



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 393**

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04750032 .7**
96 Fecha de presentación : **26.04.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1641549**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.04.2006**

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

30 Prioridad: **09.07.2003 US 615244**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.11.2011

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

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

74 Agente: **Polo Flores, Carlos**

ES 2 367 393 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 modular de adsorción por oscilación de presión

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a procedimientos de adsorción por oscilación de presión (PSA). La PSA es un procedimiento que normalmente se usa para la purificación de gases. Aplicaciones de ejemplo incluyen separación de hidrógeno y mezclas de gas, separación de helio y gas natural, purificación de gas de vertedero y separación de aire para producción de oxígeno, nitrógeno y/o argón.

15 Análisis de los antecedentes

Muchos sistemas de PSA están limitados por sus grandes fluctuaciones de flujo de gas refinado y pobre. Dichas fluctuaciones necesitan tanques de compensación o almacenamiento bastante grandes para amortiguar la fluctuación de flujo adecuadamente para permitir la función propia del equipo de procesamiento adicional conectado al sistema de PSA.

20 Tradicionalmente, las separaciones de gas a escala industrial se realizaban usando ciclos de PSA que tenían al menos una etapa de igualación de presión para aumentar el factor de recuperación del gas pobre a presión a una pureza determinada. En los ciclos de PSA, un mayor factor de recuperación disminuye la cantidad de gas desechado al tanque de compensación de gas refinado y garantiza un flujo casi continuo de gas pobre a presión. Se conocen ciclos que tienen tres o más igualaciones. Otra etapa que se lleva a cabo, en la técnica, para reducir la pulsación de flujo es efectuar ciclos que tienen muchas igualaciones y muchos recipientes en un único tren de procesamiento. Un ejemplo de un sistema de PSA que tiene muchos recipientes y muchas etapas de igualación es la patente estadounidense N° 3.986.849, de Fuderer y col., en la que se describen trenes de procesamiento que tienen diez recipientes de adsorbente y cincuenta y cinco válvulas. En aplicaciones industriales, los elevados costes de funcionamiento y energía asociados a la pérdida de gas pobre recuperable normalmente han sido mayores que el considerable aumento de la complejidad asociado a ciclos de PSA más complejos que tienen una o más igualaciones de presión, salvo para plantas muy grandes. Por lo tanto, la mayoría de plantas usan tanques de compensación extremadamente grandes tanto para gas refinado como para gas pobre a presión.

35 Sistemas de PSA de todo tipo, pero especialmente los que tienen varias igualaciones, también están sujetos a serias limitaciones debido a su excesiva complejidad y a la correspondiente elevada cantidad de piezas. Dicha complejidad no sólo aumenta considerablemente la probabilidad de fallo de un componente, sino que también aumenta considerablemente el tamaño del sistema, el tiempo de ensamblaje y el coste del material. La mayoría de sistemas de PSA son sistemas con un punto único de fallo, siendo excepciones destacadas los procedimientos que se describen en la patente estadounidense N° 4.234.322, de De Meyer y col., y en la solicitud estadounidense con número de serie 10/269.064. Incluso en los procedimientos de ejemplo, con el tiempo, la planta de PSA se debe parar para llevar a cabo el mantenimiento del componente defectuoso. Dichas paradas son muy poco aconsejables dado que provocan una pérdida de tiempo de producción considerable en toda la instalación de procesamiento. Además, cuando la PSA está conectada a un procedimiento a temperatura elevada, tal como un reformador de vapor de hidrocarburos, un reformador autotérmico, un reformador de oxidación parcial, una planta de síntesis de amoníaco o un fraccionador de etileno, la vida útil del equipo de procesamiento conectado se puede reducir mucho debido a las grandes tensiones mecánicas provocadas durante un evento de parada y reanudación.

50 En la patente estadounidense N° 6.051.050, de Keefer y col., se describen sistemas que usan varios módulos de PSA giratorios en paralelo a fin de lograr una mayor capacidad total del sistema, pero no se describe un procedimiento o estrategia para hacer funcionar dichos módulos en el caso de malfuncionamiento. Los módulos giratorios de la patente de Keefer y col. son bastante diferentes a los aceptados en la práctica industrial y no están sujetos al mismo tipo de fallo de válvula en punto único que los aparatos de PSA con válvulas. Su modo de fallo es por medio de fallo gradual de la junta. Los módulos de la patente de Keefer y col. también tienen una gran cantidad de lechos activos y, por lo tanto, les afectan menos las variaciones de la pulsación de caudal de gas refinado y pobre. Los módulos giratorios de baja pulsación de la patente de Keefer y col. y de las invenciones similares que se describen en la patente estadounidense N° 5.112.367, en la patente estadounidense N° 5.268.021 y en la patente estadounidense N° 5.366.541 tienen pérdidas inevitables debido a su uso de juntas deslizantes. Dichas pérdidas tienen como resultado una reducida pureza y recuperación de gas pobre, así como problemas de mantenimiento debido a la limitada vida útil de la junta. La alta presión empeora estos problemas, haciendo que los módulos giratorios sean menos aconsejables para separaciones considerables, desde el punto de vista industrial, que los típicos aparatos de PSA con válvulas.

Debido al gran tamaño de los típicos sistemas de PSA con válvulas y a su coste muy elevado sigue siendo muy poco aconsejable proporcionar capacidad de PSA de reserva para evitar paradas de procesamiento, especialmente para sistemas de PSA con válvulas que tienen igualaciones de presión y gran cantidad de lechos de adsorbente, con su correspondiente gran complejidad.

Por el presente, los inventores incorporan como referencia, en su totalidad, un aparato mejorado para sistemas de PSA avanzados que reduce ampliamente la complejidad del aparato de PSA que utiliza las igualaciones de presión, que se expone en la solicitud estadounidense con número de serie 10/269.067, y procedimientos para realizar ciclos de PSA que reducen drásticamente la cantidad de válvulas necesarias para realizar los ciclos de PSA que se exponen en la solicitud estadounidense con número de serie 10/269.064.

En la patente estadounidense N° 5.549.736 se describe una lumbrera (G) y una válvula de retención 48 y una válvula de aguja 90 conectadas a las columnas de adsorbente 46.

RESUMEN DE LA INVENCION

Por consiguiente, la presente invención tal como se cita en la reivindicación 1 proporciona, de manera ventajosa, un sistema de adsorción por oscilación de presión, con válvulas, con reducidas pulsaciones de flujo.

El sistema de adsorción por oscilación de presión de la presente invención se puede reparar mientras está funcionando.

La presente invención proporciona además, de manera ventajosa, un sistema de adsorción por oscilación de presión con mayor fiabilidad.

La presente invención proporciona un aparato para sistemas de adsorción por oscilación de presión que elimina momentos de flexión en las conexiones de extremo de los recipientes de adsorbente.

La presente invención proporciona además, de manera ventajosa, un aparato de adsorción por oscilación de presión con una cubierta estructural integral.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Una comprensión más completa de la invención y de muchas de sus ventajas correspondientes resultará más evidente haciendo referencia a la siguiente descripción detallada, en particular, cuando se considere conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 es un diagrama esquemático de flujo de un sistema de PSA de la presente invención;

la Figura 2 es un gráfico que muestra la reducción de pulsaciones de flujo que se logra con el sistema de PSA de la presente invención;

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

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

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

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

la Figura 6 muestra un sistema de PSA de la presente invención implementado usando la primera forma de realización del aparato de PSA de la presente invención.

DESCRIPCIÓN 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 tienen sustancialmente la misma función y disposición se indican con los mismos números de referencia y sólo se repetirán las descripciones cuando sea necesario.

La Figura 1 es un diagrama esquemático de flujo correspondiente a un sistema de PSA 1 de la presente invención que tiene un colector de alimentación de gas a presión 2, un colector de gas pobre a presión 3 y un colector de gas refinado a baja presión 4. El colector de gas pobre 3 está provisto de un tanque de compensación de gas pobre 5, mientras que el colector de gas refinado 4 está provisto de un tanque de compensación de gas refinado 6. En el procedimiento de la presente invención, al menos un primer módulo de PSA 10 y un segundo módulo de PSA 20 están conectados a los colectores de alimentación, de gas pobre y de gas refinado. En la forma de realización de la Figura 1, ocho módulos de PSA 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 se hacen funcionar en paralelo. En el procedimiento de la presente invención se puede utilizar cualquier cantidad de módulos en paralelo y se eligen ocho módulos únicamente como ejemplo.

Los módulos de PSA están conectados al colector de alimentación 2 por medio de sus respectivas válvulas de aislamiento 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71 y 81. Los módulos de PSA están conectados al colector de gas pobre 3 por medio de sus respectivas válvulas de aislamiento 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72 y 82. Los módulos de PSA están conectados al colector de gas refinado 4 por medio de sus respectivas válvulas 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73 y 83. Cuando todas estas válvulas están en su posición abierta, cada módulo de PSA está conectado de manera fluida en paralelo. Módulos de PSA individuales se pueden aislar de los colectores de fluido cerrando las válvulas que conectan ese módulo a los colectores. Por ejemplo, el módulo 20 se puede aislar cerrando las válvulas 21, 22 y 23. Una vez aislado un módulo, se puede llevar a cabo el mantenimiento de dicho módulo mientras que el resto de los módulos instalados siguen produciendo. Si se observara que el módulo 20 tiene un componente que funciona mal o defectuoso, se podría aislar de los colectores de procesamiento de PSA 2, 3 y 4 cerrando las válvulas 21, 22 y 23 y, a continuación, se puede realizar el mantenimiento. Los módulos de PSA 10, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 seguirían funcionando normalmente. La capacidad máxima del sistema sería de 7/8 de la capacidad original. Esta ligera reducción de la capacidad total se puede solucionar haciendo funcionar los módulos de PSA restantes a una frecuencia de ciclo de funcionamiento mayor o se puede arreglar diseñando una capacidad adicional en el sistema total, de manera que no se experimentan degradaciones de rendimiento considerables cuando funcionan en condiciones de caudal ligeramente elevadas.

La Figura 2 ilustra otra ventaja del procedimiento de PSA de la presente invención. La Figura 2 es un gráfico que muestra un caudal de gas refinado a baja presión frente a tiempo correspondiente a cuatro estrategias de funcionamiento diferentes para el sistema de PSA 1 de la Figura 1. Estas trazas son para una PSA de tres igualaciones y siete lechos tras el procedimiento de la solicitud estadounidense con número de serie 10/269.064, pero el efecto es similar para cualquier ciclo de PSA. Los ciclos de PSA que usan menos de tres igualaciones mostrarían una pulsación aún más pronunciada en el caudal de gas refinado.

Si el sistema de PSA se hace funcionar con cada módulo sincronizado para que realice sus ciclos de PSA individuales en fase, las pulsaciones de flujo son iguales que haciendo funcionar un único tren de procesamiento 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, la matriz de módulos de PSA se hace funcionar desfasada, de manera que los períodos de generación de gas refinado están desfasados entre sí. En una primera forma de realización de la presente invención, los ocho módulos del sistema de PSA se hacen funcionar en dos grupos de cuatro, con cada grupo funcionando con un desfase de 180 grados entre sí. La Figura 2 muestra que esto tiene como resultado que el caudal de gas refinado varíe entre, aproximadamente, 1.500 y 9.000 unidades. Una proporción de, aproximadamente, 6:1, que es casi tres veces menos que en el caso del procedimiento de la técnica anterior de hacer funcionar un único tren de procesamiento o hacer funcionar muchos módulos tanto en paralelo como en fase. En esta primera forma de realización, cada grupo usa la mitad del total de módulos disponibles. Para el ejemplo de un sistema de ocho módulos, esto tiene como resultado cuatro grupos de módulos. Si un módulo falla y se debe aislar para repararlo, el sistema mantiene la capacidad de 7/8, pero la forma de onda del caudal de gas refinado cambiaría debido a la naturaleza asimétrica de los dos grupos de recipientes. El caudal a través de los tres recipientes restantes del grupo aumentaría hasta el 33% durante algunas etapas de procedimiento, un factor que se debe tener en cuenta para evitar la fluidización de los adsorbentes y/o choques de 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 se hace funcionar con un desfase de 90 grados. La Figura 2 muestra que el caudal de gas refinado resultante varía entre aproximadamente 2.000 y 6.000, una proporción de, aproximadamente, 3:1. Esto es aproximadamente la mitad de la variación de caudal experimentada en la primera forma de realización, en la que dos grupos de módulos

funcionan con un desfase de 180 grados, y un sexto de la variación del procedimiento de la técnica anterior. Si bien esta reducción de la variación de caudal es admirable, reduce la cantidad de módulos por grupo a dos para el ejemplo de un sistema de ocho módulos. Si hubiera que reparar un módulo, el cambio de caudal para el resto de módulos del grupo sería del 100% durante algunas etapas del ciclo, un factor que se debe tener en cuenta a la hora de diseñar los recipientes y sus válvulas de interconexión y conductos de flujo.

En una configuración alternativa adicional de la presente invención, se utilizan ocho grupos de módulos con sus ciclos con un desfase de 45 grados. Esto produce sólo una modesta disminución de la pulsación de caudal en comparación con los cuatro grupos y tiene como resultado cambios de caudal aún mayores en caso de que sea necesario reparar un módulo. Por ejemplo, en el ejemplo del sistema de ocho módulos cada módulo funcionaría de manera independiente.

Si bien anteriormente se han descrito y se muestran en la Figura 2 grupos pares, también son posibles grupos impares. De hecho, es posible cualquier cantidad de grupos. Además, también se puede usar cualquier cantidad de módulos para producir cualquier cantidad de módulos por grupo. Las formas de realización que se han analizado anteriormente dan por supuesto que los grupos funcionan con un desfase de 180, 90 y 45 grados. Para un ciclo de PSA determinado para cada módulo, pueden ser aconsejables diferentes ajustes de fase para minimizar las variaciones de flujo del gas pobre, del gas refinado o de ambos.

Se prefiere que cada grupo tenga la misma cantidad de recipientes a fin de minimizar las variaciones de flujo de todo el sistema, así como las variaciones de caudal a través de un módulo determinado a fin de evitar los problemas de fluidización de los adsorbentes y choques de fluido. El equilibrio entre la cantidad de grupos y la cantidad de módulos por grupo se debe optimizar para cada aplicación de la presente invención. En una aplicación en la que un tiempo de inactividad minimizado para el equipo conectado es la mayor prioridad, se prefiere un sistema con menos grupos teniendo cada uno una cantidad mayor de módulos en paralelo. En un sistema en el que la fiabilidad es menos importante que la pulsación de caudal, se deseará una mayor cantidad de grupos con menos módulos.

La Figura 3a ilustra un aparato preferente para el módulo de PSA de la presente invención. El módulo de PSA tiene siete cámaras de adsorbente 101 dispuestas entre un colector de alimentación 102 y un colector de gas pobre 103. Las cámaras de adsorbente a presión están sujetas en una relación fija con los colectores por medio de tirantes de anclaje 104. Tanto el colector de alimentación como el de gas pobre 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 preferente para realizar el ciclo de tres igualaciones de presión con siete recipientes de adsorbente que se describe en la solicitud estadounidense con número de serie 10/269.064. Asimismo, se puede usar preferentemente el aparato de la presente invención para realizar otros ciclos que se describen en la misma, así como otros ciclos de PSA de la técnica relacionada.

La vista en sección lateral 3b muestra una única cámara de adsorbente 101 provista de una masa adsorbente 110. La masa adsorbente puede ser un único tipo de adsorbente o puede estar hecha de mezclas de adsorbente o de distintas capas de adsorbente. La elección de la composición y el tamaño de la masa adsorbente depende de las condiciones de flujo del procedimiento, de la separación de interés y del ciclo de PSA y no limita en modo alguno la presente invención. La cámara de adsorbente está conectada de manera estanca al colector de entrada 102 y al colector de salida 103.

La Figura 4 muestra una vista en sección, en despiece ordenado, de la cámara de adsorbente y de los colectores de la Figura 3b. La cámara de adsorbente 101 está unida, de manera ventajosa, a un refuerzo de estanqueidad 111 dispuesto tanto en el colector de entrada como en el de salida. Estos se muestran como elementos idénticos en la figura, pero si se desea pueden tener formas diferentes. Cada refuerzo de estanqueidad está provisto al menos de una pieza de estanqueidad 112 que afecta a la estanqueidad por fluido entre la cámara de adsorbente y el colector. Si bien, en la Figura 4 se muestran juntas radiales internas preferentes, se pueden proporcionar juntas de compresión o juntas radiales externas. Ni las juntas ni el refuerzo de estanqueidad afecta a una unión estructural rígida entre los colectores y la cámara de adsorbente.

En las cámaras de adsorbente de PSA de la técnica relacionada, la cámara de adsorbente está fijada en una relación estructural fija a una aleta de extremo o colector. Dichas conexiones rígidas, de manera poco aconsejable, dan lugar a tensiones de flexión localizadas. Debido a la naturaleza cíclica de la condición de tensión de un aparato de PSA, dicho momento de flexión puede dar lugar, de manera poco aconsejable, a problemas importantes con rotura prematura por fatiga del aparato. Dicha rotura prematura se acelera drásticamente especialmente en el caso de PSA de hidrógeno, dado que la fragilidad producida por el hidrógeno puede afectar a muchos materiales de construcción metálicos. Por lo tanto, la estanqueidad no estructural de la presente invención es especialmente

aconsejable puesto que facilita el uso de elementos estructurales mucho más finos para una resistencia a la rotura equivalente. Además, dado que la conexión estructural entre los colectores que soporta las fuerzas de presión no está en contacto con el fluido que se está purificando, se pueden usar materiales de gran resistencia que, por otro lado, son especialmente sensibles a la fragilidad producida por el hidrógeno. Por ejemplo, se puede usar acero templado para los tirantes de anclaje 104, un material inaceptable en la construcción de la técnica relacionada para sistemas de hidrógeno.

Otra ventaja del aparato estanco de la presente invención es que se pueden usar materiales diferentes para fabricar la cámara de adsorbente, los colectores y los tirantes de anclaje. Por lo tanto, para las cámaras de adsorbente se podría usar un material que tenga gran resistencia pero poca rigidez, tal como plástico reforzado con fibra de vidrio, mientras que para los colectores se podría usar un material rígido con menos resistencia, tal como aluminio o espuma de polímero de células cerradas. Por último, para los tirantes de anclaje se puede usar un tercer material. Esta libertad para optimizar cada material individualmente facilita las disminuciones potencialmente drásticas de peso y/o de coste de materiales cuando sean necesarias para una aplicación específica.

La Figura 4 muestra que los refuerzos de estanqueidad 111 están provistos de una forma interna cóncava para ayudar a la distribución de flujo desde los distribuidores de flujo radial de salida y de entrada 113 y 114. Estos pueden ser un componente independiente, como se muestra en la Figura 4, o pueden formar parte integral del colector. El distribuidor de flujo radial está en comunicación fluida con un canal de fluido 115 del colector de entrada y con un canal de fluido 116 del colector de salida. El fluido que fluye desde el canal 115 a través del distribuidor de flujo 114 se comunica con una cámara 120. La cámara está definida por la concavidad del refuerzo de estanqueidad, así como por la placa de retención de adsorbente 122, que está sujeta por medio de un anillo elástico 123. El aparato de PSA de las Figuras 3 y 4 se muestra, en este caso, con el colector de entrada en la parte inferior del aparato y con el colector de salida en la parte superior. Si el aparato se montara en la dirección opuesta, el anillo elástico 123 estaría en el otro lateral de la placa de retención.

La placa de retención 122 puede, de manera ventajosa, estar provista de una capa de malla fina 124 para retener partículas de adsorbente de poco diámetro. Dicha capa de malla puede estar hecha de malla metálica, de polímero tejido o no tejido, de vidrio o de otro material textil. La capa de malla 124 y la placa de retención 122 están preferentemente ensambladas con un anillo de estanqueidad radial 125 que las mantiene juntas para ensamblaje y proporciona una junta radial para la posible desviación de fluido o partículas. Si bien se prefiere dicho ensamblaje de retención compuesto, se pueden usar otros medios de sujeción de adsorbente igualmente satisfactorios, tales como metal, espuma de cerámica, de polímero o de metal con una estructura abierta, fieltros no tejidos u otros medios evidentes para un experto en la materia.

Preferentemente, el colector de salida está provisto de un ensamblaje de placa de retención similar, salvo que el anillo elástico 123 está posicionado para sujetar la placa de retención desde arriba. Lo más preferente es suministrar una capa elástica 130 entre la placa de retención superior y el adsorbente. Esta capa elástica se mantiene comprimida por el ensamblaje de placa de retención del extremo de salida y ejerce una carga de compresión en la masa de adsorbente 131. Materiales elásticos preferentes también hacen la función de filtración para evitar que partículas de polvo fluidizadas se introduzcan en los colectores. Ejemplos de materiales preferentes son espuma de polímero reticulado, fieltro elastomérico tejido o no tejido o fieltro impregnado de elastómero, por ejemplo, los que están hechos de fibras naturales tales como fibra de coco. Si se desea, también se puede disponer un elemento elástico en la entrada o en el extremo inferior de la cámara de adsorbente.

El colector de entrada 102 está provisto de una válvula de alimentación 135 y de una válvula de descarga 136. Dichas válvulas coinciden con 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 adsorbente 101 a través del canal 115 y del distribuidor de flujo radial 114. El canal de flujo de alimentación 137 se comunica con todas las cámaras de adsorbente del aparato a través de sus respectivas válvulas. Se puede apreciar en la Figura 4, que muestra la válvula 135 en su posición cerrada, que la válvula 135 no impide, de manera considerable, el flujo a través del canal de alimentación 137 entre cámaras de adsorbente del aparato, independientemente de si está en la posición abierta o cerrada. Esta característica se puede garantizar proporcionando un canal de flujo 137 de suficiente área transversal para facilitar el flujo a través del canal, lo que es fundamental para la implementación de los ciclos de PSA de la solicitud estadounidense con número de serie 10/269.064. Asimismo, la válvula de descarga 136 se comunica con un canal de flujo de descarga paralelo 138, que está en comunicación fluida con todas las cámaras de adsorbente 101 del aparato a través de sus respectivas válvulas. Las figuras muestran un colector que está mecanizado y el canal 115 está formado mediante perforación. Por lo tanto, se proporcionan tapones 140 para cerrar los extremos del canal 115. Si el colector está formado por medio de un procedimiento de conformado final, tal como fundición, los tapones 140 no son necesarios. Asimismo, los tapones se podrían sustituir por sensores, válvulas de seguridad u otros accesorios. Además, los canales de flujo 115 y/o 137 pueden estar provistos de características adicionales para proporcionar conexiones para sensores, extracción de muestras, etc. La provisión de

dichas características adicionales no limita en modo alguno la presente invención.

El colector de salida 103 está igualmente provisto de una válvula de gas pobre 141, de una válvula de igualación 142 y de una válvula de igualación 143. Dichas válvulas se comunican con un conducto de gas pobre 144, con un primer conducto de igualación 145 y con un segundo conducto de igualación 146. Cada uno de dichos conductos está en conexión fluida con cada una de las cámaras de adsorbente del aparato de PSA a través de las respectivas válvulas de cada cámara. El aparato que se muestra es para el ciclo de PSA con siete recipientes de adsorbente y tres igualaciones de presión de la solicitud estadounidense 10/269.064 que prefiere especialmente el inventor de la presente. Otros ciclos de PSA usarían cantidades diferentes de válvulas y conductos. Por ejemplo, los ciclos con seis o cinco cámaras de adsorbente, de la solicitud que se ha citado anteriormente, omitirían uno de los conductos y válvulas de igualación que se representan en las figuras para cada cámara de adsorbente.

Los conductos de igualación 145 están provistos adicionalmente de un elemento poroso de restricción de flujo 147 que está retenido por medio de un anillo de retención 148. Alternativamente, el anillo de retención se puede usar para sujetar una placa perforada de control de flujo. También se pueden proporcionar otros elementos, tales como válvulas de retención o válvulas de control de flujo. Dichas características se pueden proporcionar únicamente para un canal de flujo paralelo, como se muestra en este documento, o para más de un canal.

El aparato que se representa en este caso usa válvulas de pistón preferentes, según se describe en la solicitud estadounidense con número de serie 10/269.067 con accionamiento por aire comprimido. Alternativamente, las válvulas pueden ser accionadas por solenoide, accionadas hidráulicamente o accionadas mecánicamente por medio de un sistema de transmisión mecánica, 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, que usa el aparato que se representa, son de un tamaño único. En el aparato de la presente invención se pueden combinar, de manera ventajosa, válvulas de distintos tamaños y tipos para lograr la combinación deseada de propiedades de flujo. Además, si bien se representa el aparato más preferente que utiliza conductos de flujo paralelos, también se puede realizar un ciclo de PSA tradicional que no utilice conductos de flujo paralelos proporcionando las características de flujo interno necesarias.

Los colectores de la presente invención se pueden hacer mediante mecanizado de material sólido o mediante mecanizado de una pieza de conformación semifinal hecha mediante fundición o unión de capas de material mediante latonado, soldadura o encolado. Además, los colectores se pueden hacer como un ensamblaje monolítico o se pueden formar en una serie de piezas unidas por sujeciones u otros medios y sellar con juntas de fluido, tales como juntas de estanqueidad. La elección de la técnica de fabricación no limita las ventajas de la presente invención.

La Figura 5a muestra una segunda forma de realización del aparato de PSA de la presente invención. Se omiten los tirantes de la primera forma de realización y se sustituyen por paneles estructurales 200 y 201. Dichos paneles están sujetos a los colectores 102 y 103 por medio de sujeciones 202. Siendo un ejemplo de una sujeción preferente un tornillo sin tuerca, si bien se pueden utilizar otros tipos de sujeciones. Alternativamente, los medios de unión entre los paneles estructurales pueden ser encolado, latonado o soldadura. De hecho, de manera ventajosa, se puede usar cualquier conexión que soporte una carga para unir los colectores a los paneles estructurales. Esta conexión permite que los paneles estructurales soporten la carga de presión que separa los dos colectores, en una condición de tensión de tracción sustancialmente pura. El diseño de un panel plano en tensión es sencillo y materiales de construcción normales, tales como lámina de metal o de polímero, destacan por soportar una carga de tracción. El uso de paneles estructurales distribuye, de manera ventajosa, la carga de presión a lo largo del borde de los colectores, atenuando de ese modo las tensiones locales que provocan los tirantes de anclaje 104 de la primera forma de realización.

Asimismo, la Figura 5a muestra paneles similares 203 y 204 que sirven de soportes estructurales para el módulo. Nuevamente, de manera ventajosa, dichos paneles están acoplados mecánicamente al colector usando medios que son adecuados para soportar las cargas mecánicas impuestas por el peso del módulo, así como otras cargas adicionales provocadas por viento, acción sísmica, cargas de transporte, cargas útiles, etc. De manera ventajosa, dichos paneles estructurales pueden estar provistos de elementos de interconexión 205, a fin de crear una estructura de soporte más resistente y más rígida. Además, se pueden proporcionar elementos de montaje 206 para permitir una conexión segura entre los paneles de soporte y la base del módulo. Opcionalmente se pueden proporcionar aberturas de acceso 207 en los paneles de soporte a fin de facilitar el mantenimiento y la inspección de las válvulas. De manera ventajosa, el módulo también puede estar provisto de una cubierta superior 208 que protege las válvulas de los factores climatológicos. Esta cubierta puede estar provista de una lumbrera de accionamiento de válvula 209 para permitir la instalación de los medios de accionamiento de válvula necesarios, ya sean cables neumáticos o eléctricos. Alternativamente, el aparato de control de válvula puede estar situado, de manera ventajosa, dentro de la cubierta de válvula 208, protegido de los factores climatológicos. En este caso, sólo será

necesario un cable principal de alimentación neumática o eléctrica.

La Figura 5b muestra una vista ensamblada de la segunda forma de realización del aparato de PSA 210. Resulta evidente que si los paneles estructurales de la presente invención se aplican en todos los laterales del módulo, proporcionan un considerable grado de protección contra daños fortuitos de las cámaras de adsorbente. Dichos daños se pueden producir durante el transporte y la instalación. Las válvulas también están bien protegidas. Por lo tanto, resulta evidente que, en algunas situaciones, puede ser ventajoso combinar los paneles de la segunda forma de realización con los tirantes de anclaje de la primera forma de realización. Siendo un ejemplo importante el caso en que las leyes locales sobre recipientes a presión no permiten los paneles estructurales de la presente invención, pero permiten los tirantes de anclaje. Además, se pueden proporcionar paneles provisionales, cuya única función es la protección durante el transporte, que se acoplan usando medios similares a los que se usan para los paneles estructurales. Para aplicaciones especiales en las que es necesario un fácil acceso a las válvulas o cámaras de adsorbente, el aparato de PSA puede estar provisto de paneles únicamente en dos o tres laterales siempre que la resistencia estructural de los paneles restantes se aumente adecuadamente.

Los paneles del aparato de PSA de la presente invención reducen, de manera ventajosa, la complejidad de ensamblaje. Asimismo, facilitan una reducción de peso, dado que reducen tensiones localizadas asociadas a los tirantes de anclaje. Estas ventajas se combinan con una mayor durabilidad de transporte y manipulación, protección contra los factores climatológicos y mayor estética 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 implementado usando el aparato de PSA preferente de la presente invención. Los elementos que se describen en la Figura 1 se indican con sus números en la Figura 6. La zona de emplazamiento del sistema de PSA se puede reducir considerablemente si no se proporcionan espacios entre los módulos para acceder para su mantenimiento. Usando el aparato preferente, esto se puede conseguir dado que todos los trabajos de mantenimiento se pueden realizar accediendo únicamente a la parte superior e inferior de los módulos. La distribución física de los módulos no es limitante y cualquier distribución mecánica que consiga las interconexiones de fluido de la presente invención producirá las ventajas especiales de la presente invención.

La presente invención proporciona numerosas ventajas. Por ejemplo, la presente invención proporciona un aparato de adsorción por oscilación de presión que no necesita conectores de fluido entre recipientes de adsorbente. Adicionalmente, la presente invención proporciona un aparato de adsorción por oscilación de presión cuya construcción no necesita soldadura. La presente invención proporciona, asimismo, un aparato de adsorción por oscilación de presión que tiene un mínimo volumen vacío. Además, la presente invención proporciona un aparato de adsorción por oscilación de presión que no necesita soporte estructural para los recipientes de adsorbente. Si bien dichas ventajas estructurales pueden ser útiles en determinadas circunstancias, la presente invención no necesita dichas características estructurales.

Se debería mencionar que las formas de realización de ejemplo que se representan y describen en este documento presentan las formas de realización preferentes de la presente invención y no pretenden limitar en modo alguno el alcance de las reivindicaciones adjuntas a este documento.

En vista de las enseñanzas anteriores son posibles numerosas modificaciones y variaciones de la presente invención. Por lo tanto, se entenderá que, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la invención se puede poner en práctica de una manera distinta a la que se describe en este documento.

REIVINDICACIONES

1. Un módulo de adsorción por oscilación de presión (PSA) para uso en un sistema de PSA, comprendiendo dicho módulo de PSA (100):

- una pluralidad de cámaras de adsorbente a presión (101);
- un colector de entrada (102) provisto de un canal de alimentación (137) conectado a cada cámara de adsorbente a presión de dicha pluralidad de cámaras de adsorbente a presión, estando provisto dicho colector de entrada de un canal de descarga (138) conectado a cada cámara de adsorbente a presión de dicha pluralidad de cámaras de adsorbente a presión (101);
- un colector de salida (103) provisto de un canal de gas pobre conectado a cada cámara de adsorbente a presión de dicha pluralidad de cámaras de adsorbente a presión y
- una estructura rígida que conecta dicho colector de entrada a dicho colector de salida,

en el que dicha estructura rígida une estructuralmente dicho colector de entrada y dicho colector de salida a dicha pluralidad de cámaras de adsorbente a presión,

caracterizado porque dicho colector de entrada (103) está provisto de un primer canal de igualación (145) conectado a cada cámara de adsorbente a presión de dicha pluralidad de cámaras de adsorbente a presión y en el que dicho colector de salida está provisto de un segundo canal de igualación (146) conectado a cada cámara de adsorbente a presión de dicha pluralidad de cámaras de adsorbente a presión,

porque una primera válvula de igualación (142) y una segunda válvula de igualación (143) se comunican, respectivamente, con un primer canal de igualación (145) y un segundo canal de igualación (146), en el que cada cámara de adsorbente a presión de dicha pluralidad de cámaras de adsorbente a presión incluye un primer refuerzo de estanqueidad (111) dispuesto entre dicha cámara de fluido a presión (101) y dicho colector de entrada (102) y un segundo refuerzo de estanqueidad (111) dispuesto entre dicha cámara de fluido a presión (101) y dicho colector de salida (103);

- una placa de retención (122) provista en un extremo de dicha al menos una cámara de adsorbente a presión y extendiéndose a través de una trayectoria de flujo de la misma,
- una capa de malla (124) dispuesta adyacente a dicha placa de retención y extendiéndose a través de dicha trayectoria de flujo de dicha al menos una cámara de adsorbente a presión,
- en el que dichos primer y segundo refuerzo de estanqueidad (111) tienen una parte que se introduce en dicha de adsorbente a presión, teniendo dicha parte una superficie cóncava dispuesta opuesta a dicha placa de retención, definiendo dicha superficie cóncava y dicha placa de retención una cámara (120, 121) y
- en el que dichos primer y segundo refuerzo de estanqueidad (111) incluyen un distribuidor de flujo (114, 113) dispuesto dentro de dicha cámara.

2. El módulo de PSA (100) según la reivindicación 1, en el que dicha estructura rígida no está en contacto con el fluido que fluye a través de dicho módulo de PSA.

3. El módulo de PSA (100) según la reivindicación 1, en el que dicha estructura rígida incluye una pluralidad de los tirantes (104) que se extienden entre dicho colector de entrada y dicho colector de salida.

4. El módulo de PSA (100) según la reivindicación 1, en el que dicha estructura rígida incluye una pluralidad de paneles (200, 201, 203, 204) que se extienden entre dicho colector de entrada y dicho colector de salida.

5. El módulo de PSA (100) según la reivindicación 4, que comprende además una cubierta (208) que rodea dicho colector de salida y una pluralidad de válvulas (141, 142, 143) dispuestas en dicho colector de salida.

6. El módulo de PSA (100) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que al menos una cámara de adsorbente a presión de dicha pluralidad de cámaras de adsorbente a presión comprende una masa adsorbente (131) dispuesta adyacente a dicha capa de malla.

7. El módulo de PSA (100) según la reivindicación 1, en el que al menos una cámara de adsorbente a presión (101) de dicha pluralidad de cámaras de adsorbente a presión comprende:

- una primera placa de retención (122) dispuesta en un extremo de dicha al menos una cámara de

- adsorbente a presión y extendiéndose a través de una trayectoria de flujo de la misma;
- una primera capa de malla (124) dispuesta adyacente a dicha primera placa de retención y extendiéndose a través de dicha trayectoria de flujo de dicha al menos una cámara de adsorbente a presión;
- 5 - una segunda placa de retención (122) dispuesta en un extremo opuesto de dicha al menos una cámara de adsorbente a presión y extendiéndose a través de dicha trayectoria de flujo de la misma;
- una segunda capa de malla (124) dispuesta adyacente a dicha segunda placa de retención y extendiéndose a través de dicha trayectoria de flujo de dicha al menos una cámara de adsorbente a presión;
- 10 - una masa adsorbente (131) dispuesta entre dicha primera capa de malla y dicha segunda capa de malla.
8. El módulo de PSA (100) según la reivindicación 7, en el que dicha al menos una cámara de adsorbente a presión comprende además una capa elástica (130) dispuesta entre dicha primera placa de retención (121) y dicha masa adsorbente (131), en el que dicha capa elástica está sujeta comprimida entre dicha primera placa de retención y dicha masa adsorbente.
- 15 9. El módulo de PSA (100) según la reivindicación 8, en el que dicha capa elástica es un filtro.
- 20 10. El módulo de PSA (100) según la reivindicación 7, en el que dicha al menos una cámara de adsorbente a presión comprende además un primer anillo de estanqueidad radial (125) configurado para unir dicha primera placa de retención y dicha primera capa de malla y un segundo anillo de estanqueidad radial (127) configurado para unir dicha segunda capa de retención y dicha segunda capa de malla.
- 25 11. El módulo de PSA (100) según la reivindicación 7, en el que dicha al menos una cámara de adsorbente a presión comprende además un primer anillo elástico (123) configurado para montar dicha primera placa de retención y dicha primera capa de malla y un segundo anillo elástico (123) configurado para montar dicha segunda placa de retención y dicha segunda capa de malla.
- 30 12. El módulo de PSA (100) según la reivindicación 1, en el que dicha estructura rígida está conectada al menos a una cámara de adsorbente a presión de dicha pluralidad de cámaras de adsorbente a presión con medios de conexión que no transmiten un momento de flexión a dicha al menos una cámara de adsorbente.

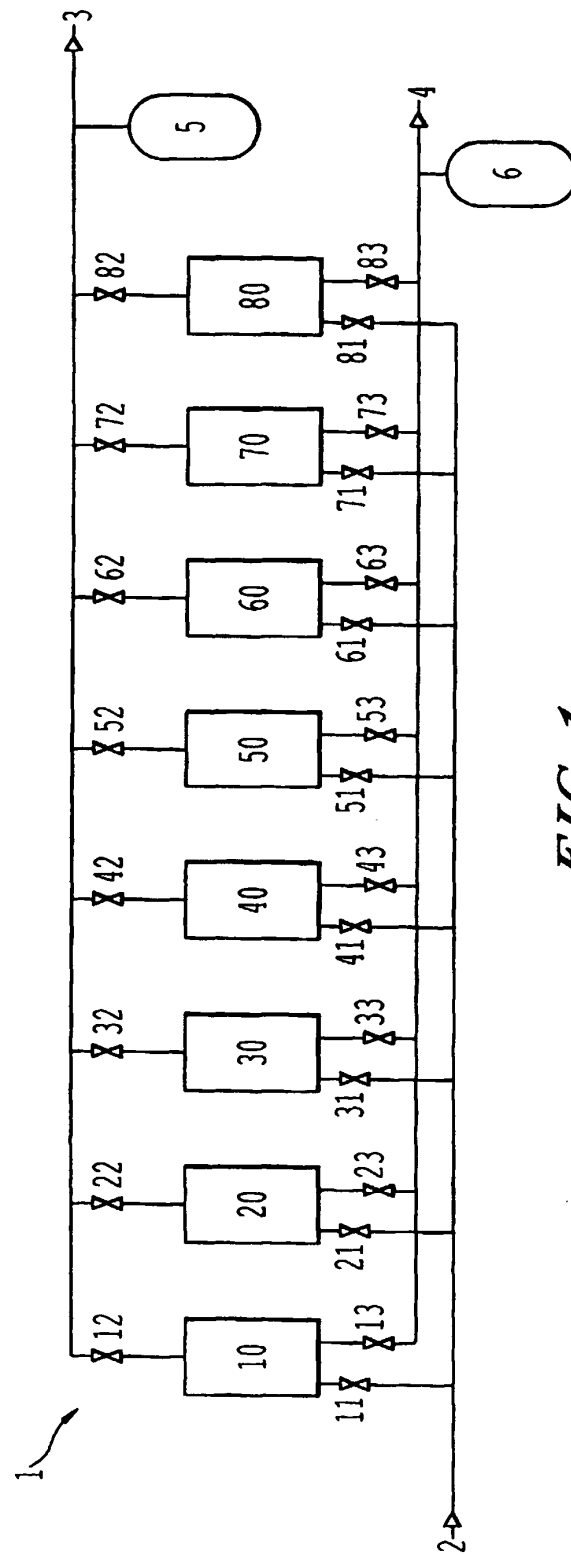
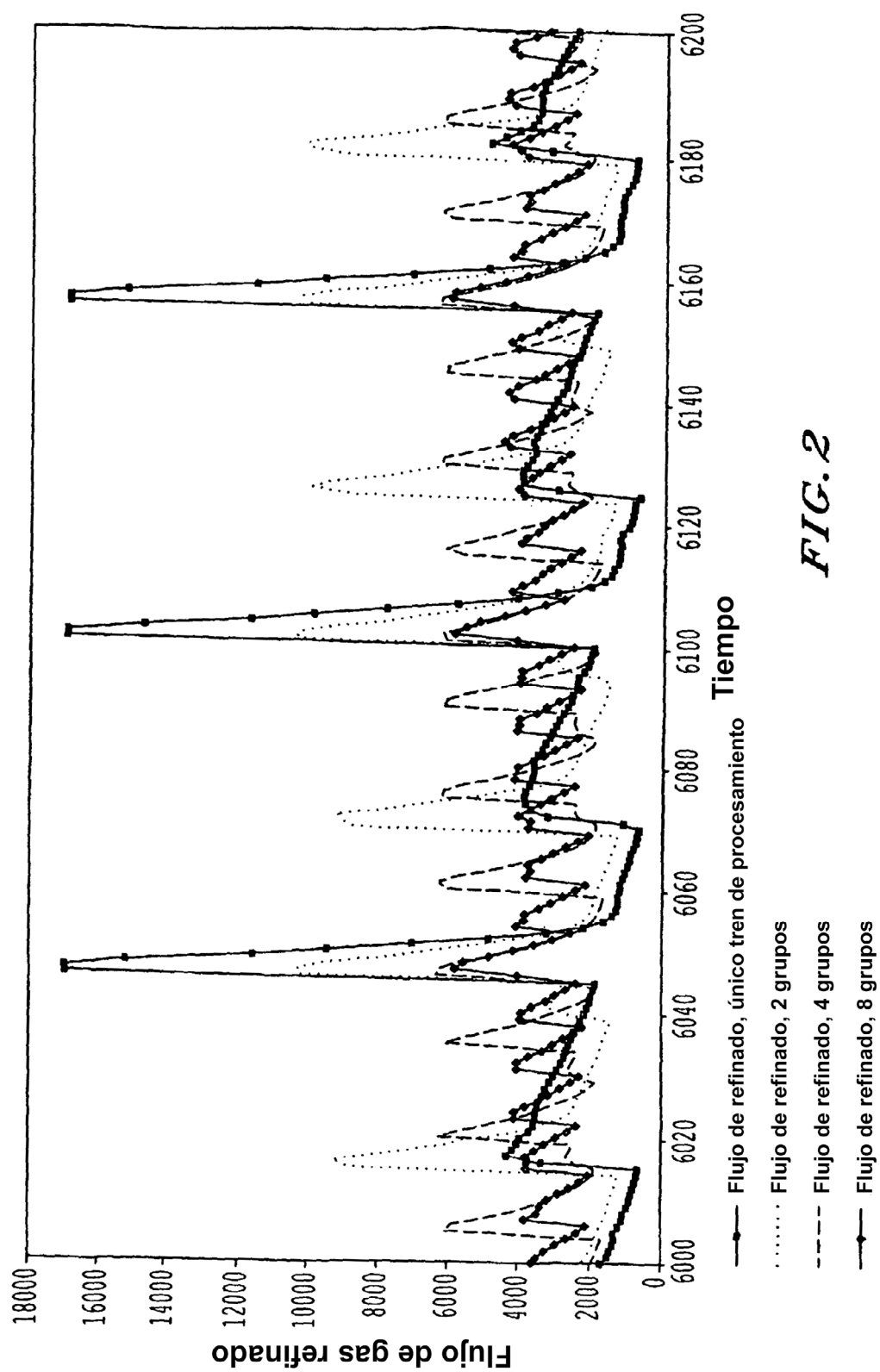
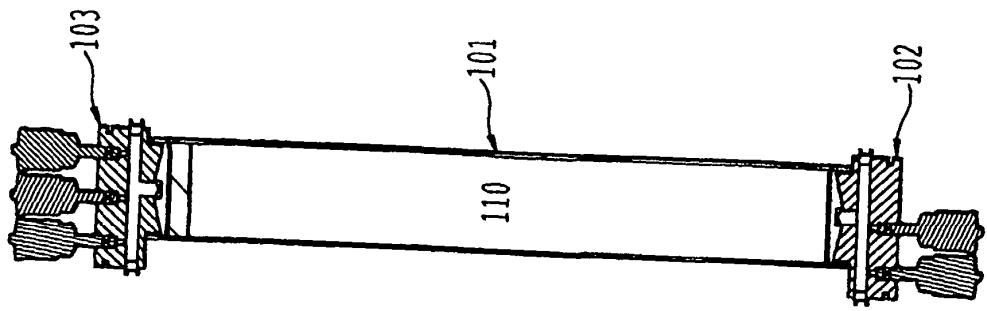
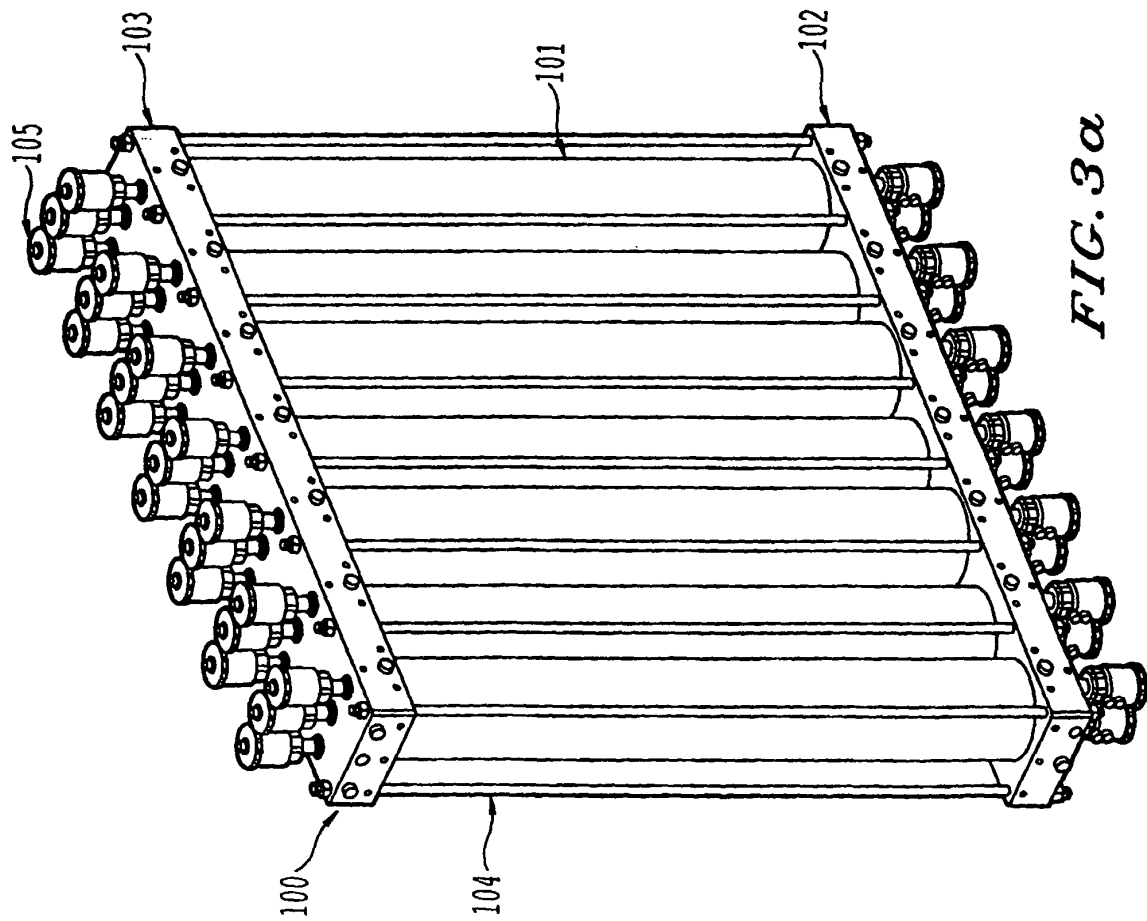
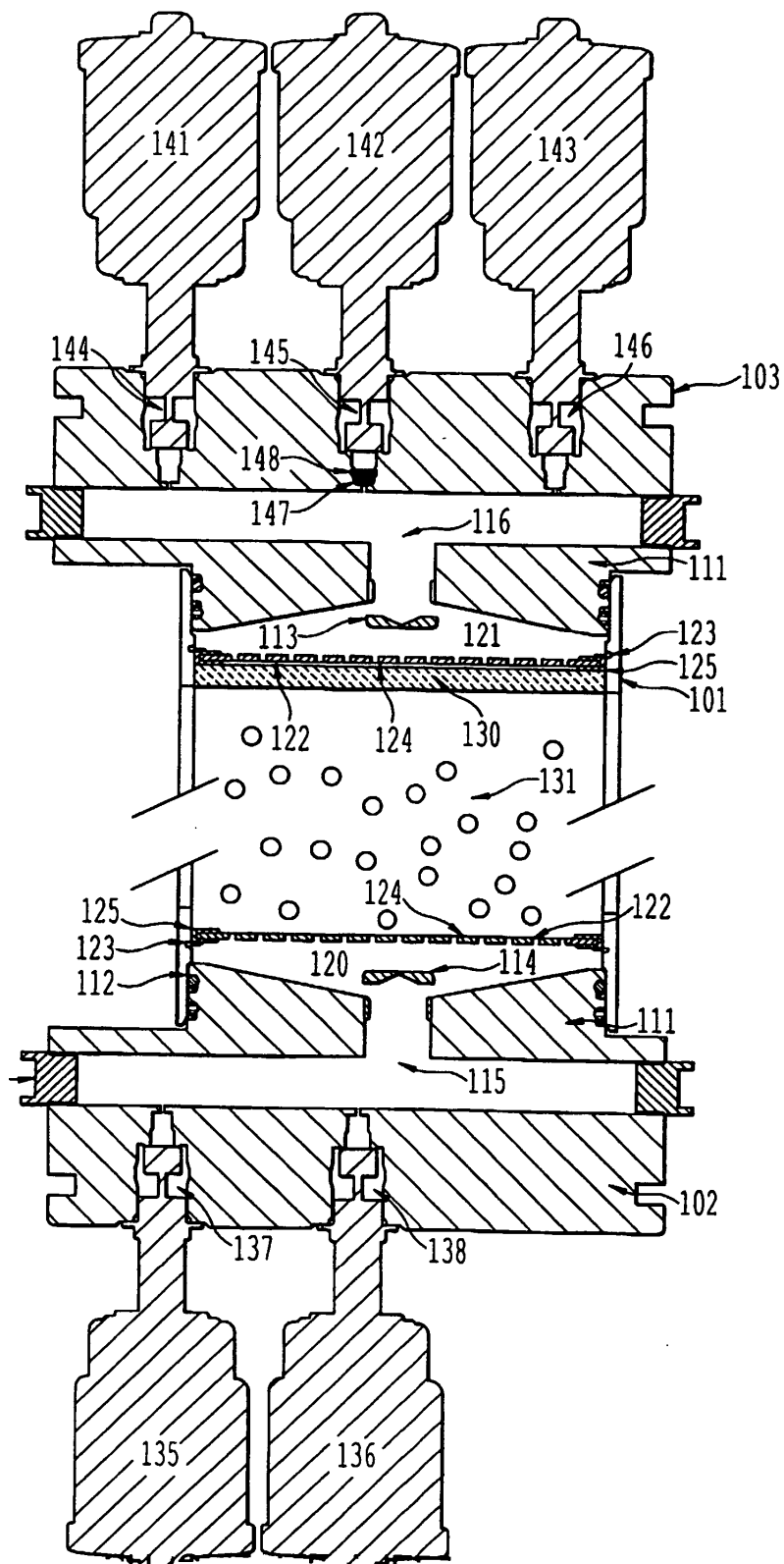
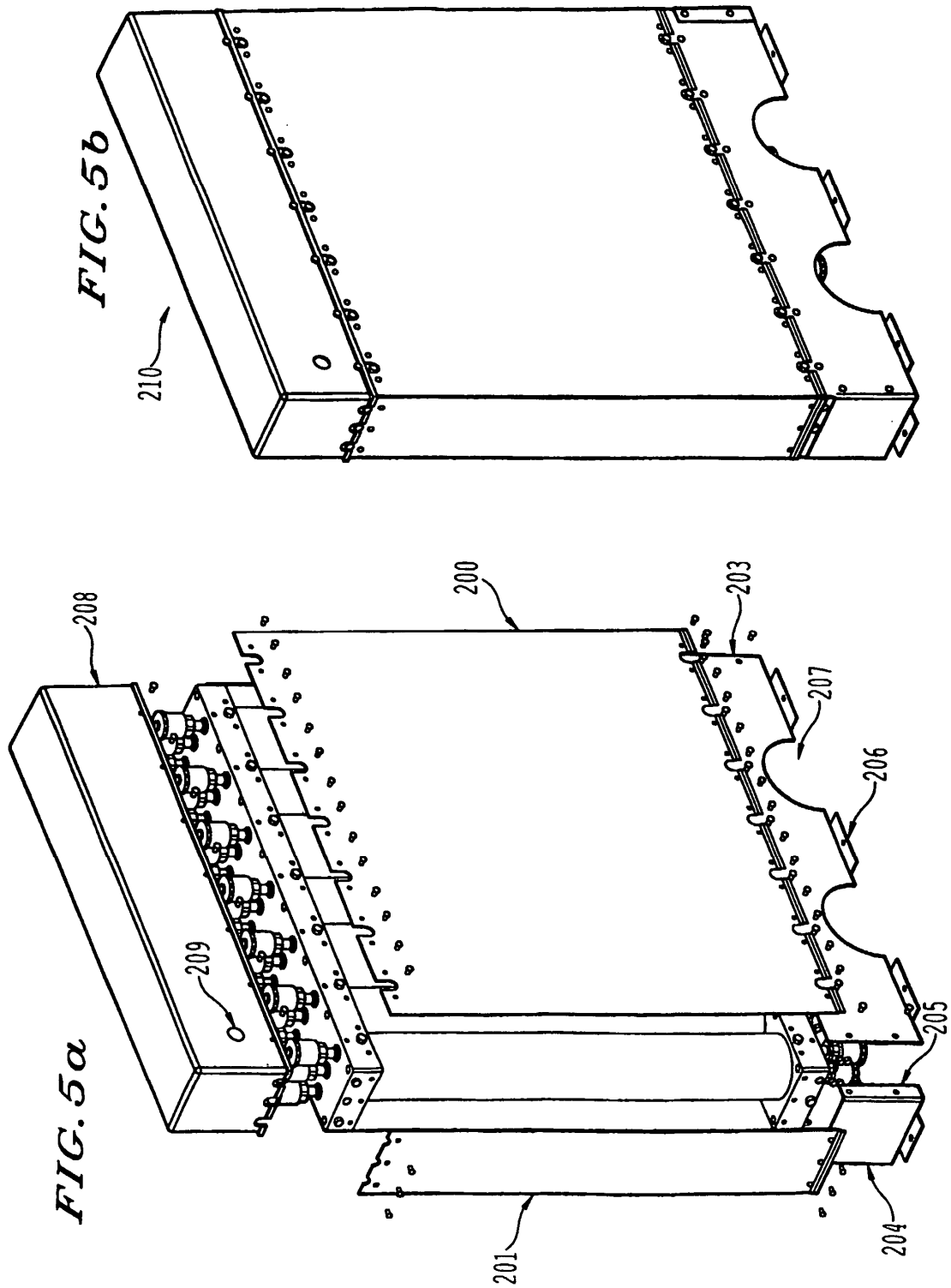


FIG. 1

*FIG. 2*







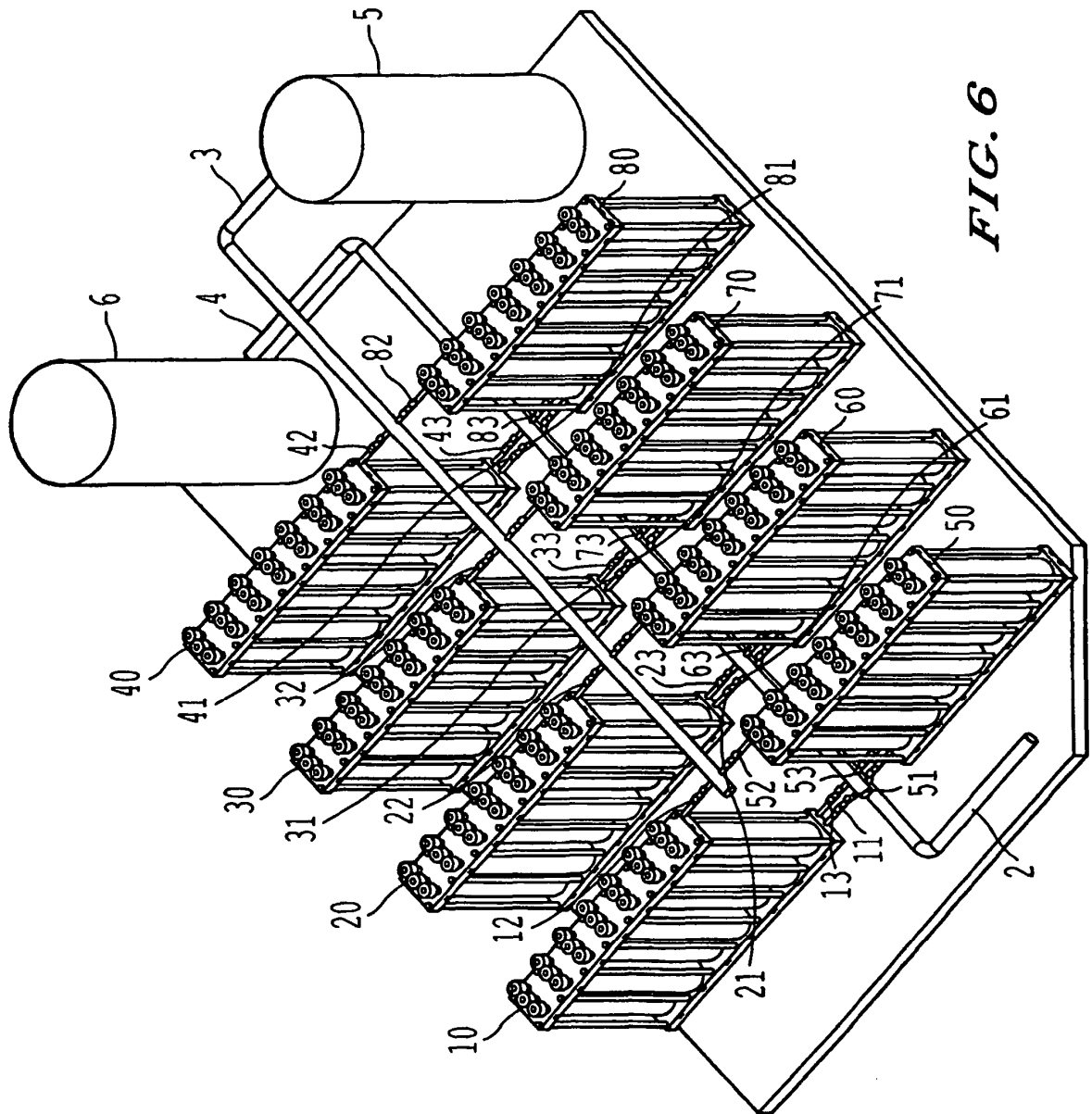


FIG. 6

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La presente lista de referencias que cita el solicitante es sólo para comodidad del lector. La misma no forma parte del documento de patente europea. A pesar de que se ha prestado gran atención a la hora de recopilar las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la OEP niega toda responsabilidad en este sentido.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 3986849 A, Fuderer [0003]
- US 4234322 A, De Meyer [0004]
- US 269064 A [0004] [0007] [0025] [0032] [0040]
- US 6051050 A, Keefer [0005]
- US 5112367 A [0005]
- US 5268021 A [0005]
- US 5366541 A [0005]
- US 269067 A [0007] [0043]
- US 5549736 A [0007]
- US 10269064 B [0041]