA a través de las respectivas válvulas para cada cámara. El aparato que se muestra está destinado al ciclo de PSA de especial preferencia con siete recipientes de adsorción y tres compensaciones de presión de la solicitud de EE.UU. 10/269.064 del presente inventor. Otros ciclos de PSA usarían un número diferente de válvulas y conductos. Por ejemplo, los ciclos de seis o cinco cámaras de adsorción de la aplicación mencionada anteriormente omitirían uno de los conductos de compensación y válvulas que se ilustran en las figuras para cada cámara de adsorción.

El conducto de compensación 145 está provisto, además, de un elemento poroso de restricción de flujo 147 que queda retenido mediante el anillo de retención 148. Otra posibilidad consiste en usar el anillo de retención para fijar una placa con un orificio de control de flujo. También se pueden proporcionar otros elementos tales como válvulas de retención o válvulas de control de flujo. Estas características se pueden proporcionar únicamente para un canal de flujo paralelo como el que se muestra aquí, o para más de un canal.

El aparato que se ilustra en la presente memoria descriptiva usa unas válvulas de pistón preferentes, según se describen en la solicitud de patente de EE.UU. n.º 10/269.067, con accionamiento por aire. Otra posibilidad consiste en que las válvulas sean accionadas por solenoide, hidráulicamente o mecánicamente a través de un sistema de accionamiento mecánico tal como un árbol de levas. La elección del accionamiento de las válvulas no limita la presente invención, y no resta valor a las ventajas de la misma. Además, todas las válvulas usadas por el aparato ilustrado son del mismo tamaño. En el presente aparato se pueden combinar ventajosamente válvulas de diferentes tamaños y tipos para lograr la combinación deseada de propiedades del flujo. Además, aunque se ilustra el aparato de mayor preferencia que emplea conductos de flujo paralelos, también se puede realizar un ciclo de PSA tradicional, que no emplea conductos de flujo paralelos, proporcionando los elementos de flujo interno necesarios.

Los colectores de la presente invención pueden fabricarse mediante mecanizado a partir de una pieza de material macizo, o mediante mecanizado a partir de una pieza en forma de red fabricada mediante colado o uniendo capas de material mediante soldadura fuerte o blanda o una unión adhesiva. Además, los colectores pueden fabricarse como un conjunto monolítico, o pueden estar formados con varias piezas unidas mediante sujeciones u otros medios y sellados por medio de elementos de estanqueidad para el fluido tales como juntas de estanqueidad. La elección de la técnica de fabricación no limita las ventajas de la presente invención.

La fig. 5a muestra una segunda forma de realización del aparato de PSA de la presente invención. Los pernos de anclaje de la primera forma de realización se omiten y se sustituyen por paneles estructurales 200 y 201. Estos paneles se fijan a los colectores 102 y 103 mediante las sujeciones 202. Un ejemplo de sujeción preferida es un tornillo mecanizado, aunque se pueden emplear otros tipos de sujeciones. Otra posibilidad consiste en que la unión entre los paneles estructurales y los colectores se produzca a través de una unión adhesiva o soldadura fuerte o débil. De hecho, se puede usar cualquier conexión de soporte de carga que una los colectores a los paneles estructurales. Esta conexión permite soportar la carga de la presión que separa los dos colectores mediante los paneles estructurales en un estado de tensión de tracción

sustancialmente puro. El diseño de un panel plano en tensión es sencillo y los materiales de construcción tales como las planchas metálicas o poliméricas destacan por su capacidad de soportar la carga de tracción. El uso de paneles estructurales distribuye ventajosamente la carga de la presión a lo largo del límite de los colectores, aliviando de este modo las tensiones locales generadas por los pernos de anclaje 104 de la primera forma de realización.

5 En la figura 5a también se muestran unos paneles similares 203 y 204 que sirven como soportes estructurales para el módulo. De nuevo, ventajosamente, se fijan mecánicamente al colector usando unos medios que resulten adecuados para soportar las cargas mecánicas impuestas por el peso del módulo, así como cualquier carga adicional debida al viento, la acción sísmica, cargas de transporte, cargas de servicio, etc. Dichos paneles estructurales pueden estar provistos ventajosamente de elementos de interconexión 205 con el fin de crear una estructura de soporte más rígida y más fuerte. 10 Además, se pueden proporcionar elementos de montaje 206 para permitir la conexión segura entre los paneles de soporte y la base del módulo. Se pueden proporcionar opcionalmente unas partes de acceso recortadas 207 en los paneles de soporte con el fin de facilitar el mantenimiento y la inspección de las válvulas. El módulo también puede estar provisto ventajosamente de una tapa superior 208 que proporciona a las válvulas una protección contra factores climáticos. Esta tapa puede estar provista de una abertura de accionamiento de válvulas 209 para permitir la instalación de los medios de accionamiento de válvulas necesarios, ya sean líneas neumáticas o eléctricas. Otra posibilidad consiste en que el aparato de control de válvulas esté situado ventajosamente en el interior de la tapa de las válvulas 208, protegido de la acción del clima. En este caso, solo sería necesaria una línea de alimentación eléctrica y/o neumática.

En la fig. 5b se muestra una vista ensamblada de la segunda forma de realización del aparato de PSA 210. Es evidente que si los paneles estructurales de la presente invención se aplican en todos los lados del módulo, proporcionan un grado de protección sustancial contra los daños accidentales sufridos por las cámaras de adsorción. Estos daños se pueden producir fácilmente durante el transporte y la instalación. Las válvulas también están bien protegidas. Por lo tanto, es evidente que en algunas situaciones puede resultar ventajoso combinar los paneles de la segunda forma de realización con los pernos de anclaje de la primera forma de realización. Un ejemplo principal lo constituye el caso en el que las leyes de presión local para los recipientes no permiten los paneles estructurales de la presente invención, pero permiten los pernos de anclaje. Además, se pueden proporcionar paneles temporales cuya única función consiste en la protección durante el transporte, y que se fijan usando unos medios similares a los usados para los paneles estructurales. Para aplicaciones especiales en las que se requiera facilidad de acceso a las válvulas o cámaras de adsorción, el aparato de PSA puede estar provisto de paneles en solo dos de los tres lados, siempre que la resistencia estructural de los paneles restantes se eleve correspondientemente.

30 Los paneles del aparato de PSA de la presente invención reducen ventajosamente la complejidad del montaje. También facilitan una reducción en el peso, ya que reducen los esfuerzos localizados relacionados con los pernos de anclaje. Estas ventajas se combinan con una mejora en la durabilidad para el transporte y la manipulación, protección ante factores climáticos y unas cualidades estéticas mejoradas en comparación con los procedimientos de la técnica anterior.

La figura 6 es una vista en perspectiva del sistema de PSA de la presente invención, en cuya aplicación se usa el aparato de PSA preferido de la presente invención. Los elementos descritos en la figura 1 se indican mediante sus números en la figura 6. El área ocupada por el sistema de PSA se puede reducir considerablemente si no se proporciona entre los módulos un espacio de acceso para el mantenimiento. Esto se puede lograr usando el aparato preferido, ya que todas las tareas de mantenimiento se pueden realizar con acceso exclusivo a la parte superior y la parte inferior de los módulos. La disposición física de los módulos no es restrictiva, y cualquier disposición mecánica que logre realizar las interconexiones de fluido de la presente invención ofrecerá las ventajas especiales de la presente invención.

La presente invención proporciona numerosas ventajas. Por ejemplo, la presente invención proporciona un aparato de adsorción por cambio de presión que no requiere conectores de fluido entre recipientes de adsorbente. Además, la presente invención proporciona un aparato de adsorción por cambio de presión que no requiere soldaduras para su construcción. La presente invención también proporciona un aparato de adsorción por cambio de presión que posee un volumen mínimo. Además, la presente invención proporciona un aparato de adsorción por cambio de presión que no requiere un soporte estructural para los recipientes de adsorbente. Aunque estas ventajas estructurales pueden resultar útiles en determinadas circunstancias, dichas características estructurales no son necesarias en la presente invención.

50 Cabe señalar que las formas de realización ejemplares que se ilustran y se describen en la presente memoria descriptiva explican las formas de realización preferidas de la presente invención, y no tienen por objeto limitar a ellas en modo alguno el alcance de las reivindicaciones.

En vista de lo explicado anteriormente, hay numerosas modificaciones y variaciones posibles de la presente invención. Por lo tanto, se debe entender que, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la invención puede llevarse a la práctica de una forma distinta a la descrita específicamente en la presente memoria descriptiva.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de adsorción por cambio de presión (PSA) que comprende:
- un primer grupo de módulos de PSA que incluye una pluralidad de primeros módulos de PSA (10, 20, 30, 40),
- un segundo grupo de módulos de PSA que incluye una pluralidad de segundos módulos de PSA (50, 60, 70, 80),
- 5 un colector de alimentación de gas (2) conectado con dichos primeros módulos de PSA y dichos segundos módulos de PSA;
- un colector de producto (3) conectado con dichos primeros módulos de PSA y dichos segundos módulos de PSA;
- un colector de descarga (4) conectado con dichos primeros módulos de PSA y dichos segundos módulos de PSA, **caracterizado porque**
- 10 cada uno de los primeros módulos de PSA funciona con un primer ciclo de PSA en sincronización con los otros primeros módulos de PSA,
- en el que cada uno de los segundos módulos de PSA funciona con un segundo ciclo de PSA en sincronización con los otros segundos módulos de PSA, y
- en el que dicho primer ciclo de PSA tiene un desfase con respecto a dicho segundo ciclo de PSA,
- 15 en el que cada uno del primer y segundo módulos incluye una pluralidad de cámaras de adsorción, y la pluralidad de cámaras de adsorción de cada módulo están conectadas en paralelo con una primera (11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81), una segunda (12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82) y una tercera (13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83) válvula de aislamiento,
- en el que la primera, la segunda y la tercera válvula de aislamiento están conectadas entre cada uno de los módulos primero y segundo y el colector de alimentación de gas, colector de producto y colector de descarga, respectivamente,
- 20 en el que dicha pluralidad de primeros módulos de PSA y dicha pluralidad de segundos módulos de PSA comprenden, cada uno:
- una pluralidad de cámaras de adsorción presurizadas (101);
- un colector de entrada provisto de un canal de alimentación (137) conectado con dicho colector de alimentación (102) y cada cámara de adsorción presurizada de dicha pluralidad de cámaras de adsorción presurizadas, y dicho colector de entrada está provisto de un canal de descarga (138) conectado con dicho colector de descarga y cada cámara de adsorción presurizada de dicha pluralidad de cámaras de adsorción presurizadas;
- 25 un colector de salida provisto de un canal de producto (144) conectado con dicho colector de producto (103) y cada cámara de adsorción presurizada de dicha pluralidad de cámaras de adsorción presurizadas; y
- una estructura rígida que conecta dicho colector de entrada con dicho colector de salida,
- 30 en la que dicha estructura rígida une estructuralmente dicho colector de entrada y dicho colector de salida con dicha pluralidad de cámaras de adsorción presurizadas
2. El sistema de PSA según la reivindicación 1, en el que dicho ciclo de PSA tiene un desfase de ciento ochenta grados con respecto a dicho segundo ciclo de PSA.
3. El sistema de PSA según la reivindicación 1, que comprende además un tercer grupo de módulos de PSA que incluye una pluralidad de terceros módulos de PSA, y un cuarto grupo de módulos de PSA que incluye una pluralidad de cuartos módulos de PSA, en el que:
- 35 dicho colector de alimentación de gas está conectado con dichos terceros módulos de PSA y dichos cuartos módulos de PSA;
- dicho colector de producto está conectado con dichos terceros módulos de PSA y dichos cuartos módulos de PSA;
- 40 dicho colector de descarga está conectado con dichos terceros módulos de PSA y dichos cuartos módulos de PSA;
- cada uno de los terceros módulos de PSA funciona con un tercer ciclo de PSA en sincronización con los otros terceros módulos de PSA;
- cada uno de los cuartos módulos de PSA funciona con un cuarto ciclo de PSA en sincronización con los otros cuartos módulos de PSA; y
- 45 en el que dicho primer ciclo de PSA, dicho segundo ciclo de PSA, dicho tercer ciclo de PSA y dicho cuarto ciclo de PSA tienen un desfase unos con respecto a otros.

4. El sistema de PSA según la reivindicación 3, en el que dicho primer ciclo de PSA, dicho segundo ciclo de PSA, dicho tercer ciclo de PSA y dicho cuarto ciclo de PSA funcionan con un desfase de noventa grados.
5. El sistema de PSA según la reivindicación 1, en el que dicho primer grupo de módulos de PSA incluye cuatro módulos de PSA, y en el que dicho segundo grupo de módulos de PSA incluye cuatro módulos de PSA.
- 5 6. El sistema de PSA según la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos primeros módulos de PSA incluye siete cámaras de adsorción que funcionan utilizando tres compensaciones de presión durante dicho primer ciclo de PSA.
7. El sistema de PSA según la reivindicación 1, en el que dicho primer grupo de módulos de PSA incluye un primer número predeterminado de primeros módulos de PSA y dicho segundo grupo de módulos de PSA incluye un segundo número predeterminado de segundos módulos de PSA, y en el que dicho primer número predeterminado es igual a dicho segundo número predeterminado.
- 10 8. El sistema de PSA según la reivindicación 1, que comprende además:
un tanque de compensación de producto (5) conectado con dicho colector de producto; y
un tanque de compensación de descarga (6) conectado con dicho colector de descarga.
- 15 9. El sistema de PSA según la reivindicación 1, en el que cada primer módulo de PSA incluye un primer número predeterminado de primeras cámaras de adsorción de PSA y cada segundo módulo de PSA incluye un segundo número predeterminado de segundas cámaras de adsorción de PSA, y en el que dicho primer número predeterminado es igual a dicho segundo número predeterminado.

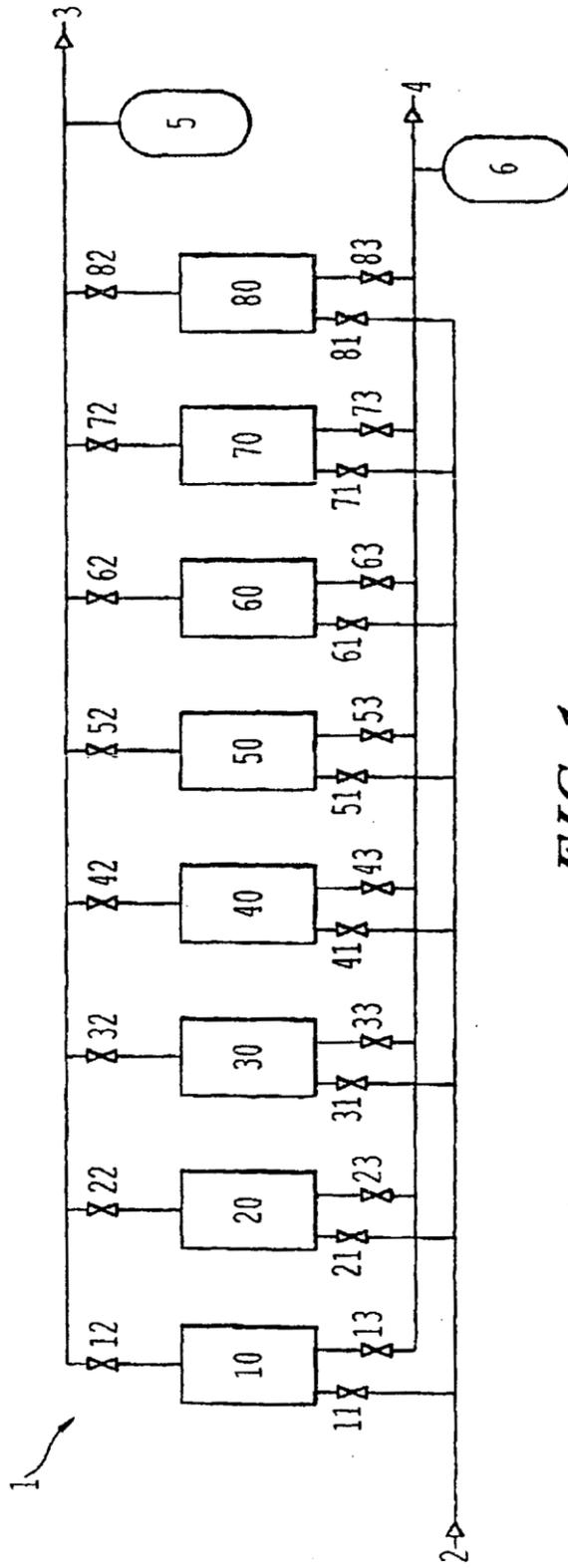


FIG. 1

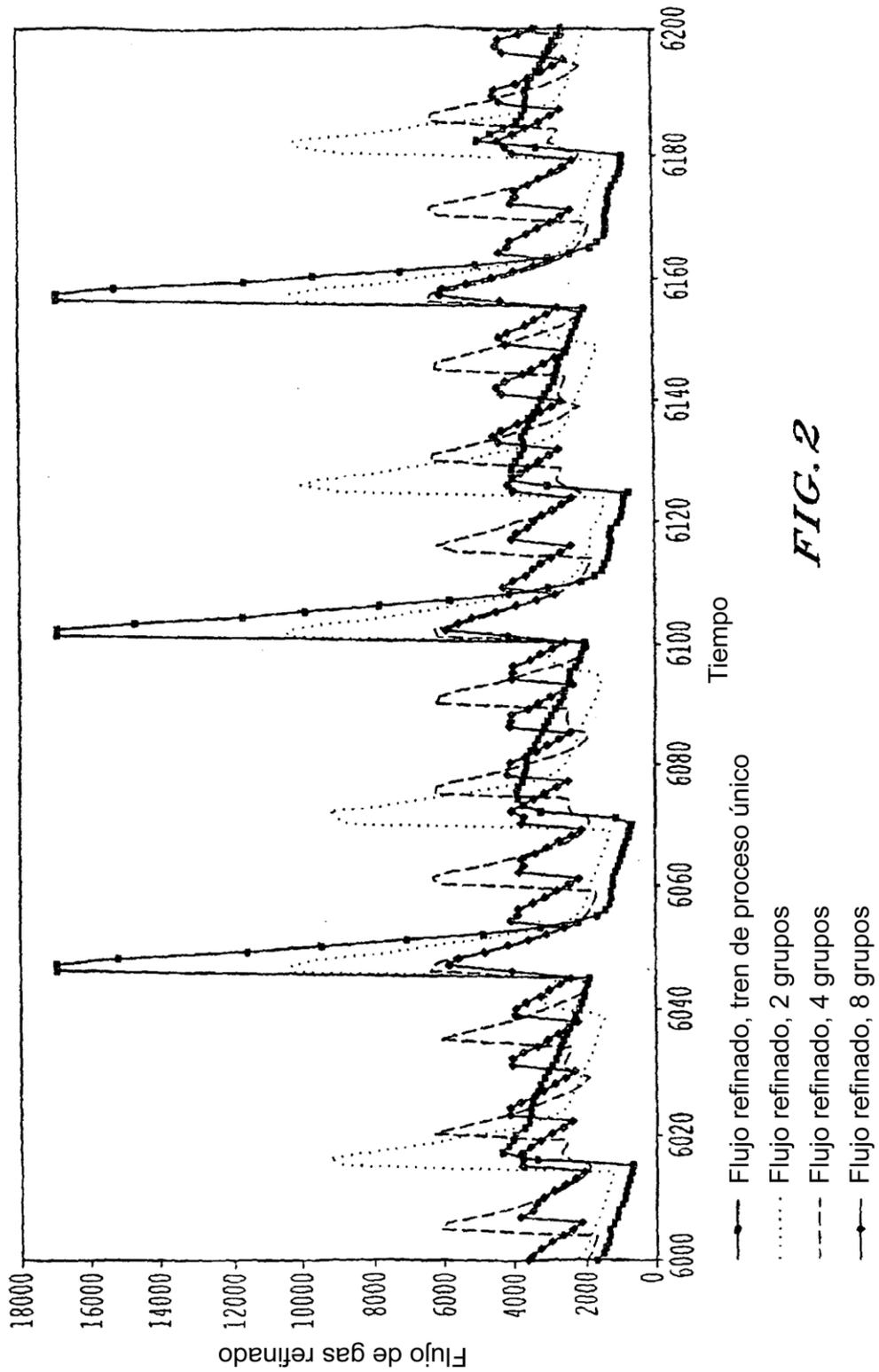


FIG. 2

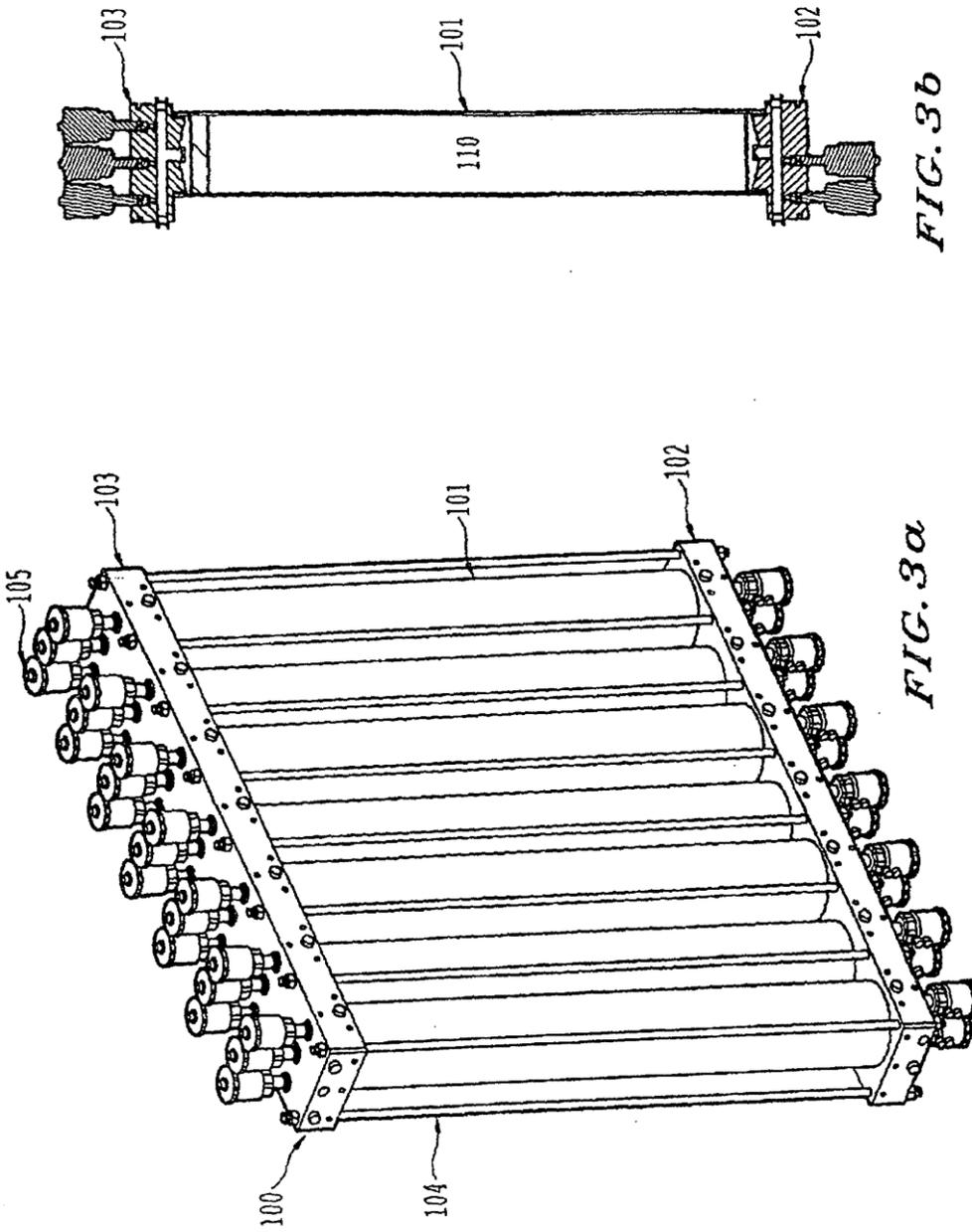


FIG. 3b

FIG. 3a

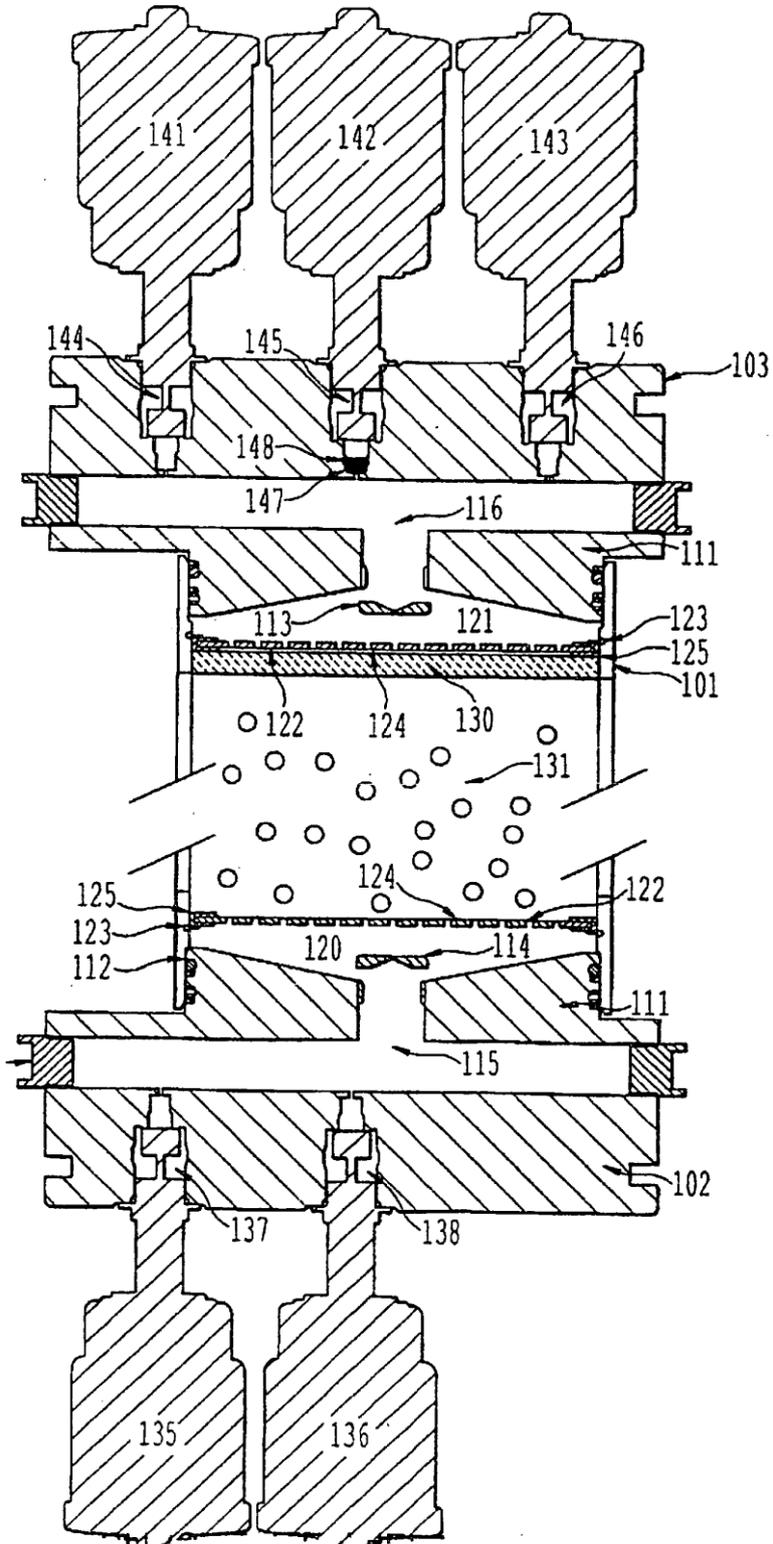
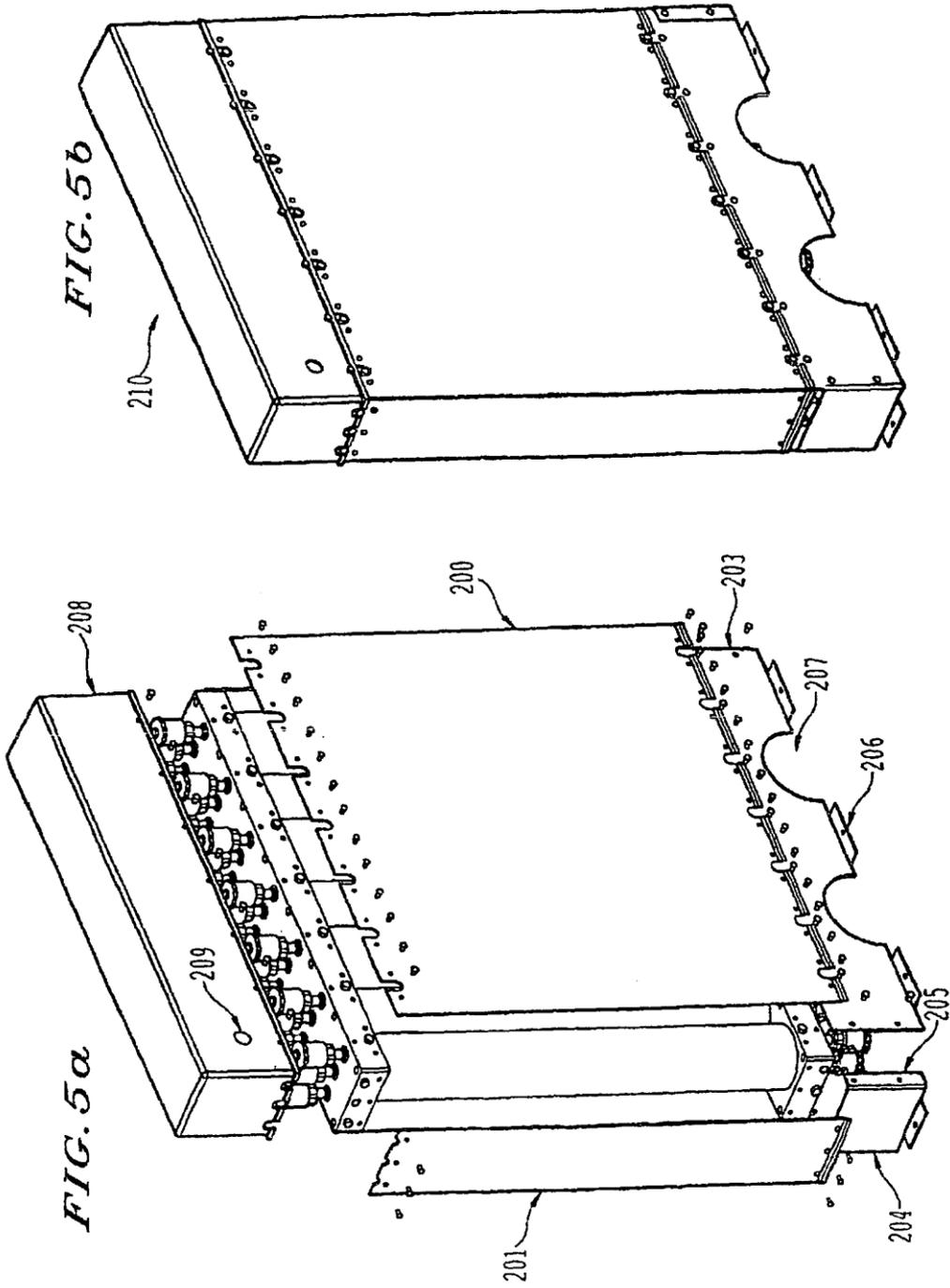


FIG 4



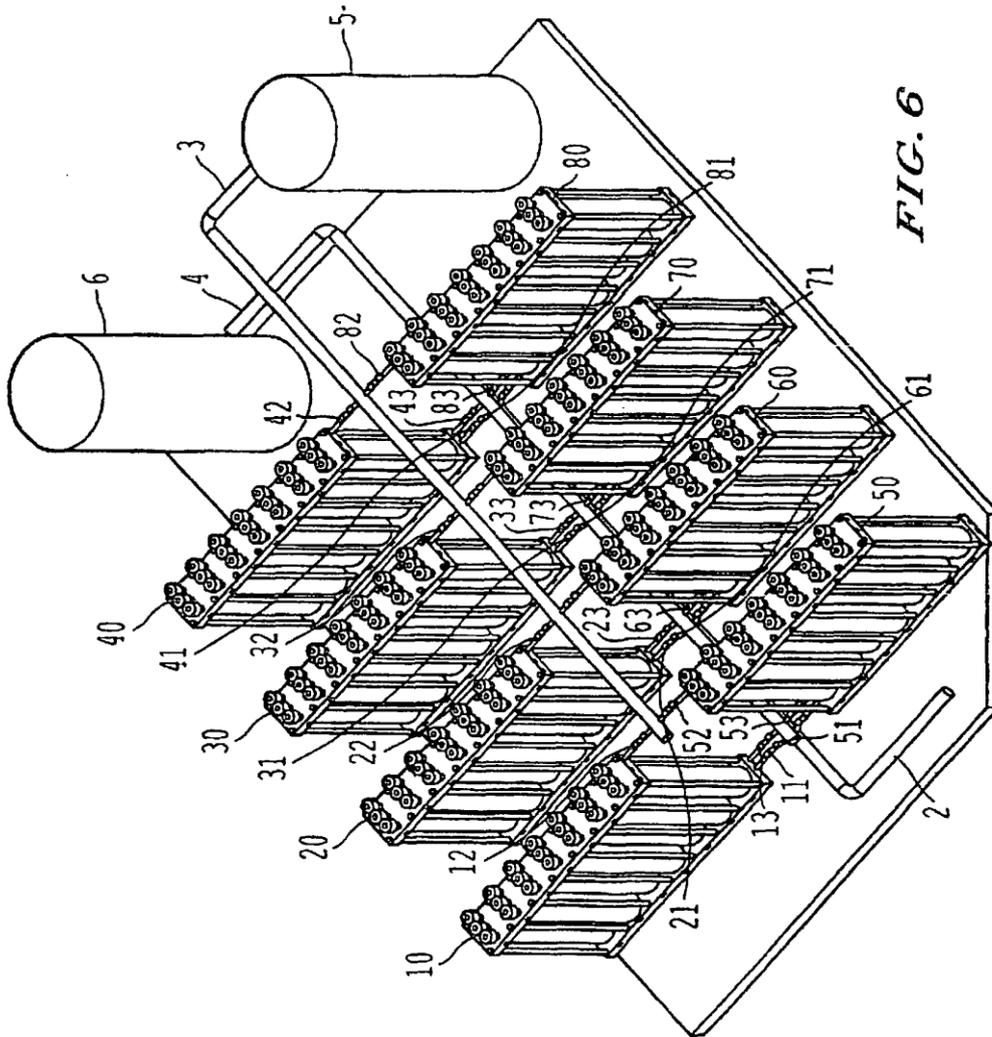


FIG. 6

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La presente lista de referencias citadas por el solicitante tiene el único fin de servir de ayuda al lector. No forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha prestado la mayor atención al recopilar las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones, y la EPO niega toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 3986849 A, Fuderer [0003]
- US 4234322 A, De Meyer [0004]
- US 269064 A [0004] [0026] [0033] [0041]
- US 6051050 A, Keefer [0005]
- US 5112367 A [0005]
- US 5268021 A [0005]
- US 5366541 A [0005]
- US 10269067 A [0007]
- US 10269064 B [0007] [0042]
- US 5656068 A [0008]
- US 269067 A [0044]