

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 914**

51 Int. Cl.:

B01D 53/02 (2006.01)

B01D 59/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2004 E 04750036 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2013 EP 1628739**

54 Título: **Control de flujo en sistemas de adsorción por oscilación de presión**

30 Prioridad:

04.06.2003 US 453601

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

25.10.2013

73 Titular/es:

**LUMMUS TECHNOLOGY INC. (100.0%)
1515 BROAD STREET
BLOOMFIELD, NJ 07930, US**

72 Inventor/es:

**LOMAX, FRANKLIN D. JR.;
LETTOW, JOHN, S.;
STREEKS, MICHAEL, SEAN y
PRASAD, VINAY**

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 426 914 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

Control de flujo en sistemas de adsorción por oscilación de presión

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a sistemas de tratamiento de fluidos y más en particular, al control de flujo en un sistema de adsorción por oscilación de presión.

10 Análisis de los antecedentes

La adsorción por oscilación de presión (PSA) es un proceso comúnmente utilizado para la purificación de gases. Entre otras aplicaciones, la PSA se utiliza para separar oxígeno y nitrógeno del aire, para separar helio puro del gas natural y para purificar el hidrógeno de las mezclas de gas "reformado". Los procesos de PSA más eficientes utilizan múltiples vasijas (también denominadas lechos) que interactúan a través de numerosas etapas para producir un producto continuamente y a alta presión.

Un ciclo de PSA normal incluye una etapa de producción en la que el gas fluye hacia la vasija a alta presión y se adsorben ciertas especies del gas mientras que las especies del producto pasan a través de la columna. Tras la etapa de producción, se utilizan etapas de igualación de presión para transferir a otras vasijas del sistema el gas producto presente en el espacio vacío de una vasija a alta presión. Estas etapas de igualación de presión preservan la energía de presión del sistema y mejoran la recuperación del producto. El gas producto de una vasija también puede utilizarse para purgar otra vasija. El producto puro de la vasija que proporciona el gas de purga recorre la vasija que se está purgando a baja presión y en el proceso, desorbe y elimina los gases contaminantes que han sido adsorbidos durante la etapa de producción, limpiando así la vasija. Una vez que la vasija ha proporcionado gas de purga para limpiar otra vasija, es sometida a una etapa de "evacuación" en la que se reduce rápidamente la presión de la vasija para desorber parte de los gases contaminantes. Luego se purga la vasija y vuelve a presurizarse con gases de otras vasijas. En este momento el lecho adsorbente ha completado su ciclo de oscilación de presión y está listo para comenzar a producir gas nuevamente. Se han ideado numerosos ciclos de oscilación de presión utilizando dos o más lechos adsorbentes y todos ellos utilizan alguna variante de las etapas anteriormente descritas.

En todas las etapas del ciclo de PSA, es importante controlar el caudal de gases que entran y salen de las vasijas y proporcionar una buena distribución de flujo dentro de cada vasija. El control del caudal en las vasijas es necesario para equilibrar la adsorción y la cinética de difusión con la tasa de producción y para evitar la fluidización de las partículas adsorbentes y los choques de presión dentro de las vasijas. Además, uno de los factores más importantes relacionados con el flujo en todos los procesos de PSA es el coeficiente de purga/alimentación. Este coeficiente normalmente está definido como el volumen real de gas de purga utilizado frente al volumen real de gas de alimentación. El coeficiente de purga/alimentación afecta tanto a la pureza del producto como a la recuperación del producto, dado que los coeficientes de purga/alimentación más elevados indican que se está utilizando más gas para limpiar el lecho y por lo tanto aumenta la pureza del producto en detrimento de la recuperación del producto.

Una manera de aumentar el coeficiente de purga/alimentación y de mantener la recuperación del producto es reducir la presión en la vasija que se está purgando. Reducir la presión disminuye las concentraciones de contaminantes en la superficie de equilibrio y proporciona mayores intercambios de volumen en la vasija purgada para el mismo número de moles de gas de purga. Por lo tanto, resulta ventajoso mantener una baja presión en la vasija de purga para obtener buenas purezas de producto con elevadas recuperaciones. Dado que la vasija que proporciona el gas de purga está a alta presión, si no se toman medidas para controlar el flujo de esta vasija hacia la vasija que se está purgando, la etapa de purga tendrá una presión inicial elevada y por lo tanto una efectividad reducida.

Algunos sistemas de PSA emplean válvulas proporcionales, válvulas reguladoras de presión, o válvulas de ajuste manual para reducir el flujo entre la vasija que está proporcionando el gas de purga y la vasija que se está purgando. Así, la presión del gas se reduce antes de entrar en la vasija que se está purgando. Las válvulas ajustables añaden un coste extra a los sistemas de PSA y requieren ajustes extensivos para optimizar la actuación. El ajuste de las válvulas ajustables resulta especialmente difícil y consume mucho tiempo en el caso de gases producto con bajo peso molecular, tales como el hidrógeno, dado que los pequeños cambios en la carrera de la válvula suponen grandes cambios en el caudal.

En ausencia de las válvulas reductoras de presión utilizadas en algunos sistemas de PSA, el gas de la vasija que está proporcionando gas de purga fluye rápidamente hacia la vasija que se está purgando, normalmente expandiéndose a través de uno o más choques fluidos y eventualmente estrangulándose por las tuberías de la vasija. Esto puede hacer que se equilibren las presiones de las dos vasijas de manera poco ventajosa, causando por lo tanto dos fenómenos no deseados diferentes. En primer lugar, la alta presión resultante en la vasija que se está purgando limita el grado termodinámicamente viable de desorción de las impurezas adsorbidas, reduciendo así la cantidad de desorción conseguida por mol de gas de purga. En segundo lugar, el rápido descenso de la presión de la vasija que está proporcionando el gas de purga provoca una repentina desorción, particularmente indeseable, de las impurezas adsorbidas, que inevitablemente son transportadas hacia la vasija que se está purgando. Luego, estas

impurezas se adsorben cerca del extremo de salida crítica de producto de la vasija que se está purgando y se someten a liberación durante las subsiguientes etapas de producción, reduciendo por lo tanto significativamente la pureza del producto.

5 Por lo tanto, no resulta deseable permitir que la vasija que está proporcionando el gas de purga descargue rápidamente su contenido hacia la vasija que se está purgando. De la misma manera, no resulta deseable utilizar las válvulas reguladoras de presión descritas en algunos sistemas de PSA, dado que añaden complejidad al sistema. Las válvulas de estrangulación, aunque menos complejas que las válvulas reguladoras de presión, tampoco son deseables dado que requieren un alto grado de ajuste para cada sistema de PSA. Este ajuste no resulta ventajoso
10 en los sistemas de PSA producidos en serie, dado que el proceso requiere comprobaciones y calibraciones que consumen mucho tiempo. Estos problemas se concentran especialmente en los sistemas de PSA de purificación de hidrógeno, dado que el hidrógeno tiene una viscosidad extremadamente baja y una velocidad sónica muy elevada. Estos sistemas requieren unos tamaños de orificio muy pequeños para lograr la reducción del flujo con respecto a otros gases. Tales orificios pequeños están sujetos a atascos por parte de adsorbentes disgregados así como a la erosión de los pasos y al subsiguiente desajuste. Estos problemas son especialmente críticos en los sistemas de PSA que procesan menos de una tonelada de hidrógeno por día, dado que los tamaños de las toberas requeridas para la reducción llegan a ser más pequeños que una partícula adsorbente individual, y pueden incluso ser tan pequeños que no pueden fabricarse mediante técnicas ordinarias. El documento US 5.074.964 describe específicamente un procedimiento para controlar el flujo de gas mediante el control del tamaño de una abertura de
20 una válvula.

Otra desventaja de tales dispositivos de estrangulación que emplean flujo a través de un orificio es que la cantidad de flujo suministrado varía radicalmente entre el comienzo de la etapa de purga y el final de la misma. Esto se debe a la naturaleza del flujo a través de los orificios, porque la velocidad límite es proporcional al cuadrado de la
25 diferencia de presiones. Así, el caudal cae dramáticamente entre el comienzo de la etapa de tiempo, cuando la presión de la vasija que está proporcionando la purga es elevada y el final de la etapa de tiempo cuando la presión es mucho más baja. Este rápido cambio del caudal puede causar tanto el poco ventajoso aumento de presión de la vasija que se está purgando como la desorción de impurezas en la vasija que está proporcionando la purga. Adicionalmente si las cinéticas de desorción son relativamente bajas, pueden reducir la eficacia de la etapa de purga
30 para eliminar las especies de impurezas adsorbidas de la vasija que se está purgando, dado que gran parte del gas de purga se mueve a través de la vasija en la fase más temprana de la etapa de purga.

Estos retos se concentran cuando se desean sistemas de PSA especialmente compactos, debido a los complejos dispositivos colectores de fluido requeridos para conectar las válvulas de estrangulación o de regulación de presión. Tales dispositivos colectores aumentan desventajosamente el tiempo de fabricación del conjunto final requerido para producir el sistema de PSA.

Breve resumen de la invención

40 Por consiguiente, la presente invención proporciona ventajosamente un procedimiento económico y eficiente para controlar el flujo de gas en un conjunto de tratamiento de fluidos, tal como un sistema de PSA.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento para controlar un flujo de un gas. El procedimiento según se define en la reivindicación 1 incluye, entre otras características, dirigir el gas de una primera vasija hasta una segunda vasija y obtener un perfil predeterminado de caudal entre la primera y la segunda vasijas, en el que la etapa de obtención incluye introducir un primer impulso en el flujo mediante la apertura y cierre de una primera válvula de manera alternativa.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un conjunto de tratamiento de gas. El conjunto incluye una primera y una segunda vasijas, incluyendo cada una de las mismas un material de tratamiento de gas, un colector que conecta la primera y la segunda vasijas para comunicar un gas entre la primera y la segunda vasijas y un primer conjunto de colector situado entre la primera vasija y el colector. El conjunto de colector incluye una primera válvula de pistón y un primer elemento de restricción poroso de flujo, que está fabricado con polvo de metal sinterizado.

55

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista esquemática de un conjunto de tratamiento que no forma parte de la presente invención.

60 La Figura 2 es una vista esquemática de un conjunto de tratamiento que no forma parte de la presente invención.

La Figura 3 es una vista esquemática de un conjunto de tratamiento que incluye componentes de restricción de flujo, de acuerdo con la presente invención.

65 La Figura 4 es una vista en sección de un conjunto de colector de la Figura 3.

Descripción detallada de la invención

Con referencia a los dibujos, en los que las mismas designaciones de números de referencia identifican las mismas partes, o partes correspondientes, a través de las mismas vistas, a continuación se describen varias realizaciones.

5 La Figura 1, que no es parte de la invención, muestra las vasijas 10 y 20, que son parte de un conjunto 1A de tratamiento. Cada una de las vasijas 10 y 20 puede incluir un material de tratamiento de fluidos, tal como un material de adsorción, por ejemplo. En esta divulgación, se describe el conjunto 1A de tratamiento para su uso en un proceso de PSA; sin embargo, el conjunto 1A de tratamiento puede utilizarse alternativamente en diversas aplicaciones de
10 tratamiento de fluidos. Por ejemplo, el conjunto 1A de tratamiento puede utilizarse para tratar fluidos en forma de gas o en forma de líquido, dependiendo de las funciones de los componentes de tratamiento de fluidos incluidos en el conjunto 1A de tratamiento. Adicionalmente, el conjunto 1A de tratamiento puede utilizarse en un amplio margen de condiciones operativas, tales como en el acondicionamiento de gas a alta presión, por ejemplo.

15 La vasija 10 incluye unas bocas 12 y 14 y la vasija 20 incluye unas bocas 22 y 24. Las bocas 12 y 14 están conectadas respectivamente a unas válvulas 10A y 10B a través de unos conductos 16 y 18. Las bocas 22 y 24 están conectadas respectivamente a unas válvulas 20A y 20B a través de unos conductos 26 y 28. Las válvulas 10A y 10B pueden estar conectadas a un colector de fuente o a un colector de desecho y las válvulas 10B y 20B pueden estar conectadas a un colector de producto. Las vasijas 10 y 20 están conectadas entre sí mediante un colector 100
20 provisto de una válvula 10C, que actúa como un componente de control de flujo. Durante una etapa de ciclo de PSA, cuando la válvula 10C está en el estado abierto, el fluido puede fluir entre las vasijas 10 y 20. Cuando la válvula 10C está en el estado cerrado, no es posible el flujo entre la vasija 10 y la vasija 20 a través del colector 100.

25 La válvula 10C puede estar dispuesta como una válvula de pistón, tal como se muestra en la Figura 4. Alternativamente, la válvula 10C puede estar dispuesta como cualquier otro componente conocido en la técnica que pueda controlarse con precisión para producir impulsos en el flujo de un gas de viscosidad relativamente baja y alta velocidad sónica (p. ej., hidrógeno). La válvula 10C puede ser accionada neumáticamente o por solenoide, o por cualquier otro medio conocido en la técnica para accionar una válvula de manera pulsante.

30 Durante un ciclo de PSA, la vasija 10 comienza una etapa de proporcionar gas de purga a una primera presión elevada, en cuyo momento la vasija 20 está a una segunda presión, más baja. Inicialmente, la válvula 10C está cerrada. Durante una etapa de purga en la que la vasija 10 proporciona gas de purga a la vasija 20, no está permitido el flujo hacia la vasija 10 a través de la válvula 10A y no se permite el flujo a través de la válvula 10B. No se permite el flujo hacia la vasija 20 a través de la válvula 20B, pero se rechaza el gas de purga a través de la
35 válvula 20A. Cuando se abre la válvula 10C durante una etapa de purga, el gas fluye desde la vasija 10, a través de la válvula 10C, hacia la vasija 20 y fuera de la válvula 20A, en donde se desecha el mismo. El caudal de este gas estará gobernado por la fricción del fluido en esta ruta de flujo y generalmente será extremadamente elevado en las condiciones iniciales y a continuación se verá ampliamente reducido a medida que disminuya la presión en la vasija 10.

40 La fricción del fluido que sale de la vasija 20 generalmente creará en la vasija 20 una presión elevada que será intermedia entre su presión inicial y la presión inicial de la vasija 10. Si el flujo que sale de la vasija se acerca a las condiciones críticas, es decir a la velocidad sónica, entonces el aumento de la presión será bastante dramático y las vasijas 10 y 20 pueden llegar a alcanzar una presión intermedia esencialmente idéntica.

45 En un aspecto de la presente invención, se abre y se cierra alternadamente la válvula 10C para admitir impulsos de flujo de fluido desde la vasija 10 hacia la vasija 20, durante la etapa de purga. Pueden variarse la frecuencia y duración de los impulsos para suministrar tanto un caudal esencialmente constante durante el periodo de purga del ciclo de PSA, como cualquier otro perfil de caudal, tal como un caudal cronológicamente ascendente o descendente.
50 El accionamiento de la válvula 10C puede controlarse mediante una unidad de tratamiento informático que ejecute un programa para operar la válvula 10C, de tal modo que se logre un patrón de accionamiento predeterminado.

El procedimiento anterior de control del flujo ofrece un número de ventajas importantes. En primer lugar, pueden seleccionarse ventajosamente la frecuencia y duración de los impulsos, de tal modo que se mantenga a un nivel
55 mínimo la presión media dentro de la vasija 20. En segundo lugar, el grado de purga proporcionado puede ser independiente de la cantidad global de tiempo dedicado a la etapa de purga. Así, si un ciclo de PSA requiere una etapa de purga moderadamente larga, pero solamente se transfiere una pequeña cantidad de gas de purga entre las dos vasijas durante la etapa de purga, entonces puede controlarse ventajosamente la duración de la transferencia de gas. Por ejemplo, puede utilizarse todo el periodo de tiempo asignado a la etapa de direccionamiento del gas de purga desde una vasija a otra para llevar a cabo la transferencia de gas mediante el control de la válvula 10C. En lo
60 referente a este documento, "puede utilizarse todo el periodo de tiempo" se refiere a una condición en la que la actuación de una etapa de tratamiento de un fluido ocupa todo el periodo de tiempo asignado para la etapa, con tiempos mínimos de incremento y reducción, tal como se reconoce en la técnica.

65 Finalmente, la primera realización de la presente invención no requiere equipo adicional en el aparato de PSA, reduciendo ventajosamente el tamaño, peso, complejidad y costes de fabricación del aparato.

La Figura 2, que no forma parte de la invención, muestra las vasijas 10, 20 y 30, que son parte de un conjunto 1B de tratamiento y están en comunicación a través de un colector 100 de fluidos. A modo de ejemplo no limitativo, el colector 100 de fluidos puede estar dispuesto como el colector de fluidos paralelo, descrito en la Solicitud de Patente Estadounidense N° 10/269,064, que se incorpora en su totalidad en el presente documento por referencia. Las vasijas 10, 20 y 30 están provistas respectivamente de unas válvulas 10C, 20C y 30C, cada una de las cuales controla el flujo entre el colector 100 de fluidos y una correspondiente vasija. Las válvulas 10C, 20C y 30C están dispuestas de la misma manera que la válvula 10C de la realización de la Figura 1. La vasija 30 incluye unas bocas 32 y 34, que están conectadas respectivamente a unas válvulas 30A y 30B a través de unos conductos 36 y 38.

Durante un ciclo de PSA, cuando se inicia la etapa de purga en la que la vasija 10 proporciona gas de purga a la vasija 20 (como en la Figura 1), la válvula 30C que conecta la vasija 30 al colector 100 normalmente está en la condición cerrada. Las condiciones de flujo de las válvulas 10A, 10B, 20A y 20B son las descritas anteriormente. Durante la etapa de purga, tanto la válvula 10C como la válvula 20C pueden abrirse completamente. Sin embargo, tal condición da como resultado los problemas analizados en los antecedentes de la invención.

La misma metodología de válvulas pulsantes 10C y 20C puede ser empleada para controlar el flujo de gas de purga desde la vasija 10 hasta la vasija 20, tal como se empleó en el sistema de la Figura 1. La apertura y el cierre de las válvulas 10C y 20C pueden tanto estar sincronizados como ser asíncronos, con la ventaja de que con la apertura asíncrona puede utilizarse el volumen del colector 100 de fluidos para almacenar impulsos de presión, que de otra manera se experimentan utilizando el procedimiento de válvulas pulsantes de la presente invención.

Por lo tanto, la magnitud de los impulsos de presión puede minimizarse cargando alternativamente el volumen del colector 100 con gas de purga de la vasija 10 y luego descargando dicho gas hacia la vasija 20. En un ejemplo, las válvulas 20C y 30C están cerradas mientras el gas de purga de la vasija 10 se dirige hacia el colector 100 desde la válvula 10C. Cuando se ha transferido una cantidad total deseada de gas desde la vasija 10 hasta el colector 100, se cierra la válvula 10C. Para dirigir luego el gas de purga hacia la vasija 20, se abre y se cierra la válvula 20C de manera alternativa, para proporcionar un flujo pulsado y medido de gas hacia la vasija 20, tal como se ha descrito con respecto al funcionamiento de la válvula 10C de la Figura 1. En otro ejemplo, se abren y se cierran continua y simultáneamente las válvulas 10C y 20C de manera alternativa (es decir, en fase), para proporcionar un flujo pulsado y medido de gas de purga desde la vasija 10 hasta la vasija 20 durante una etapa de purga. También pueden operarse las válvulas 10C y 20C continuamente fuera de fase durante una etapa de purga, de tal modo que la válvula 10C esté abierta cuando la válvula 20C esté cerrada y viceversa. Adicionalmente, la válvula 10C o la válvula 20C pueden mantenerse en una posición continuamente abierta, mientras se opera la otra válvula tal como se ha descrito con referencia a la Figura 1.

Pueden obtenerse variaciones en el cambio de presión solapando ligeramente los tiempos de apertura de las válvulas, con lo que puede conseguirse un coeficiente esencialmente constante de la caída de la presión.

Una ventaja particular del procedimiento de control de flujo de la presente invención es que, durante una etapa dada de un ciclo de PSA, puede medirse el fluido a través de un colector desde una o más vasijas a una primera presión más elevada, hasta una o más vasijas a una o más presiones más bajas. Pueden variarse el caudal y la proporción del flujo transmitido entre cada vasija alterando la duración y la frecuencia de los impulsos de las válvulas de control. Mientras que los ciclos de PSA conocidos se han diseñado asumiendo que el flujo se suministra entre vasijas diferentes durante las igualaciones de presión y las etapas de purga, el uso del procedimiento de control de flujo de la presente invención permite ejecutar distribuciones de flujo más complejas. Esto puede utilizarse ventajosamente para fraccionar mezclas complejas, o para adaptar la pureza de los gases transmitidos entre vasijas durante un ciclo.

La Figura 3 ilustra las vasijas de la Figura 2 con unos componentes 11, 21 y 31 de restricción del flujo (en adelante denominados elementos de restricción de flujo). Cada elemento de restricción 11, 21 y 31 de flujo tiene una relación lineal entre caudal y diferencia de presiones. La mayor parte de las válvulas, en contraste con los elementos de restricción de flujo descritos, son inherentemente no lineales (p. ej., proporcionan flujo de Bernoulli). Cuando se ejecuta la etapa de purga anteriormente descrita utilizando estos elementos de restricción de flujo, puede obtenerse un número de ventajas. En primer lugar, puede reducirse ventajosamente el número de impulsos de válvula requerido para lograr un perfil de flujo deseado, dado que se evita la condición de flujo altamente no lineal de una válvula medidora normal. Esto alarga la vida útil de estanqueidad de la válvula y permite ejecutar ciclos de PSA más veloces para un tiempo de respuesta dado de la válvula, si el tiempo de respuesta durante el impulso es un factor limitante. La selección apropiada de los elementos de restricción de flujo puede eliminar completamente la necesidad de una válvula pulsante al tiempo que aún proporciona el control mejorado de presión y flujo de la presente invención.

Un ejemplo de un elemento que tiene una relación lineal entre la diferencia de presiones y el caudal es un elemento de flujo poroso, fabricado utilizando fibras o polvo de metal sinterizado. Cada uno de los elementos de restricción 11, 21 y 31 de flujo puede estar dispuesto como dicho elemento de flujo poroso. También pueden emplearse ventajosamente cuerpos porosos fabricados con otros materiales tales como papel, cerámica, o polímero. Un material poroso elemento de restricción de flujo particularmente preferido está fabricado con polvo de metal sinterizado, por

ejemplo, como el suministrado por Mott Corporation.

La Figura 3 muestra un conjunto 1C de tratamiento que incluye los elementos de restricción 11, 21 y 31 de flujo montados entre las vasijas 10, 20 y 30 y sus válvulas 10C, 20C y 30C de control auxiliares. Por ejemplo, el elemento de restricción 11 de flujo está montado entre la vasija 10 y su válvula 10C de control asociada. Alternativamente, el elemento de restricción 11 de flujo puede estar situado entre la válvula 10C de control y el colector paralelo 100. En el sistema de la Figura 1, un elemento de restricción de flujo puede estar situado en cualquier parte del colector 100 que conecta la vasija 10 a la vasija 20. En la disposición de la Figura 3, en la que las vasijas del conjunto 1C de tratamiento se comunican a través de un colector paralelo 100, el flujo entre las dos vasijas pasará a través de los elementos de restricción de flujo. Por lo tanto, si la vasija 10 proporciona gas de purga a la vasija 20, dicho gas pasará a través del elemento de restricción 11 de flujo y luego del elemento de restricción 21 de flujo. En un sistema similar al de la Figura 1, solamente se requerirá un elemento de restricción de flujo. Alternativamente al ejemplo mostrado en la Figura 3, el conjunto 1C de tratamiento puede incluir más o menos elementos de restricción de flujo de los que se muestran y puede incluir elementos de restricción de flujo en cualquier configuración para producir un ciclo de flujo deseado.

El grado de resistencia al flujo proporcionada por el elemento de restricción de flujo puede seleccionarse utilizando técnicas aparentes para los expertos en la técnica, para asegurar el caudal apropiado de fluido durante una etapa dada de un ciclo de PSA. Dependiendo del caudal deseado, la frecuencia pulsante deseada y la longitud deseada de la etapa del ciclo de PSA de interés, puede desarrollarse una amplia diversidad de criterios.

La Figura 4 es una vista en sección del conjunto 40 de colector, que incluye el elemento de restricción 11 de flujo, la válvula 10C y una porción del conducto 18, que está conectada a la boca 14. El conjunto 40 de colector puede estar dispuesto como el colector de fluidos de PSA descrito en la Solicitud de Patente Estadounidense N° 10/269,067, que se incorpora en su totalidad en el presente documento por referencia. El conjunto 40 de colector incluye una porción de colector 100 de fluidos en conexión fluida con una cámara 42 de válvula, que monta la válvula 10C, que está dispuesta como una válvula de pistón e incluye un vástago 44 y una superficie 41 de estanqueidad. El vástago 44 está dispuesto para desplazarse linealmente a lo largo de un orificio 45. La válvula 10C de control se muestra en la posición abierta, en la que la superficie 41 de estanqueidad no hace contacto estanco con un asiento 46 de válvula. Interpuesto entre el asiento 46 de válvula y un conducto 18 de fluido (que comunica con la vasija 10) hay un elemento de restricción poroso 11 de flujo. El elemento de restricción 11 de flujo se mantiene en su sitio mediante un anillo 48 de retención contra un soporte 43. El anillo 48 de retención puede asegurarse mediante rosca, adhesivo, encaje por presión, o cualquier otro medio aparente para los expertos en la técnica. Alternativamente, el anillo 48 de retención puede estar dispuesto como un anillo encajado a presión. Preferiblemente, el anillo 48 de retención permite retirar el elemento de restricción poroso 11 de flujo para su inspección o reemplazo.

El elemento de restricción 11 de flujo y el anillo 48 de retención están situados de tal modo que la válvula 10C de pistón pueda actuar libremente, moviendo la superficie 41 de estanqueidad para que haga y deje de hacer, contacto estanco con el asiento 46. El flujo entre el colector 100 de fluidos y el conducto 18 queda restringido por el elemento de restricción 11 de flujo subsiguientemente al procedimiento anteriormente descrito. Si en el flujo se introducen adsorbentes disgregados u otras partículas, quedarán depositados sobre la superficie del elemento de restricción 11 de flujo durante el ciclo de PSA y la presión del fluido expulsará de la cara del elemento de restricción 11 de flujo cualquier partícula depositada. Por lo tanto, el elemento de restricción 11 de flujo es altamente resistente al atasco por partículas. De la misma manera, si se formara condensación en la superficie del elemento de restricción 11 de flujo, sería purgada en la subsiguiente etapa de contraflujo.

Debe observarse que puede conectarse cualquier número deseado de vasijas de PSA al colector 100 de fluidos de la Figura 4. Cada vasija tendrá su propio conducto 18 de flujo asociado y su propia combinación de una válvula, un asiento y un elemento de restricción de flujo. Luego, puede utilizarse ventajosamente el aparato resultante para implementar cualquier ciclo de PSA, entre dos o más vasijas adsorbentes, que implique una etapa de ciclo que se beneficie de la característica de control de flujo de la presente invención. Un ejemplo importante de dicha etapa de ciclo de PSA es la provisión de gas de purga desde una vasija a otra.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para controlar un flujo de un gas en un sistema de adsorción por oscilación de presión, que comprende las etapas de:
- 5 dirigir el gas desde una primera vasija hasta una segunda vasija y
- obtener un perfil predeterminado del caudal del flujo entre la primera y la segunda vasijas;
- 10 en el que la etapa de obtención incluye introducir un primer impulso en el flujo mediante la apertura y cierre de una primera válvula de manera alternativa,
- en el que la etapa de obtención incluye adicionalmente posicionar un primer elemento de restricción poroso de flujo entre la primera y la segunda vasijas de tal modo que una combinación del primer impulso y de un efecto de
- 15 restricción del flujo del elemento de restricción poroso de flujo consiga el perfil de caudal predeterminado, y
- en el que el elemento de restricción poroso de flujo está fabricado con polvo de metal sinterizado.
2. Un conjunto de tratamiento de gas, que comprende:
- 20 - una primera y una segunda vasijas, incluyendo cada una de las mismas un material de tratamiento de gas,
- un colector que conecta la primera y la segunda vasijas para comunicar un gas entre la primera y la segunda vasijas, y
- 25 - un primer conjunto de colector situado entre la primera vasija y el colector, incluyendo el conjunto de colector:
- una primera válvula de pistón, y
- 30 un primer elemento de restricción poroso de flujo, estando fabricado dicho elemento de restricción de flujo con polvo de metal sinterizado.

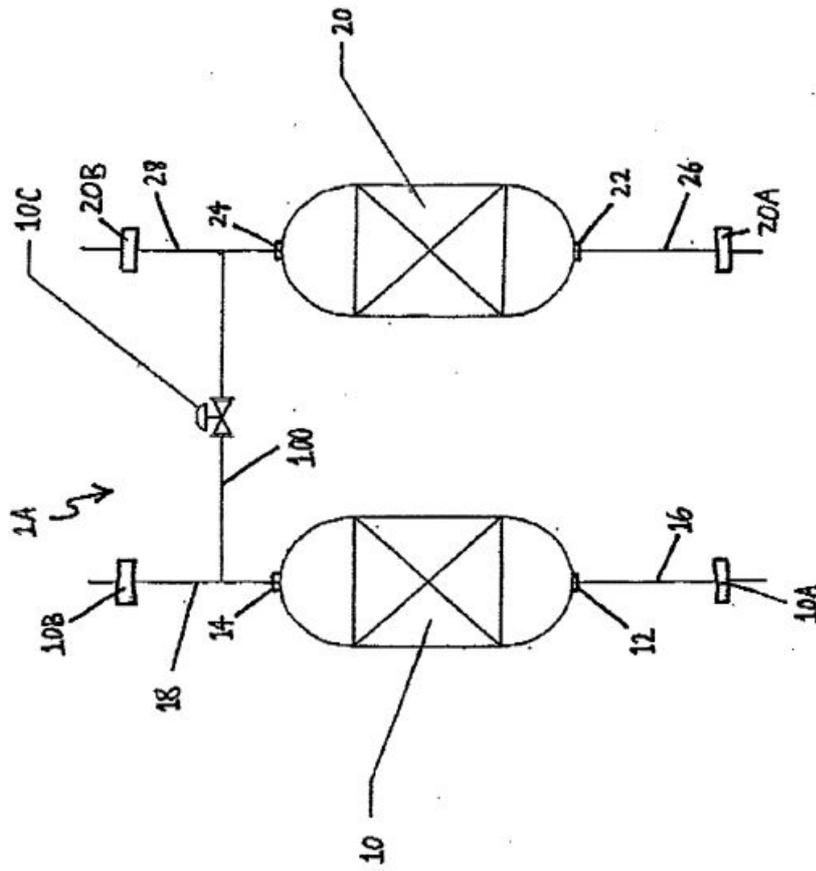


FIG. 1

(no forma parte de la invencion)

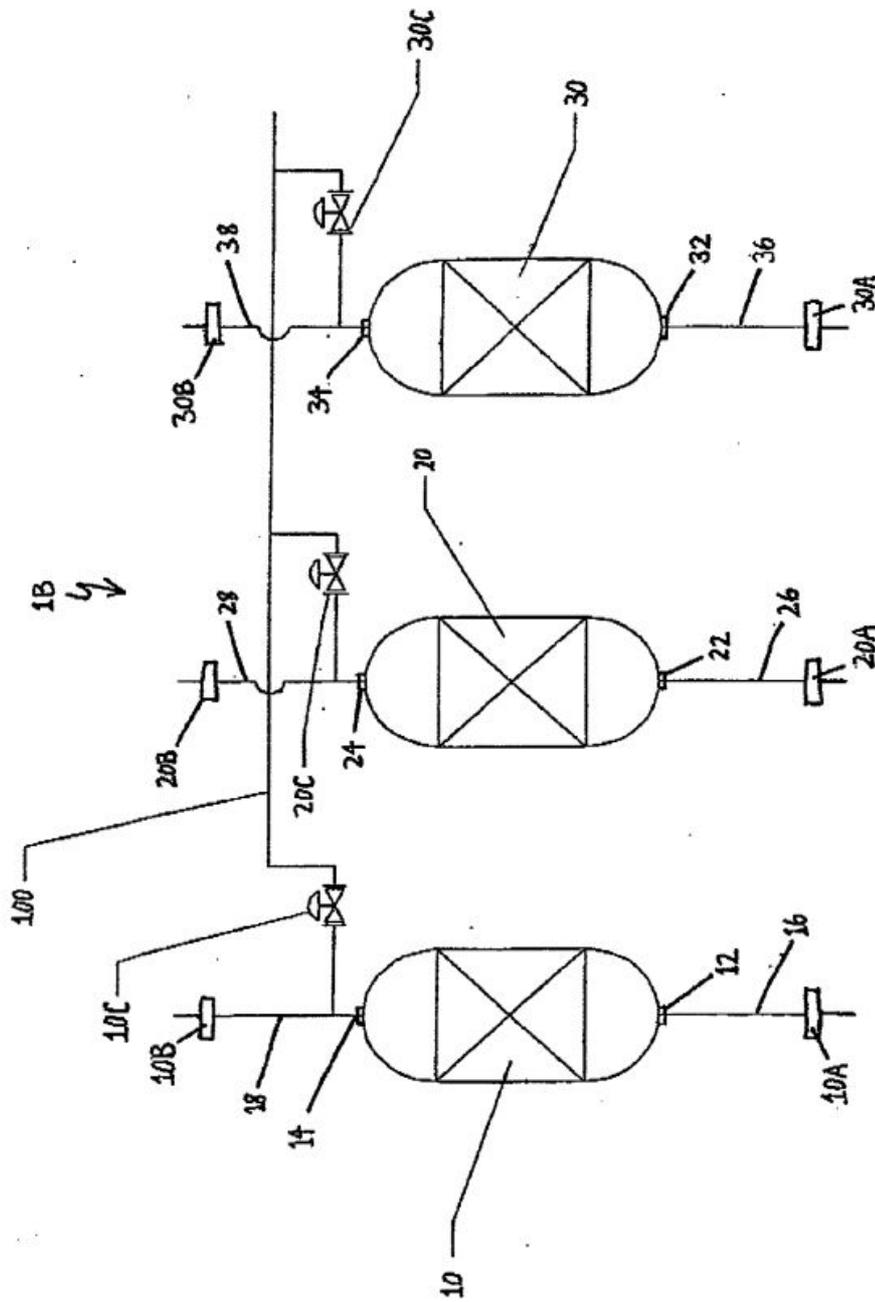


FIG. 2
(no forma parte de la invencion)

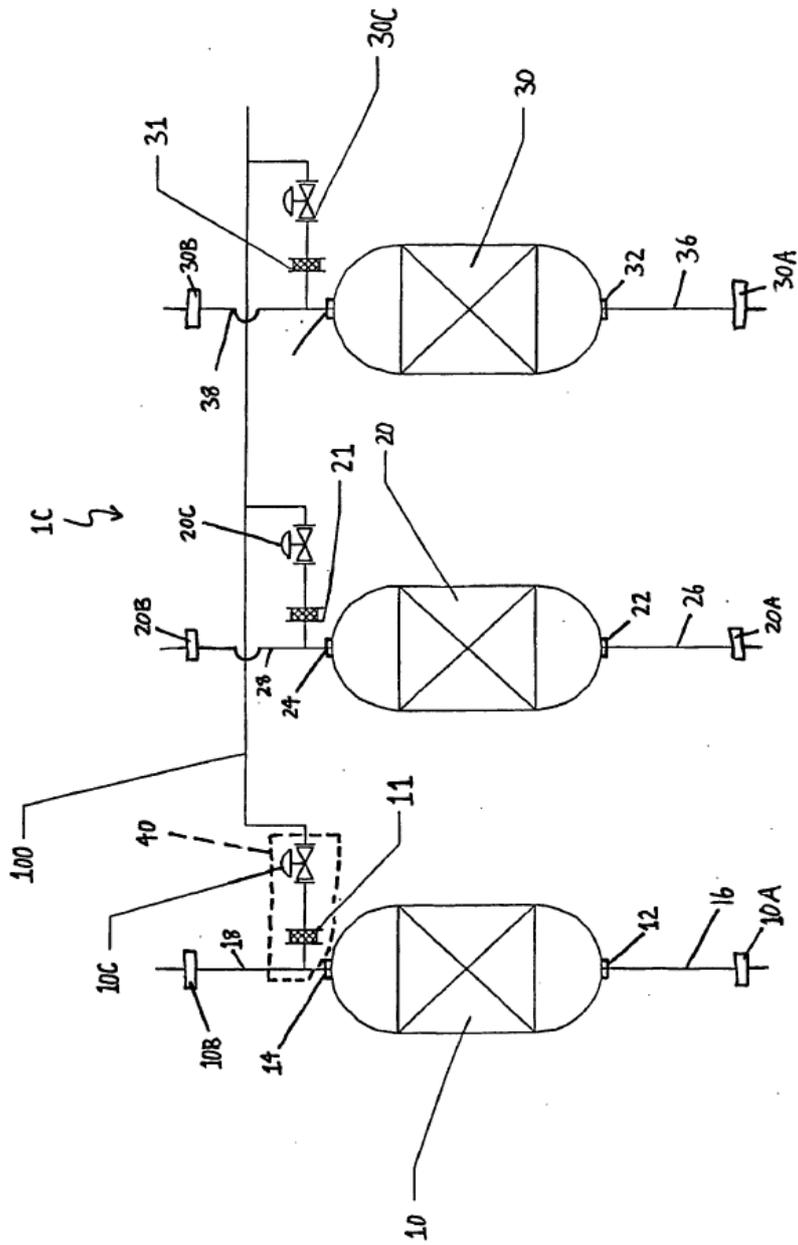


FIG. 3

