



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 286 372**

51 Int. Cl.:  
**F16K 11/074** (2006.01)  
**F15B 13/07** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03026136 .6**  
86 Fecha de presentación : **13.11.2003**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1420197**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **19.05.2004**

54 Título: **Válvula secuencial giratoria con placa de orificios flexible.**

30 Prioridad: **15.11.2002 US 295144**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.12.2007**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.12.2007**

73 Titular/es: **AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, Inc.**  
**7201 Hamilton Boulevard**  
**Allentown, Pennsylvania 18195-1501, US**

72 Inventor/es: **Wagner, Glenn Paul**

74 Agente: **Durán Moya, Luis Alfonso**

**ES 2 286 372 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**

Válvula secuencial giratoria con placa de orificios flexible.

**5 Antecedentes de la invención**

Las válvulas giratorias se utilizan ampliamente en las industrias de proceso para dirigir fluidos desde una o más fuentes del proceso hacia uno o más destinos del proceso en etapas de proceso cíclicas repetibles. Estas válvulas, también denominadas válvulas secuenciales giratorias, se utilizan en procesos cíclicos o repetibles, tales como separación de gases por adsorción por cambio de presión o temperatura, separación de líquidos por adsorción por cambio de concentración, cromatografía de gases o líquidos, procesos catalíticos regenerativos, sistemas de control secuenciales neumáticos o hidráulicos, y otros procesos cíclicos.

Un tipo de válvula giratoria tiene una configuración cilíndrica en la que unos cilindros interiores o exteriores con unos orificios y unos cierres estancos situados de manera adecuada giran uno con respecto a otro, de modo que los orificios en los cilindros interior y exterior quedan alineados y/o bloqueados en una secuencia cíclica predeterminada. Otro tipo de válvula giratoria tiene una configuración circular plana, en la que un rotor plano con orificios gira coaxialmente sobre un estátor plano con orificios, de modo que los orificios en el estátor y en el rotor quedan alineados o bloqueados en una secuencia cíclica predeterminada. La estanqueización se obtiene normalmente mediante el contacto directo de la cara de rotor plana que se desliza sobre la cara de estátor plana. Es necesario un alto grado de precisión en la fabricación de estas superficies planas, para evitar fugas excesivas en las superficies en contacto. Normalmente, se utilizan materiales rígidos, tales como metal, carbono, o cerámica, para los rotores y los estatores, y el desgaste de las piezas o las deformaciones provocadas por diferencias de temperatura provocarán cambios en la forma de las superficies, permitiendo de este modo que se produzcan fugas a través del cierre estanco formado entre las superficies. Puede fijarse una lámina de material deformable a la cara del rotor o del estátor para mejorar la estanqueización entre los mismos.

Las válvulas circulares giratorias con una configuración circular plana resultan especialmente útiles en sistemas de adsorción por cambio de presión que utilizan múltiples lechos de adsorción paralelos que funcionan en etapas cíclicas solapadas, que incluyen etapas de suministro, ecualización de presión, despresurización, purgado y represurización. A medida que el tamaño y el rendimiento de un sistema de adsorción aumentan, también aumentan los diámetros de las válvulas giratorias circulares. A medida que estas válvulas aumentan de diámetro, normalmente por encima de aproximadamente seis pulgadas, aumenta progresivamente el coste de la mecanización de las superficies del rotor y del estátor con el alto grado de planicidad necesario para un cierre estanco adecuado entre las caras del rotor y del estátor. Además, los tamaños de válvula mayores aumentan el problema de desviaciones de planitud provocadas por desgaste entre las superficies, deformación térmica de las piezas en contacto, tensiones internas de fabricación, o tensiones por la presión del fluido que fluye a través de la válvula.

Estos problemas se tratan en las realizaciones de la presente invención, tal como se describen a continuación y se definen en las siguientes reivindicaciones, dando a conocer una válvula giratoria mejorada que mitiga los problemas de estanqueización provocados por las desviaciones de planitud debidas a la fabricación del rotor y del estátor, y que también compensa el desgaste y la deformación térmica durante el funcionamiento de la válvula.

El documento WO 99/18378 da a conocer una válvula de detención o de desviación multivía, no describiéndose en el mismo que el elemento giratorio fijo comprenda un material flexible para quedar alineado de manera uniforme con otra superficie de otro elemento giratorio, tal como un rotor. El documento US 6.063.161 está dirigido a la separación por adsorción por cambio de presión (PSA) de una mezcla de gases, y da a conocer válvulas de distribución giratorias para controlar los caudales de volumen de flujos de gas. Las válvulas incluyen un rotor y un estátor que están acoplados mutuamente en contacto deslizante de manera estanca a fluidos en la superficie de la válvula, por tanto, el documento US 6.063.161 no hace referencia a una placa de orificios que comprende un material flexible. El documento GB 482955 describe una válvula piloto multivía giratoria en una planta de tratamiento de aguas que incluye una placa rígida, aunque no da a conocer una placa de orificios que comprende un material flexible.

**Características de la invención**

La presente invención se refiere a la utilización de una placa de orificios flexible (19), según la reivindicación 27, entre el rotor (1) y el estátor (37) de una válvula secuencial giratoria, comprendiendo la placa de orificios un material flexible y teniendo una primera superficie (23), una segunda superficie (25), un eje (5) perpendicular a la segunda superficie (25), y una serie de orificios (21; 27) que se extienden a través de la placa de orificios (19) desde la primera superficie (23) hasta la segunda superficie (25), en la que uno o más de los orificios están dispuestos a una distancia radial seleccionada del eje (5).

Adicionalmente, la presente invención se refiere a un conjunto de rotor y placa de orificios, según la reivindicación 1, para su utilización en una válvula secuencial giratoria, que comprende:

(a) un rotor (1) equipado para girar alrededor de un eje (5), en el que el rotor incluye una cara (7) del rotor perpendicular al eje (5), una serie de aberturas en la cara de rotor que incluyen una primera abertura (9) y una segunda abertura (11), y un paso (17) que se extiende entre la primera abertura y la segunda abertura que las dispone en comunicación fluida, donde una

- (b) o más de las aberturas en la cara de rotor (7) están dispuestas a una distancia radial seleccionada alrededor del eje;
- (c) una placa de orificios flexible (19) para su utilización entre el rotor (1) y el estátor (37) de dicha válvula secuencial giratoria, comprendiendo la placa de orificios un material flexible y teniendo una primera superficie (23), una segunda superficie (25), un eje (5) perpendicular a la segunda superficie (25), y una serie de orificios (21; 27) que se extienden a través de la placa de orificios (19) desde la primera superficie (23) hasta la segunda superficie (25), en la que uno o más de los orificios están dispuestos a una distancia radial seleccionada del eje (5),
- (d) medios de conexión deslizables axialmente que se extienden axialmente entre el rotor (1) y la primera superficie (23) de la placa de orificios flexible (19), de modo que el rotor y la placa de orificios pueden girar conjuntamente alrededor del eje (5); y
- (e) medios de estanqueización elásticos en contacto estanco con la primera superficie (23) de la placa de orificios flexible (19) y con la cara de rotor (7).

La invención también trata sobre una válvula secuencial giratoria, según la reivindicación 4, que comprende un conjunto de rotor y placa de orificios según se define en la reivindicación 1.

La invención también está dirigida a la utilización de una válvula de producto secuencial giratoria, según la reivindicación 15, en los extremos de producto de cuatro recipientes de adsorción paralelos en un proceso de adsorción por cambio de presión de cuatro lechos, teniendo cada recipiente unos extremos de suministro y de producto, en la que la válvula se define en la reivindicación 4.

En un aspecto adicional, la invención está dirigida a la utilización de válvulas secuenciales giratorias, según la reivindicación 22, en un conjunto de válvula secuencial giratoria para un sistema de adsorción por cambio de presión que utiliza una serie de recipientes de adsorción paralelos, teniendo cada recipiente un extremo de suministro y un extremo de producto.

#### Breve resumen de las características de la invención

La presente invención se refiere a una válvula secuencial giratoria que comprende un rotor que tiene una cara de rotor giratoria alrededor de un eje perpendicular a la cara de rotor, en la que la cara de rotor tiene una serie de aberturas, una o más de las cuales están dispuestas a una distancia radial seleccionada del eje, y en la que el rotor incluye como mínimo un paso que conecta como mínimo un par de la serie de aberturas. La válvula incluye una placa de orificios flexible que comprende un material flexible, que tiene un primer lado y un segundo lado, en la que el primer lado está orientado hacia el rotor y puede acoplarse al mismo, de modo que la placa de orificios flexible puede hacerse girar coaxialmente por parte del rotor y puede moverse axialmente con respecto al mismo, en la que la placa de orificios flexible tiene una serie de orificios entre el primer y el segundo lados, quedando dichos orificios alineados con las aberturas en la cara de rotor. La válvula incluye además un estátor que tiene una cara de estátor dispuesta coaxialmente con respecto al rotor y a la placa de orificios flexible, en el que el segundo lado de la placa de orificios flexible está en contacto giratorio deslizable estanco con la cara de estátor, en el que la cara de estátor tiene una serie de aberturas, algunas de las cuales están dispuestas a la distancia radial seleccionada del eje, y en el que la serie de aberturas se extienden como pasos a través del estátor.

La válvula secuencial giratoria puede comprender además medios de restricción de flujo dispuestos en el paso que conecta el par de aberturas para restringir la circulación de fluido a través del paso.

En una realización de la invención, una posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje dispone un par de aberturas en el estátor en comunicación fluida con un par de aberturas en la placa de orificios flexible, con el par de aberturas en la cara de rotor, y con el paso en el rotor que conecta el par de aberturas en la cara de rotor. Otra posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje dispone otro par de aberturas en el estátor en comunicación fluida con el par de aberturas en la placa de orificios flexible, con el par de aberturas en la cara de rotor, y con el paso en el rotor que conecta el par de aberturas en la cara de rotor.

Uno o más de los orificios que se extienden a través de la placa de orificios pueden ser ranuras con forma de arco, formando cada una de ellas una vía de paso circunferencial para la circulación de fluido entre una abertura en la cara de rotor y una abertura en la cara de estátor.

Según la invención, una válvula secuencial giratoria comprende:

- (a) un rotor equipado para girar alrededor de un eje, en el que el rotor incluye una cara de rotor perpendicular al eje, una serie de aberturas en la cara de rotor, una o más de las cuales están dispuestas a una distancia radial seleccionada del eje, y un paso que se extiende entre un par de las aberturas en la cara de rotor, que dispone el par de aberturas en comunicación fluida;

## ES 2 286 372 T3

- 5
- (b) una placa de orificios flexible que comprende un material flexible y que tiene una primera superficie, una segunda superficie, una serie de orificios que se extienden a través de la placa de orificios desde la primera superficie hasta la segunda superficie, en la que los orificios en la placa de orificios quedan alineados con las aberturas en el rotor;
- (c) medios de conexión deslizables axialmente que se extienden entre el rotor y la primera superficie de la placa de orificios flexible, de modo que el rotor y la placa de orificios pueden girar conjuntamente alrededor del eje;
- 10 (d) medios de estanqueización elásticos en contacto estanco con la cara de rotor y en contacto estanco con la primera superficie de la placa de orificios flexible, donde los medios de estanqueización elásticos forman un cierre estanco que rodea cada abertura en la cara de rotor, y un cierre estanco que rodea cada orificio en la primera superficie de la placa de orificios flexible, de modo que cada abertura en la cara de rotor está en comunicación fluida con cada orificio alineado con esa abertura;
- 15 (e) un estátor que tiene una cara de estátor dispuesta coaxialmente con respecto al rotor y a la placa de orificios flexible, en el que el segundo lado de la placa de orificios flexible está en contacto giratorio deslizable estanco con la cara de estátor, una serie de aberturas en la cara de estátor, algunas de las cuales están dispuestas a la distancia radial seleccionada del eje, y una serie de pasos que se extienden a través del estátor, extendiéndose cada paso a través del estátor desde cada una de las aberturas en la cara de estátor, respectivamente.
- 20

En esta realización, una posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje alinea un par de orificios con un par de aberturas en la cara de estátor, otra posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje alinea el par de orificios con otro par de aberturas en la cara de estátor, y otra posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje bloquea una o más de las aberturas en la cara de estátor.

25

Normalmente, la válvula secuencial giratoria comprende medios de accionamiento giratorios para hacer girar el rotor y la placa de orificios. Los medios de accionamiento giratorios pueden accionarse para accionar el rotor y la placa de orificios de manera continua a una velocidad giratoria constante, o para posicionar el rotor y la placa de orificios de manera discontinua en un ciclo giratorio repetible.

30

Los medios de conexión deslizables axialmente que se extienden entre el rotor y la primera superficie de la placa de orificios flexible pueden comprender pasadores de accionamiento cilíndricos en la cara de rotor, que se acoplan a cavidades de pasador de accionamiento cilíndricas en la primera superficie de la placa de orificios. La válvula secuencial giratoria puede incluir medios para presionar la cara de rotor contra los medios de estanqueización elásticos.

35

Los medios de estanqueización elásticos pueden seleccionarse a partir del grupo que consiste en:

40

- (a) ranuras que rodean cada abertura en la primera superficie de la placa de orificios y juntas tóricas elásticas introducidas en las ranuras, donde las juntas tóricas sobresalen más allá de la primera superficie y entran en contacto de manera estanca con la cara de rotor rodeando cada abertura opuesta en la cara de rotor;
- 45 (b) ranuras que rodean cada abertura en la cara de rotor y juntas tóricas elásticas introducidas en las ranuras, donde las juntas tóricas sobresalen más allá de la cara de rotor y entran en contacto de manera estanca con la primera superficie de la placa de orificios rodeando cada abertura opuesta en la placa de orificios;
- 50 (c) una lámina de material elástico, que tiene un primer lado adyacente a la primera superficie de la placa de orificios y un segundo lado adyacente a la cara de rotor, en la que la lámina tiene aberturas que son similares en forma y tamaño a los orificios en la placa de orificios, y el primer y el segundo lados de la lámina tienen cada uno zonas en relieve que rodean cada abertura en la misma, que entran en contacto de manera estanca con la cara de rotor rodeando cada abertura opuesta en la misma, y que entran en contacto de manera estanca con la primera superficie alrededor de orificios opuestos en la placa de orificios;
- 55 (d) zonas en relieve de material elástico fijadas a la primera superficie de la placa de orificios alrededor de cada orificio en la placa de orificios; y
- (e) zonas en relieve de material elástico fijadas a la cara de rotor alrededor de cada abertura en la cara de rotor.
- 60

La invención se refiere además a la utilización de una placa de orificios flexible entre el rotor y el estátor de una válvula secuencial giratoria, comprendiendo la placa de orificios un material flexible y teniendo una primera superficie, una segunda superficie, un eje perpendicular a la segunda superficie, y una serie de orificios que se extienden a través de la placa de orificios desde la primera superficie hasta la segunda superficie, donde uno o más de los orificios están dispuestos a una distancia radial seleccionada del eje. La placa de orificios puede comprender además ranuras en la primera superficie de la misma, donde cada ranura rodea una zona cerrada en la primera superficie, algunas o todas las ranuras rodean los orificios, unas juntas tóricas elásticas están introducidas en las ranuras, y las juntas tóricas sobresalen más allá de la primera superficie de la placa de orificios. La placa de orificios puede incluir como mínimo

65

## ES 2 286 372 T3

dos cavidades de pasador de accionamiento para alojar de manera axial y deslizante pasadores de accionamiento para hacer girar la placa de orificios alrededor del eje.

5 Varias realizaciones de la invención incluyen además un conjunto de rotor y placa de orificios para su utilización en una válvula secuencial giratoria. El conjunto comprende un rotor equipado para girar alrededor de un eje, en el que el rotor incluye una cara de rotor perpendicular al eje, una serie de aberturas en la cara de rotor que incluyen una primera abertura y una segunda abertura, y un paso que se extiende entre la primera abertura y la segunda abertura que las dispone en comunicación fluida, en el que una o más de las aberturas en la cara de rotor están dispuestas a una distancia radial seleccionada alrededor del eje. El conjunto incluye una placa de orificios flexible que tiene una primera superficie, una segunda superficie, una serie de orificios que se extienden a través de la placa, que incluyen un primer y un segundo orificios, en la que la primera abertura en la cara de rotor queda alineada con el primer orificio en la placa de orificios, y la segunda abertura en la cara de rotor queda alineada con el segundo orificio en la placa de orificios. El conjunto comprende además medios de conexión deslizables axialmente que se extienden axialmente entre el rotor y la primera superficie de la placa de orificios flexible, de modo que el rotor y la placa de orificios pueden girar conjuntamente alrededor del eje, y unos medios de estanqueización elásticos en contacto estanco con la primera superficie de la placa de orificios flexible y con la cara de rotor.

Otras realizaciones de la invención incluyen una válvula de producto secuencial giratoria para su utilización en los extremos de producto de cuatro recipientes de adsorción paralelos en un proceso de adsorción por cambio de presión de cuatro lechos, en el que cada recipiente tiene unos extremos de suministro y de producto. La válvula comprende:

- (a) un rotor equipado para girar alrededor de un eje, en el que el rotor incluye una cara de rotor perpendicular al eje; siete aberturas en la cara de rotor, donde una primera abertura interseca con el eje y las otras seis aberturas están dispuestas a una distancia radial seleccionada del eje; un paso que se extiende entre la primera abertura y una segunda abertura, un paso que se extiende entre la primera abertura y una tercera abertura, un paso que se extiende entre una cuarta abertura y una quinta abertura, y un paso que se extiende entre una sexta abertura y una séptima abertura, respectivamente, disponiendo de este modo la primera, segunda y tercera aberturas en comunicación fluida, la cuarta y quinta aberturas en comunicación fluida, y la sexta y séptima aberturas en comunicación fluida;
- (b) una placa de orificios flexible, que comprende un material flexible y que tiene una primera superficie, una segunda superficie, y seis orificios que se extienden a través de la placa de orificios, en la que los orificios en la placa de orificios y las aberturas en la cara de rotor quedan alineados y en comunicación fluida tal como sigue: un primer orificio con la primera abertura, un segundo orificio con la segunda y séptima aberturas, un tercer orificio con la tercera abertura, un cuarto orificio con la cuarta abertura, un quinto orificio con la quinta abertura, y un sexto orificio con la sexta abertura;
- (c) medios de conexión deslizables axialmente, que se extienden entre el rotor y la primera superficie de la placa de orificios flexible, de modo que el rotor y la placa de orificios pueden girar conjuntamente alrededor del eje;
- (d) medios de estanqueización elásticos en contacto estanco con la primera superficie de la placa de orificios flexible y con la cara de rotor, donde los medios de estanqueización elásticos cierran de manera estanca el primer orificio con la primera abertura, el segundo orificio con la segunda y séptima aberturas, el tercer orificio con la tercera abertura, el cuarto orificio con la cuarta abertura, el quinto orificio con la quinta abertura, y el sexto orificio con la sexta abertura, respectivamente; y
- (e) un estátor, que tiene una cara de estátor en contacto estanco y deslizable con la segunda superficie de la placa de orificios flexible y dispuesta coaxialmente con respecto al rotor y a la placa de orificios; cinco aberturas en la cara de estátor, donde una primera abertura interseca con el eje y las otras cuatro aberturas están dispuestas a la distancia radial seleccionada del eje; y cinco pasos que se extienden a través del estátor desde cada una de las cinco aberturas en la cara de estátor, respectivamente, donde la primera abertura en la cara de estátor está en comunicación fluida a través de un primer paso con una línea de suministro de producto, y donde cada una de las otras cuatro aberturas en la cara de estátor está en comunicación fluida a través de cada uno de los otros pasos con el extremo de producto de un primer, un segundo, un tercer y un cuarto recipientes de adsorción, respectivamente.

Esta válvula de producto secuencial giratoria puede funcionar de modo que:

- (1) en una primera posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje, las aberturas en el rotor, los orificios en la placa de orificios, y las aberturas en el estátor quedan alineados para disponer el extremo de producto del primer recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de suministro de producto, y con el extremo de producto del segundo recipiente de adsorción, y para disponer los extremos de producto del tercer y cuarto recipientes de adsorción en comunicación fluida; y
- (2) en una segunda posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje, las aberturas en el rotor, los orificios en la placa de orificios, y las aberturas en el estátor quedan alineados para disponer el extremo de producto del primer recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de suministro

## ES 2 286 372 T3

de producto y con el extremo de producto del segundo recipiente de adsorción, y para disponer los extremos de producto del segundo y cuarto recipientes de adsorción en comunicación fluida.

5 La válvula de producto secuencial giratoria puede comprender además un eje de accionamiento equipado para hacer girar el rotor alrededor del eje, un alojamiento de válvula fijado de manera estanca al estátor, en la que el alojamiento de válvula rodea el rotor, la placa de orificios y los medios de estanqueización elásticos, y en la que el eje de accionamiento pasa a través del alojamiento de válvula y forma un cierre estanco de manera giratoria con el alojamiento, de modo que el alojamiento tiene un interior estanco a fluidos.

10 En una realización relacionada, la invención incluye una válvula de suministro secuencial giratoria para su utilización en los extremos de suministro de cuatro recipientes de adsorción paralelos en un proceso de adsorción por cambio de presión de cuatro lechos, teniendo cada recipiente unos extremos de suministro y de producto. La válvula comprende:

15 (a) un rotor equipado para girar alrededor de un eje, en el que el rotor incluye una cara de rotor perpendicular al eje, dos aberturas en la cara de rotor, donde una primera abertura interseca con el eje y una segunda abertura está dispuesta a una distancia radial seleccionada del eje, y un paso que se extiende entre la primera y la segunda aberturas para disponer la primera y segunda aberturas en comunicación fluida;

20 (b) una placa de orificios flexible, que comprende un material flexible y que tiene una primera superficie, una segunda superficie, y tres orificios que se extienden a través de la placa de orificios, en la que un primer orificio en la placa de orificios queda alineado y en comunicación fluida con la primera abertura en la cara de rotor, y un segundo orificio en la placa de orificios queda alineado y en comunicación fluida con la segunda abertura en la cara de rotor;

25 (c) medios de conexión deslizables axialmente, que se extienden entre el rotor y la primera superficie de la placa de orificios flexible, de modo que el rotor y la placa de orificios pueden girar conjuntamente alrededor del eje;

30 (d) medios de estanqueización elásticos en contacto estanco con la primera superficie de la placa de orificios flexible y con la cara de rotor, donde los medios de estanqueización elásticos cierran de manera estanca el primer orificio con la primera abertura, y el segundo orificio con la segunda abertura, respectivamente; y

35 (e) un estátor, que tiene una cara de estátor en contacto estanco y deslizable con la segunda superficie de la placa de orificios flexible y dispuesta coaxialmente con respecto al rotor y a la placa de orificios; cinco aberturas en la cara de estátor, donde una primera abertura interseca con el eje y las otras cuatro aberturas están dispuestas a la distancia radial seleccionada del eje; y cinco pasos, extendiéndose cada paso a través del estátor desde cada una de las cinco aberturas en la cara de estátor, respectivamente, donde la primera abertura en la cara de estátor está en comunicación fluida a través de un primer paso con una línea de descarga de desecho, y donde cada una de las otras cuatro aberturas en la cara de estátor está en comunicación fluida a través de cada uno de los otros pasos con el extremo de suministro de un primer, un segundo, un tercer y un cuarto recipientes de adsorción, respectivamente.

45 La válvula de suministro secuencial giratoria puede comprender además un eje de accionamiento equipado para hacer girar el rotor alrededor del eje, un alojamiento de válvula fijado de manera estanca al estátor, en la que el alojamiento de válvula rodea el rotor, la placa de orificios, y los medios de estanqueización elásticos, y en la que el eje de accionamiento pasa a través del alojamiento de válvula y forma un cierre estanco de manera giratoria con el alojamiento, de modo que el alojamiento tiene un interior estanco a fluidos, y una línea de entrada de suministro conectada al alojamiento en comunicación fluida con el interior estanco a fluidos.

50 En la válvula de suministro secuencial giratoria, la placa de orificios puede ser circular, y puede formarse un tercer orificio en la placa de orificios retirando una parte de una zona de la placa de orificios que se extiende desde la periferia de la placa de orificios hasta una distancia radial del eje, que es menor que la distancia radial seleccionada, y en la que el tercer orificio está en comunicación fluida directa con el interior del alojamiento de válvula.

55 La válvula de suministro secuencial giratoria puede funcionar de modo que:

60 (1) en una primera posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje, las aberturas en el rotor, los orificios en la placa de orificios, y las aberturas en el estátor quedan alineados para disponer el extremo de suministro del primer recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de entrada de suministro, y para disponer el extremo de suministro del tercer recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de descarga de desecho; y

65 (2) en una segunda posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje, las aberturas en el rotor, los orificios en la placa de orificios, y las aberturas en el estátor quedan alineados para disponer el extremo de suministro del segundo recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de entrada de suministro, y para disponer el extremo de suministro del cuarto recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de descarga de desecho.

## ES 2 286 372 T3

Otra realización de la invención incluye un conjunto de válvula secuencial giratoria para un sistema de adsorción por cambio de presión que utiliza una serie de recipientes de adsorción paralelos, teniendo cada recipiente un extremo de suministro y un extremo de producto, en el que el conjunto de válvula secuencial giratoria comprende:

- 5 (1) una válvula de suministro secuencial giratoria, que comprende:
- 10 (a) un rotor, que tiene una cara de rotor giratoria alrededor de un eje perpendicular a la cara de rotor y un eje de accionamiento coaxial, en el que la cara de rotor tiene una serie de aberturas, una o más de las cuales están dispuestas a una distancia radial seleccionada del eje, y en el que el rotor incluye un paso que conecta un par de las aberturas;
  - 15 (b) una placa de orificios flexible, que comprende un material flexible y que tiene un primer lado y un segundo lado, en la que el primer lado se acopla al rotor de modo que la placa de orificios flexible puede hacerse girar coaxialmente por parte del rotor y puede moverse axialmente con respecto al mismo, en la que la placa de orificios flexible tiene una serie de orificios entre el primer y el segundo lados, y en la que dos de los orificios quedan alineados con las aberturas en la cara de rotor; y
  - 20 (c) un estátor, que tiene una cara de estátor dispuesta coaxialmente con respecto al rotor y a la placa de orificios flexible, en el que el segundo lado de la placa de orificios flexible está en contacto giratorio deslizable estanco con la cara de estátor, en el que la cara de estátor tiene una serie de aberturas, algunas de las cuales están dispuestas a la distancia radial seleccionada del eje, en el que las aberturas se extienden como pasos a través del estátor, en el que una de las aberturas en la cara de estátor está en comunicación fluida con una línea de descarga de desecho, y en el que cada una de las otras aberturas en la cara de estátor está en comunicación fluida con el extremo de suministro de cada uno de la serie de recipientes de adsorción, respectivamente;
- 25 (2) una válvula de producto secuencial giratoria, que comprende:
- 30 (a) un rotor, que tiene una cara de rotor giratoria alrededor de un eje perpendicular a la cara de rotor y un eje de accionamiento coaxial, en el que la cara de rotor tiene una serie de aberturas, una o más de las cuales están dispuestas a una distancia radial seleccionada del eje, y en el que el rotor incluye un paso que conecta un par de las aberturas;
  - 35 (b) una placa de orificios flexible, que comprende un material flexible y que tiene un primer lado y un segundo lado, en la que el primer lado se acopla al rotor de modo que la placa de orificios flexible puede hacerse girar coaxialmente por parte del rotor y puede moverse axialmente con respecto al mismo, en la que la placa de orificios flexible tiene una serie de orificios entre el primer y el segundo lados, y en la que los orificios quedan alineados con las aberturas en la cara de rotor; y
  - 40 (c) un estátor, que tiene una cara de estátor dispuesta coaxialmente con respecto al rotor y a la placa de orificios flexible, en el que el segundo lado de la placa de orificios flexible está en contacto giratorio deslizable estanco con la cara de estátor, en el que la cara de estátor tiene una serie de aberturas, algunas de las cuales están dispuestas a la distancia radial seleccionada del eje, en el que las aberturas se extienden como pasos a través del estátor, en el que una de las aberturas en la cara de estátor está en comunicación fluida con una línea de suministro de producto, y en el que cada una de las otras aberturas en la cara de estátor está en comunicación fluida con el extremo de producto de cada uno de la serie de recipientes de adsorción, respectivamente; y
- 45 (3) medios de accionamiento giratorios para hacer girar el eje de accionamiento de la válvula de suministro secuencial giratoria y el eje de accionamiento de la válvula de producto secuencial giratoria.

50 Los medios de accionamiento giratorios pueden comprender un sistema accionado por motor que hace girar los ejes de accionamiento de la válvula de producto secuencial giratoria y de la válvula de suministro secuencial giratoria. El sistema accionado por motor puede hacer girar los ejes de accionamiento de la válvula de producto secuencial giratoria y de la válvula de suministro secuencial giratoria a la misma velocidad. Los ejes de accionamiento de la válvula de producto secuencial giratoria y de la válvula de suministro secuencial giratoria pueden formar un eje de accionamiento único. La válvula de suministro secuencial giratoria puede comprender además un eje de accionamiento equipado para hacer girar el rotor alrededor del eje, un alojamiento de válvula fijado de manera estanca al estátor, donde el alojamiento de válvula rodea el rotor, la placa de orificios y los medios de estanqueización elásticos, donde el eje de accionamiento pasa a través del alojamiento de válvula y forma un cierre estanco de manera giratoria con el alojamiento, de modo que el alojamiento tiene un interior estanco a fluidos, y una línea de entrada de suministro conectada al alojamiento en comunicación fluida con el interior estanco a fluidos.

### 65 Breve descripción de varias vistas de los dibujos

La figura 1 es una sección transversal esquemática, que ilustra una realización de una válvula secuencial giratoria de la presente invención.

## ES 2 286 372 T3

La figura 2A es una tabla de ciclos de un proceso de adsorción por cambio de presión, a título de ejemplo, que puede llevarse a cabo en un equipo de proceso utilizando realizaciones de las válvulas secuenciales giratorias de la presente invención.

5 La figura 2B es un diagrama esquemático de cuatro recipientes de adsorción en una de las etapas del proceso de la tabla de ciclos de la figura 2A.

La figura 2C es un diagrama esquemático de cuatro recipientes de adsorción en otra de las etapas del proceso de la tabla de ciclos de la figura 2A.

10

La figura 3 es una vista con las piezas desmontadas, esquemática, de una válvula de producto secuencial giratoria, a título de ejemplo, de la presente invención.

La figura 4 es una vista con las piezas desmontadas, esquemática, alternativa, más detallada, de la válvula de producto secuencial giratoria, a título de ejemplo, de la figura 3.

15

La figura 5 es una vista con las piezas desmontadas, esquemática, de una válvula de suministro secuencial giratoria, a título de ejemplo, de la presente invención.

20 La figura 6A muestra una vista de la placa de orificios de la válvula de producto secuencial giratoria de las figuras 3 y 4, durante una de las etapas del proceso de la tabla de ciclos de la figura 2A.

La figura 6B muestra una vista de la placa de orificios de una válvula de suministro secuencial giratoria de la figura 5, durante la misma etapa de proceso mostrada en la figura 6A.

25

La figura 7A muestra otra vista de la placa de orificios de la válvula de producto secuencial giratoria de las figuras 3 y 4, durante otra de las etapas del proceso de la tabla de ciclos de la figura 2A.

La figura 7B muestra una vista de la placa de orificios de la válvula de suministro secuencial giratoria de la figura 5, durante la misma etapa de proceso mostrada en la figura 7A.

30

La figura 8 es un diagrama esquemático que muestra la integración de una válvula de suministro secuencial giratoria y una válvula de producto secuencial giratoria con cuatro lechos de adsorción de un sistema de adsorción por cambio de presión.

35

La figura 9 es una vista en sección transversal de un conjunto de válvula secuencial giratoria, a título de ejemplo, de la presente invención.

### Descripción detallada de la invención

40

Las válvulas secuenciales giratorias, en las que un rotor plano con orificios gira coaxialmente sobre un estátor plano con orificios, en las que los orificios del estátor y del rotor quedan alineados o bloqueados en una secuencia cíclica predeterminada, se utilizan para dirigir fluidos en procesos cíclicos que tienen una serie de etapas repetibles. Las realizaciones de la presente invención están dirigidas a válvulas secuenciales giratorias que utilizan una placa de orificios flexible dispuesta entre el estátor y el rotor de la válvula secuencial giratoria. La placa de orificios flexible, que está hecha de material flexible, está conectada al rotor y gira mediante el mismo, de modo que una cara plana en un lado de la placa de orificios gira de manera deslizante y estanca sobre la cara de estátor plana. El otro lado de la placa de orificios está en contacto con la cara de rotor, de modo que las aberturas u orificios en la cara de rotor quedan alineados con los orificios en la placa de orificios, y en comunicación fluida y estanca con los mismos. Los orificios en la placa de orificios se alinean secuencialmente con las aberturas en la cara de estátor cuando el rotor y la placa de orificios giran conjuntamente, y se obtiene un cierre estanco en la interfaz entre la placa de orificios y la cara de estátor, por el contacto entre el material flexible de la placa de orificios y el estátor cuando las dos piezas se deslizan una con respecto a otra.

50

La figura 1 muestra una vista en sección, con las piezas desmontadas, que ilustra una sección transversal central de una realización, a título de ejemplo, de la válvula secuencial giratoria. Un rotor (1) está fijado a un eje de accionamiento (3) que hace girar el rotor alrededor del eje (5). El rotor puede estar hecho de metal, cerámica, carbono u otro material rígido compatible con el fluido que circula a través de la válvula. La cara de rotor (7) tiene una abertura (9) que interseca con el eje (5) y tiene una abertura (11) a una distancia radial seleccionada del eje (5). Un orificio vertical (13), un orificio vertical (15), y un orificio horizontal (17) forman una vía de paso interna que conecta las aberturas (9) y (11) y las dispone en comunicación fluida. Puede utilizarse un tapón (16) para cerrar el extremo exterior del orificio horizontal (17). El paso formado por el orificio horizontal (17) puede incluir medios de restricción de flujo (no mostrados), tales como un conjunto de orificio, para restringir o controlar la circulación de fluido a través del orificio. Pueden utilizarse otros medios de restricción de flujo alternativos para controlar la circulación de fluido a través del paso, tales como, por ejemplo, una válvula de control de flujo ajustable. El rotor puede tener aberturas y pasos adicionales (no mostrados), tal como se describe más adelante, y los mismos pueden incluir además medios de restricción de flujo. En una realización, como mínimo dos pasadores de accionamiento (18) se extienden desde la cara de rotor (7).

65

## ES 2 286 372 T3

La cara de rotor (7) es perpendicular al eje (3) y al eje (5) y, preferentemente, es esencialmente plana, lo que significa que la cara está fabricada para ser lo más plana posible, utilizando métodos de mecanización y de esmerilado convencionales. No son necesarios métodos de fabricación avanzados, tales como el bruñido u otros procesos altamente especializados y caros, para obtener una extrema planitud. La cara de rotor deberá tener un acabado suficientemente liso como para que puedan formarse cierres estancos a fluidos alrededor de las aberturas en la cara de rotor, tal como se describe más adelante.

Como realización alternativa al paso interno formado por el orificio vertical (13), el orificio vertical (15), y el orificio horizontal o paso (17) para conectar las aberturas (9) y (11), el rotor puede estar diseñado y fabricado de modo que el orificio (11) y el orificio (13) pasen a través de la parte superior del rotor, el orificio horizontal o paso (17) no se utilice, y el orificio (11) y el orificio (13) estén conectados por un paso o conducto exterior. Esta alternativa puede resultar deseable si el número y orientación de los pasos internos complica las etapas de mecanización en la fabricación del rotor. Estos pasos o conductos externos alternativos pueden incluir medios de restricción de flujo, tales como un conjunto de orificio, para controlar la circulación de fluido a través del orificio. Pueden utilizarse otros medios de restricción de flujo alternativos para restringir o controlar la circulación de fluido a través del paso, tales como, por ejemplo, una válvula de control de flujo ajustable.

Una placa de orificios (19) está dispuesta adyacente a la cara de rotor (7) y tiene un orificio central (21) que pasa a través de la placa de orificios, desde un primer lado o superficie (23) hasta un segundo lado o superficie (25). El orificio (21) interseca con el eje (5) y está dispuesto de manera axialmente opuesta, o alineado, con respecto a la abertura (9). Un orificio (27), dispuesto a una distancia radial seleccionada del eje (5), se extiende a través de la placa de orificios, desde un primer lado o superficie (23) hasta un segundo lado o superficie (25). Este orificio puede tener forma de arco, tal como se describe más adelante. El orificio (27) está dispuesto de manera opuesta, o alineado, con respecto a la abertura (11). Un orificio y una abertura en la cara de rotor quedan alineados por definición cuando están en comunicación fluida, es decir, cuando un fluido puede circular directamente entre un orificio y una abertura alineados.

La placa de orificios flexible (19) está fijada al rotor (1), de modo que la placa de orificios puede girar alrededor del eje (5) mediante el rotor (1), y la misma puede moverse axialmente con respecto al rotor. Puede utilizarse cualquier medio para fijar la placa de orificios (19) al rotor (1) o a la cara de rotor (7), siempre que los medios de fijación permitan un movimiento axial de la placa de orificios con respecto al rotor. Los medios de fijación pueden definirse también como medios de fijación deslizables axialmente, uno de los cuales se muestra en la figura 1, en los que la superficie (23) de la placa de orificios (19) puede tener como mínimo dos cavidades de pasador de accionamiento (29), dispuestas para alojar de manera deslizante unos pasadores de accionamiento (18) cuando la cara de rotor (7) se mueve axialmente hacia la primera superficie (23) de la placa de orificios (19). Estos pasadores hacen girar la placa de orificios, al mismo tiempo que permiten que la misma se mueva axialmente con respecto al rotor (1). Pueden utilizarse otros medios de fijación deslizables axialmente que estén dentro del ámbito de las realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, la placa de orificios puede fijarse al rotor utilizando tornillos dispuestos en rebajes que no sujeten la placa de orificios firmemente al rotor, sino que permitan que la misma se mueva axialmente con respecto al rotor, y eviten que la placa de orificios se separe del mismo.

La placa de orificios (19) está hecha preferentemente de un material con un módulo de elasticidad reducido, y tiene un grosor tal que es flexible con respecto a los materiales del rotor y del estátor. El material de la placa de orificios deberá tener un coeficiente de rozamiento reducido con respecto al material del estátor, y deberá ser compatible con el fluido que circula a través de la válvula. Un material adecuado para la placa de orificios puede seleccionarse a partir de materiales tales como, por ejemplo, politetrafluoroetileno (PTFE), PTFE con carga de carbono o bronce, polioximetileno o acetal (por ejemplo, Delrin®), nylon o polieteretercetona (PEEK). La placa de orificios deberá tener un grado de flexibilidad adecuado, de modo que pueda adaptarse a cualquier desviación de planitud de la cara de estátor, tal como se describe más adelante. El grado de flexibilidad de la placa de orificios es una función del módulo del material de la placa de orificios y del grosor de la misma. En una realización típica, el grosor de la placa de orificios puede estar en el intervalo de 1/16 a 1/2 de pulgada.

Cada una de las aberturas de orificio en la primera superficie (23) de la placa de orificios (19) está rodeada por medios de estanqueización elásticos, que cierran de manera estanca la abertura de orificio con una abertura opuesta en la cara de rotor (7). Preferentemente, los medios de estanqueización elásticos comprenden un material elástico que entra en contacto de manera estanca con la cara de rotor (7), y que puede fijarse de manera estanca a la placa de orificios (19), o estar en contacto estanco con la misma. Preferentemente, el material elástico permite un ligero movimiento axial de la placa de orificios (19) con respecto a la cara de rotor (7) cuando la primera superficie (23) y la cara de rotor (7) son presionadas conjuntamente haciéndolas entrar en contacto contra los medios de estanqueización elásticos. Normalmente, la primera superficie (23) de la placa de orificios (19) no entra en contacto con la cara de rotor (7).

En una realización de los medios de estanqueización elásticos, mostrada en la figura 1, se practican unas ranuras en la primera superficie (23) alrededor de los orificios (21) y (27) en la placa de orificios (19). Se introducen unas juntas tóricas (31) y (33) en las ranuras alrededor de los orificios (21) y (27), respectivamente, y la profundidad de las ranuras es menor que el diámetro de la sección transversal de las juntas tóricas, de modo que las juntas tóricas sobresalen por encima o más allá de la primera superficie (23), tal como se muestra. La cara de rotor (7) presiona contra las juntas tóricas (31) y (33) (y, opcionalmente, contra las otras juntas tóricas no mostrados en este caso), presionando a su vez la segunda superficie plana (25) de la placa de orificios (19) contra la cara de estátor plana (35). La compresión de

## ES 2 286 372 T3

las juntas tóricas es del orden de decenas de milésimas de pulgada, de modo que es mucho mayor que el tamaño de cualquier desviación de planitud de la cara de estátor (35). El material flexible de la placa de orificios (19) se adapta a cualquier imperfección de planitud en la cara de estátor (35) mientras el mismo se desliza en un movimiento giratorio sobre la cara de estátor (35), manteniendo de este modo un cierre estanco a fluidos. Aunque esta realización se ha descrito para juntas tóricas que tienen una sección transversal circular, pueden utilizarse juntas tóricas con otras formas de sección transversal, según se desee.

Las juntas tóricas pueden estar hechas de cualquier material adecuado con una elasticidad suficiente, y compatible con el fluido que circula a través de válvula. Materiales a título de ejemplo que pueden utilizarse para las juntas tóricas incluyen, por ejemplo, caucho nitrílico, neopreno, etileno propileno, y fluoroelastómeros, tales como Viton®.

Las juntas tóricas (31) y (33) tienen diversas funciones, debido a sus propiedades elásticas. En primer lugar, fuerzan la segunda superficie (25) de la placa de orificios (19) contra la cara de estátor (35); en segundo lugar, mantienen un cierre estanco en la primera superficie (23) alrededor de los orificios en la placa de orificios, y en la cara de rotor (7) alrededor de las aberturas (9) y (11); en tercer lugar, evitan fugas entre la cara de rotor (7) y la primera superficie (23) de la placa de orificios (19) cuando dicha placa de orificios flexiona con respecto a la cara de estátor (35); y en cuarto lugar, permiten que la placa de orificios (19) se mueva ligeramente en dirección axial con respecto al estátor (37) para compensar el desgaste de la segunda superficie (25) cuando la placa de orificios (19) gira contra la cara de estátor (35). Este movimiento axial también puede compensar la deformación de la cara de estátor (35), que puede ser provocada por gradientes térmicos o por cargas de presión de fluido.

En una realización alternativa, las ranuras podrían practicarse en la cara de rotor (7), alrededor de las aberturas (9) y (11) (no mostradas) en lugar de practicarse en la placa de orificios (19), tal como se ha descrito anteriormente. De este modo, las juntas tóricas irían montadas en el rotor, y presionarían contra la primera superficie (23) de la placa de orificios (19). Los pasadores de accionamiento (18) se acoplarían a las cavidades de pasador de accionamiento (29), tal como se ha descrito anteriormente. En otra realización, los medios de estanqueización elásticos pueden comprender una lámina de material elástico con un primer lado adyacente a la primera superficie (23) de la placa de orificios y un segundo lado adyacente a la cara de rotor (7). En esta realización, la lámina tendría unas aberturas con una forma y tamaño similares a los orificios en la placa de orificios, y el primer y segundo lados de la lámina tendrían cada uno unas zonas en relieve que rodean cada abertura, que entran en contacto de manera estanca con la cara de rotor (7), rodeando cada abertura opuesta en la cara de rotor, y que entran en contacto de manera estanca con la primera superficie (23), alrededor de los orificios opuestos en la placa de orificios. De manera alternativa, los medios de estanqueización elásticos pueden comprender zonas en relieve de material elástico unidas o fijadas a la primera superficie (23) de la placa de orificios (19), alrededor de cada orificio en la misma, o zonas en relieve de material elástico unidas o fijadas a la cara de rotor (7), alrededor de cada abertura en la cara de rotor.

También existen otros tipos de medios de estanqueización elásticos que pueden utilizarse a efectos de formar un cierre estanco entre la cara de rotor (7) y la primera superficie (23) de la placa de orificios (19). Por ejemplo, podrían utilizarse cierres estancos que incluyan muelles internos para obtener elasticidad, lo que permitiría obtener un cierre estanco entre el rotor y la placa de orificios, y obtener además una fuerza de empuje de la placa de orificios contra la cara de estátor (35). Esta fuerza no debería verse afectada de manera significativa por la flexión de la placa de orificios (19), y la flexión de la placa de orificios debería ser significativamente menor que la compresión de los cierres estancos.

Preferentemente, la cara de estátor (35) es esencialmente plana, lo que significa que la cara está fabricada para ser lo más plana posible, utilizando métodos de mecanización y de esmerilado convencionales. No son necesarios métodos de fabricación avanzados, tales como el bruñido u otros procesos altamente especializados y caros, para obtener una extrema planitud. Preferentemente, la cara de rotor (35) y la segunda superficie (25) de la placa de orificios (19) son lisas, para minimizar el desgaste por abrasión durante el funcionamiento giratorio. La cara de estátor (35) tiene unos orificios o aberturas (39), (41) y (43) que conducen hacia unos pasos (45), (47), y (49), respectivamente, a través del cuerpo del estátor (37). Normalmente, la abertura (41) y el paso (47) intersecan con el eje (5). Las aberturas (39) y (43) están dispuestas aproximadamente a la misma distancia radial seleccionada del eje (5) que el orificio (27) en la placa de orificios (19) y que la abertura (11) en la cara de rotor (7). La abertura (41), el orificio (21), y la abertura (9) siempre quedan alineados y en comunicación fluida cuando el rotor, la placa de orificios, y el estátor son presionados de manera estanca conjuntamente. En una primera orientación, tal como se muestra en la figura 1, la abertura (39), el orificio (27), y la abertura (11) quedan alineados y en comunicación fluida con la abertura (41), el orificio (21), y la abertura (9) a través del orificio (13), el orificio (17), y el orificio (15). Cuando el rotor (1) y la placa de orificios (19) giran hasta una segunda orientación (no mostrada) 180 grados desde la primera orientación, la abertura (43), el orificio (27), y la abertura (11) quedan alineados y en comunicación fluida con la abertura (41), el orificio (21) y la abertura (9) a través del orificio (13), el orificio (17), y el orificio (15).

El rotor (1) y el estátor (37) pueden tener otras múltiples aberturas y vías de paso (no mostradas) para otras funciones de circulación de fluidos, tal como se describe más adelante. Asimismo, la placa de orificios (19) puede tener orificios adicionales (no mostrados) para otras funciones de circulación de fluidos, tal como se describe más adelante.

Las válvulas secuenciales giratorias del tipo descrito anteriormente resultan particularmente útiles en sistemas de adsorción por cambio de presión (PSA) que utilizan lechos de adsorción paralelos múltiples que funcionan en etapas

## ES 2 286 372 T3

cíclicas solapadas, que incluyen etapas de suministro, ecualización de presión, despresurización, purga y represurización. Las realizaciones de la válvula secuencial giratoria ilustradas anteriormente pueden ser utilizadas en el proceso PSA de cuatro lechos, a título de ejemplo, mostrado en la tabla de ciclos de la figura 2A, y en el diagrama de flujo de lechos esquemático de las figuras 2B y 2C.

5

La figura 2A muestra las etapas de ciclo solapadas para cada uno de los lechos (A), (B), (C), y (D), donde cada lecho funciona a su vez a través de las etapas de ciclo durante los periodos de tiempo mostrados. Por ejemplo, el lecho (A) funciona a través de: (a) una etapa de suministro, durante un periodo  $-t_0-$  a  $-t_2-$ , en la que se introduce un gas de suministro en un extremo de suministro del lecho, mientras que se retira un gas de producto de un extremo de producto del lecho; (b) una etapa de ecualización, durante un periodo  $-t_2-$  a  $-t_3-$ , en la que el lecho se despresuriza a través del extremo de producto para suministrar gas de presurización a otro lecho; (c) una etapa de suministro de purga, durante  $-t_3-$  a  $-t_4-$ , en la que el lecho se despresuriza adicionalmente para suministrar gas de purga a otro lecho en la etapa de purga; (d) una etapa de purga de desecho, durante  $-t_4-$  a  $-t_5-$ , en la que el lecho se despresuriza adicionalmente desde el extremo de suministro; (e) una etapa de purga, durante  $-t_5-$  a  $-t_6-$ , en la que el lecho se purga introduciendo en el extremo de producto un gas de purga suministrado por otro lecho; (f) una etapa de represurización, durante  $-t_6-$  a  $-t_7-$ , a través del extremo de producto, con gas de otro lecho que está llevando a cabo la ecualización y con gas de producto; y (g) una etapa de represurización final, con gas de producto, durante  $-t_7-$  a  $-t_8-$ .

La figura 2B muestra la configuración de flujo para los lechos (A), (B), (C), y (D) durante el periodo  $-t_0-$  a  $-t_1-$ . El suministro circula hacia el extremo de suministro del lecho (A) a través de la línea (201), mientras que el gas de producto final se retira del extremo de producto del lecho (A) a través de la línea (203). Una parte del gas de producto del lecho (A) se utiliza para represurizar el lecho (B) a través de la línea (205). El gas de ecualización circula desde el lecho (D) hasta el lecho (B) a través de la línea (207). El gas de despresurización de desecho se retira del lecho (C) a través de la línea de descarga de desecho (209).

25

La figura 2C muestra la configuración de flujo para los lechos (A), (B), (C), y (D) durante el periodo  $-t_1-$  a  $-t_2-$ . El suministro circula hacia el extremo de suministro del lecho (A) a través de la línea (201), mientras que el gas de producto final se retira del extremo de producto del lecho (A) a través de la línea (203). Una parte del gas de producto del lecho (A) se utiliza para represurizar el lecho (B) a través de la línea (205). El gas de purga circula desde el lecho (D) hasta el lecho (C) a través de la línea (211), y el gas de purga de desecho se retira del lecho (C) a través de la línea de descarga de desecho (213) (la misma que la línea (209)).

30

Los lechos (A), (B), (C), y (D) realizan a su vez ciclos a través de unas configuraciones de flujo de lecho similares durante los periodos  $-t_2-$  a  $-t_4-$ ,  $-t_4-$  a  $-t_6-$ , y  $-t_6-$  a  $-t_8-$ . La circulación de gas entre los cuatro lechos puede controlarse mediante una válvula de suministro secuencial giratoria en los extremos de suministro de los lechos, y mediante una válvula de producto secuencial giratoria en los extremos de producto de los lechos. Una válvula de producto secuencial giratoria para esta aplicación, a título de ejemplo, se muestra en el dibujo en perspectiva, con las piezas desmontadas, de la figura 3. Una vista de un corte del cuerpo del rotor (301) muestra las aberturas y los pasos internos que dirigen el gas en los extremos de producto de los lechos. Hay seis orificios exteriores en la cara de rotor (no visibles en este caso) dispuestos a una distancia radial seleccionada del eje del rotor, y un único orificio central en la cara de rotor, que interseca con el eje. El primero y el segundo de estos orificios exteriores están conectados por el paso interno (303); el primer y segundo orificios exteriores están conectados a los extremos izquierdo y derecho, respectivamente, del paso interno (303). El tercero de estos orificios exteriores está conectado al orificio central por el paso interno (305). El cuarto y sexto de estos orificios exteriores están conectados por el paso interno (307) y los orificios (309) y (311), respectivamente. El quinto de estos orificios exteriores, que está situado en la zona posterior inferior del rotor (301) y no es visible en este caso, está conectado al orificio central por el paso (313), que pasa por debajo del paso (305). Por lo tanto, el orificio central, el tercer orificio, y el quinto orificio están todos conectados y pueden estar en comunicación fluida. La cara de rotor (301) tiene como mínimo dos pasadores de accionamiento, uno de los cuales es visible como pasador de accionamiento (315). Uno o más de los pasos (303), (305), (307) y (313) pueden tener orificios internos (no mostrados) para regular la circulación de fluido a través de los pasos.

50

La placa de orificios (317) tiene un orificio central (319) opuesto al orificio central en el rotor (301), y como mínimo dos cavidades de pasador de accionamiento (321) y (323), que están dispuestas de modo que los pasadores de accionamiento en el rotor se deslizan al interior de las cavidades de pasador de accionamiento y se acoplan a las mismas cuando el rotor y la placa de orificios son presionados conjuntamente de manera axial, y se desacoplan cuando se estira del rotor y de la placa de orificios para separarlos de manera axial. Por lo tanto, los pasadores de accionamiento y las cavidades de pasador de accionamiento permiten obtener unos medios de conexión desmontables y deslizable axialmente, que se extienden entre la cara de rotor y la placa de orificios flexible. Los pasadores de accionamiento hacen girar la placa de orificios (317) en coordinación con el giro del rotor (301), y también permiten que la placa de orificios se mueva axialmente con respecto al rotor. Esto permite que la placa de orificios se mueva ligeramente en la dirección axial, para compensar las desviaciones de planitud de la cara de estátor y un desgaste ocasional de la placa de orificios cuando se desliza de manera giratoria sobre la cara de estátor. Pueden utilizarse otros tipos de medios de conexión desmontables y deslizable axialmente entre el rotor y la placa de orificios, y que estén dentro del ámbito de la presente invención, siempre y cuando permitan obtener las dos funciones de hacer girar la placa de orificios y permitir que la misma se mueva axialmente con respecto al rotor.

65

La placa de orificios (317) tiene además unas ranuras con forma de arco (324), (325), (327), (329), y (331) que están situadas aproximadamente a la misma distancia radial del eje que los seis orificios exteriores en la cara de rotor

## ES 2 286 372 T3

(301). El primer orificio en la cara de rotor está dispuesto de manera opuesta con respecto al orificio (331), el segundo orificio está dispuesto de manera opuesta con respecto al orificio (324), el tercer y cuarto orificios están dispuestos de manera opuesta con respecto al orificio (325), el quinto está dispuesto de manera opuesta con respecto al orificio (327), y el sexto está dispuesto de manera opuesta con respecto al orificio (329).

5 La cara de estátor (333) del estátor (335) tiene un orificio central (337) y unos orificios (339), (341), (343), y (345) situados con una separación de 90 grados y aproximadamente a la misma distancia radial del eje que los orificios en la placa de orificios (317). Cada uno de los orificios en la cara de estátor conduce hacia unos pasos a través del estátor hasta la cara inferior del mismo (no mostrada). En el alineamiento del rotor (301), la placa de orificios (317),  
10 y el estátor (335) de la figura 3, las líneas y las flechas muestran los recorridos del flujo del fluido a través de los componentes de la válvula. Por ejemplo, se muestra que el fluido puede circular desde el orificio (345), a través del orificio (331), del primer orificio en la cara de rotor (301), del paso (303), del segundo orificio en la cara de rotor (310), del orificio (324), y del orificio (339). Además, el fluido puede circular a través del orificio (343) en la cara de estátor, a través de la ranura con forma de arco (327), a través del quinto orificio en la cara de rotor (no visible en la presente  
15 vista), y a través del paso (313). A continuación, esta corriente de fluido se divide, y una parte circula a través del paso (305), a través del tercer orificio en la cara de rotor (301), circunferencialmente a través de la ranura con forma de arco u orificio (325), y a través del orificio (341). La parte restante circula a través del orificio (319) y a través del orificio central (337) en la cara de estátor (335).

20 Cuando el rotor (301) y la placa de orificios (317) giran conjuntamente, con la placa de orificios en contacto con la cara de estátor (333), los orificios en la placa de orificios pasan secuencialmente sobre los orificios en la cara de estátor, y a su vez dirigen el flujo de fluido hacia diferentes combinaciones de orificios en el estátor. Los pasos desde los orificios (339), (341), (343) y (345) pueden conectarse a los extremos de producto de los lechos de adsorción (C), (B), (A), y (D) de la figura 2C, respectivamente. A continuación se expone una descripción más detallada de la  
25 circulación de fluido a través de la válvula secuencial giratoria durante las partes del ciclo PSA.

En el dibujo en perspectiva, con las piezas desmontadas, de la figura 4, se muestra una vista más detallada de la válvula de producto secuencial giratoria, a título de ejemplo. El rotor (301) se muestra con los orificios y los pasos interiores dibujados en líneas discontinuas. El primer, segundo, tercer, cuarto, quinto y sexto orificios, y el orificio  
30 central en la cara de rotor (301), descritos haciendo referencia a la figura 3, se muestran en la figura 4 como los orificios (401), (403), (405), (407), (409), (411), y (412), respectivamente. En la figura 4 también se muestran los pasos (303), (305), (307), y (313).

Es posible una realización alternativa, en la que no se utilizan los pasos interiores (303), (305), (307), y (313) en el interior del rotor (301). En su lugar, unos pasos se extienden desde los orificios (401), (403), (405), (407), (409), (411) y (412) a través del rotor, hacia la superficie superior del mismo. Se utilizan conductos externos para conectar los orificios en la superficie superior del rotor, a efectos de obtener los mismos recorridos de flujo de fluido entre los orificios que los descritos anteriormente utilizando los pasos interiores. En esta alternativa, el paso desde el orificio central (412) debería estar dispuesto a un ángulo del eje para evitar el eje de accionamiento axial (no mostrado en la  
40 figura 3, pero visible en la figura 1). De manera alternativa, el eje de accionamiento podría estar conectado al rotor (301) mediante un separador hueco, y el paso central podría ser axial.

Se practican unas ranuras en la primera superficie (413) de la placa de orificios (415) para alojar unas juntas tóricas, tal como se ha descrito anteriormente. De manera específica, se practican unas ranuras (417), (419), (421), (423), (425), (427) en la primera superficie (413), rodeando los orificios (429), (431), (433), (435), (437) y (439), respectivamente. Se muestran las cavidades de pasador de accionamiento (321) y (323), que alojan un pasador de accionamiento (315) y un segundo pasador de accionamiento (316), dispuestas de manera opuesta a 180 grados. Las juntas tóricas (441), (443), (445), (447), (449), y (451) se encajan en el interior de las ranuras (417), (419), (421), (423), (425), (427),  
50 respectivamente. El estátor (335) se ha descrito anteriormente, haciendo referencia a la figura 3.

Las juntas tóricas se introducen en el interior de las ranuras, y la cara de rotor (301) es presionada contra las juntas tóricas mientras los pasadores de accionamiento (315) y (316) se introducen de manera deslizante y axial en las cavidades de pasador de accionamiento (321) y (323). Las juntas tóricas entran en contacto con la cara de rotor, y forman cierres estancos alrededor de los orificios en la cara de rotor. La junta tórica (441) forma un cierre estanco  
55 alrededor del orificio (403), la junta tórica (443) forma un cierre estanco alrededor de los orificios (405) y (407), la junta tórica (445) forma un cierre estanco alrededor del orificio (411), la junta tórica (447) forma un cierre estanco alrededor del orificio (409), la junta tórica (449) forma un cierre estanco alrededor del orificio (401), y la junta tórica (451) forma un cierre estanco alrededor del orificio central (412). La segunda superficie de la placa de orificios (415) entra en contacto y forma un cierre estanco contra la cara de estátor (333), tal como se ha descrito anteriormente.

En una realización alternativa, las ranuras podrían estar practicadas en la cara de rotor (301), alrededor de las aberturas en la misma (no mostradas), en lugar de estar practicadas en la placa de orificios (415), tal como se ha descrito anteriormente. De este modo, las juntas tóricas irían montadas en el rotor, y presionarían contra la primera  
65 superficie (413) de la placa de orificios (415). Los pasadores de accionamiento (315) y (316) se acoplarían a las cavidades de pasador de accionamiento (321) y (323), tal como se ha descrito anteriormente.

En otra realización, los medios de estanqueización pueden comprender una lámina de material elástico que tiene un primer lado adyacente a la primera superficie (413) de la placa de orificios y un segundo lado adyacente a la cara de

## ES 2 286 372 T3

rotor (301). La lámina tiene unas aberturas que son similares en forma y tamaño a los orificios en la placa de orificios, y el primer y segundo lados de la lámina tienen cada uno unas zonas en relieve que rodean cada abertura, que entran en contacto de manera estanca con la cara de rotor (301), rodeando cada abertura opuesta en la cara de rotor, y que entran en contacto de manera estanca con la primera superficie (413), alrededor de los orificios opuestos en la placa de orificios.

También existen una serie de otros tipos de cierres estancos de plástico que pueden utilizarse como cierre estanco entre la cara de rotor (301) y la primera superficie (413) de la placa de orificios (415). Por ejemplo, podrían utilizarse cierres estancos que contienen muelles internos para obtener elasticidad, lo que permitiría obtener un cierre estanco entre el rotor y la placa de orificios, y obtener además una fuerza para empujar la placa de orificios contra la cara de estátor (333). Esta fuerza no deberá verse afectada de manera significativa por la flexión de la placa de orificios (415), y la flexión de la placa de orificios deberá ser significativamente menor que la compresión de los cierres estancos.

La válvula de producto secuencial giratoria montada se instala en un alojamiento estanco (descrito más adelante) que incluye un cierre estanco de eje de accionamiento. Cualquier ligera fuga de gas a través del cierre estanco giratorio entre la placa de orificios y el estátor quedará acumulada en el alojamiento, aumentando de este modo la presión en el interior del alojamiento. Esta presión, que actúa sobre el rotor, forzará el mismo contra el estátor, ya que la presión en los orificios del estátor es menor que la presión en el alojamiento. Esta fuerza adicional disminuirá adicionalmente las fugas.

Puede diseñarse una válvula secuencial giratoria para el extremo de suministro de los lechos de adsorción, que tenga unas características similares a la válvula giratoria de extremo de producto descrita anteriormente. En el dibujo en perspectiva, con las piezas desmontadas, de la figura 5, se muestra una válvula de suministro secuencial giratoria, a título de ejemplo. La cara de rotor (501) tiene dos orificios o aberturas (503) y (505) conectados por un paso interior (507), mostrado en líneas discontinuas. El orificio (505) está situado en el centro del rotor, e interseca con el eje del rotor, y el orificio (503) está situado a una distancia radial seleccionada del orificio (505). Como mínimo dos pasadores de accionamiento (509) y (511) están montados en la cara de rotor. La parte superior del rotor (501) tiene un eje de accionamiento (no mostrado) que hace girar el rotor alrededor de un eje central (no mostrado) que pasa a través del orificio (505).

Es posible una realización alternativa del rotor, en la que no se utiliza el paso interior (507) en el interior del rotor (501). En su lugar, un conducto externo se extiende desde el orificio (503) hasta el (505) por encima de la superficie superior del rotor, a efectos de obtener los mismos recorridos de flujo de fluido entre los orificios que los descritos anteriormente utilizando los pasos interiores. En esta alternativa, el paso desde el orificio central (505) debería estar dispuesto a un ángulo del eje para evitar el eje de accionamiento axial (no mostrado en la figura 5, pero visible en la figura 1). De manera alternativa, el eje de accionamiento podría estar conectado al rotor (501) mediante un separador hueco, y el paso central podría ser axial.

La placa de orificios (513) tiene una primera superficie (515) y una segunda superficie (no mostrada en esta vista) en el lado opuesto. La placa de orificios tiene tres orificios o aberturas que pasan desde la primera superficie hasta la segunda superficie. El orificio (517) está en el centro de la placa de orificios e interseca con el eje, y está rodeado por la ranura (519). El orificio (521), generalmente con una forma de arco, está situado aproximadamente a la misma distancia radial seleccionada que el orificio (509) en el rotor (501), y está rodeado por la ranura (523). El orificio (525) se forma retirando una parte parcial de la placa de orificios, tal como se muestra, y está abierto en la circunferencia de la placa de orificios. El borde interior del orificio (525) está situado aproximadamente a la misma distancia radial que el borde interior del orificio (521). La primera superficie (515) tiene como mínimo dos cavidades de pasador de accionamiento (527) y (529), que están situadas en correspondencia con los pasadores de accionamiento (511) y (509), respectivamente, en la cara de rotor (501). La primera superficie de la placa de orificios (513) tiene además dos ranuras (531) y (533) dispuestas entre los orificios (521) y (525). Las ranuras (531) y (533) no rodean los orificios, y pueden estar situadas aproximadamente en la misma situación radial que el orificio (521). Unas juntas tóricas (535), (537), (539), y (541) están dimensionadas para su introducción en las ranuras (519), (523), (531), y (533), respectivamente, en la primera superficie (515) de la placa de orificios (513).

En una realización alternativa, las ranuras podrían estar practicadas en la cara de rotor (501), alrededor de las aberturas en la misma (no mostradas), en lugar de estar practicadas en la placa de orificios (513), tal como se ha descrito anteriormente. De este modo, las juntas tóricas irían montadas en el rotor, y presionarían contra la primera superficie (515) de la placa de orificios (513). Los pasadores de accionamiento (509) y (511) se acoplarían a las cavidades de pasador de accionamiento (529) y (527), tal como se ha descrito anteriormente.

En otra realización, los medios de estanqueización pueden comprender una lámina de material elástico que tiene un primer lado adyacente a la primera superficie (515) de la placa de orificios y un segundo lado adyacente a la cara de rotor (501). La lámina tiene unas aberturas que son similares en forma y tamaño a los orificios en la placa de orificios, y el primer y segundo lados de la lámina tienen cada uno unas zonas en relieve que rodean cada abertura, que entran en contacto de manera estanca con la cara de rotor (501), rodeando cada abertura opuesta en la cara de rotor, y que entran en contacto de manera estanca con la primera superficie (515), alrededor de los orificios opuestos en la placa de orificios.

También existen una serie de otros tipos de cierres estancos de plástico que pueden utilizarse como cierre estanco entre la cara de rotor (501) y la primera superficie (515) de la placa de orificios (513). Por ejemplo, podrían utilizarse

## ES 2 286 372 T3

cierres estancos que contienen muelles internos para obtener elasticidad, lo que permitiría obtener un cierre estanco entre el rotor y la placa de orificios, y obtener además una fuerza para empujar la placa de orificios contra la cara de estátor (543). Esta fuerza no deberá verse afectada de manera significativa por la flexión de la placa de orificios (515), y la flexión de la placa de orificios deberá ser significativamente menor que la compresión de los cierres estancos.

5 La cara de estátor (543) del estátor (545) tiene un orificio central (547) y unos orificios (549), (551), (553) y (555) situados con una separación de 90 grados y aproximadamente a la misma distancia radial del eje que los orificios en la placa de orificios (513). Cada uno de los orificios en la cara de estátor conduce hacia unos pasos a través del estátor hasta la cara inferior del mismo (no mostrada). Las juntas tóricas se introducen en las ranuras, y la cara de rotor (501) es presionada contra las juntas tóricas mientras los pasadores de accionamiento (509) y (511) se introducen en las cavidades de pasador de accionamiento (529) y (527), respectivamente. Las juntas tóricas entran en contacto con la cara de rotor, y forman cierres estancos alrededor de los orificios en la cara de rotor. La junta tórica (535) forma un cierre estanco alrededor del orificio (505), y la junta tórica (537) forma un cierre estanco alrededor del orificio (503). No hay ningún orificio en la zona rodeada por las ranuras (531) y (533). Las juntas tóricas (539) y (541) entran en contacto con la cara de rotor, y permiten obtener la fuerza necesaria a la placa de orificios para que la segunda superficie de la placa de orificios mantenga un contacto estanco con la cara de estátor.

La segunda superficie de la placa de orificios (513) entra en contacto y forma un cierre estanco contra la cara de estátor (543) cuando la placa de orificios gira de manera deslizante y estanca contra la cara de estátor (543). Cuando el rotor (501) y la placa de orificios (513) giran, el orificio central (547) en el estátor (545) permanece alineado con respecto al orificio (517), el orificio (521) queda alineado a su vez con los orificios (549), (551), (553), y (555) en la cara de estátor (543), y el orificio (525) deja al descubierto a su vez cada uno de los orificios (549), (551), (553), y (555). Los pasos a través del estátor (545) desde los orificios (549), (551), (553), y (555) pueden conectarse con los extremos de suministro de los lechos de adsorción (B), (C), (D), y (A) de la figura 2C, respectivamente. A continuación, se muestra una descripción más detallada de la circulación de fluido a través de la válvula de suministro secuencial giratoria durante las partes del ciclo PSA.

La válvula de suministro secuencial giratoria montada se instala en un alojamiento estanco similar al de la válvula de producto secuencial giratoria; el alojamiento incluye un cierre estanco para el eje de accionamiento que hace girar el rotor. El fluido de suministro a distribuir por parte de la válvula de suministro secuencial giratoria se introduce directamente en el alojamiento de válvula. Cuando el orificio (525) en la placa de orificios giratoria (513) deja al descubierto a su vez cada uno de los orificios (549), (551), (553), y (555) en la cara de estátor (543), el fluido de suministro se dirige hacia los extremos de suministro de los lechos de adsorción (B), (C), (D), y (A) de la figura 2C, respectivamente.

En las figuras 6A, 6B, 7A y 7B se muestra el funcionamiento de la válvula de producto secuencial giratoria de la figura 4 y de la válvula de suministro secuencial giratoria de la figura 5, para el ciclo de adsorción por cambio de presión de las figuras 2A, 2B, y 2C. Las figuras 6A y 7A son vistas de la sección 1-1 a través de la placa de orificios (415) de la figura 4, y las figuras 6B y 7B son vistas de la sección 2-2 a través de la placa de orificios (513) de la figura 5. Por lo tanto, estas vistas incluyen vistas parciales de la cara de estátor. A efectos de facilitar su observación, se han incluido líneas discontinuas para indicar los pasos de flujo en el rotor que conectan los orificios en la placa de orificios.

En la figura 8 se muestra un diagrama de flujo esquemático que muestra la relación entre los lechos de adsorción y las válvulas secuenciales giratorias. La válvula de suministro secuencial giratoria (801) está conectada a los extremos de suministro de los lechos (A), (B), (C), y (D) mediante líneas de suministro (803), (805), (807), y (809), respectivamente. Una línea de gas de suministro (811) está conectada al alojamiento de la válvula de suministro giratoria (801), tal como se ha descrito anteriormente. Una línea de purga de desecho (813) está conectada a una abertura central en el estátor de esta válvula, tal como se ha descrito anteriormente. Unas líneas de producto de lecho (815), (817), (819), y (821) conectan los extremos de producto de los lechos (A), (B), (C), y (D), respectivamente, con la válvula de producto secuencial giratoria (823). Una línea de producto final (825) está conectada a una abertura central en el estátor de esta válvula, tal como se ha descrito anteriormente. Unos medios de accionamiento giratorios (827) accionan los ejes (829) y (831) que hacen girar los rotores de las válvulas (801) y (823), respectivamente. Los medios de accionamiento giratorios (827) incluyen normalmente un motor eléctrico y un reductor para hacer girar los ejes (829) y (831) a la velocidad requerida por el ciclo de proceso específico, en el que la circulación del fluido es controlada por las válvulas (801) y (823). Las válvulas (801) y (823) funcionan normalmente a la misma velocidad giratoria constante, aunque si se desea pueden funcionar a una velocidad giratoria no constante o de manera discontinua en un ciclo repetible, mediante un control por activación o desactivación del motor de accionamiento eléctrico.

La figura 6A muestra la relación entre la placa de orificios (600) y el estátor de la válvula de producto secuencial giratoria para las etapas del ciclo PSA de la figura 2B que se producen entre los instantes  $-t_0$ - y  $-t_1$ - de la figura 2A. La placa de orificios tiene un orificio central (601) y unos orificios con forma de arco (603), (605), (607), (609), y (611). El estátor tiene una abertura central (613) y unas aberturas dispuestas radialmente (615), (617), (619), y (621). El paso (623) en el rotor conecta los orificios (609) y (603) en la placa de orificios; el paso (625) en el rotor conecta los orificios (601) y (603) en la placa de orificios; el paso (627) en el rotor conecta los orificios (605) y (607) en la placa de orificios; y el paso (629) en el rotor conecta los orificios (601) y (611) en la placa de orificios. Las aberturas (615), (617), (619), y (621) en el estátor están conectadas a los extremos de producto de los lechos de adsorción (A), (B), (C), y (D) de la figura 2B, respectivamente. La abertura (613) está conectada a la línea de producto final (825) (figura 8).

## ES 2 286 372 T3

La figura 6B muestra la relación entre la placa de orificios y el estátor de la válvula de suministro secuencial giratoria para la etapa del ciclo PSA de la figura 2B que se produce entre los instantes  $-t_0$  y  $-t_1$  de la figura 2A. La placa de orificios (630) tiene un orificio central (631), un orificio con forma de arco (633), y un orificio de sector (635). El estátor tiene una abertura central (637) y unas aberturas dispuestas radialmente (639), (641), (643), y (645). El paso (647) en el rotor conecta los orificios (631) y (633) en la placa de orificios. Las aberturas (639), (641), (643), y (645) en el estátor (646) están conectadas a los extremos de suministro de los lechos de adsorción (A), (B), (C), y (D) de la figura 2B, respectivamente. La abertura (637) está conectada a una línea de purga de desecho. El suministro se introduce en el alojamiento de válvula (no mostrado) tal como se ha descrito anteriormente.

En el extremo de producto de los lechos de adsorción entre los instantes  $-t_0$  y  $-t_1$  de la figura 2A, la válvula de producto giratoria de la figura 6A permite que el producto circule desde la salida del lecho (A) a través de la línea de producto (815) (figura 8), de la abertura (615) en el estátor, del orificio (611) en la placa de orificios, del paso (629) en el rotor, del orificio (601) en la placa de orificios, y de la abertura (613) en el estátor hasta la línea de producto final (825) (figura 8), y también a través del paso (625) en el rotor, del orificio (603) en la placa de orificios, de la abertura (617) en el estátor, y de la línea (817) para presurizar el extremo de producto del lecho (B). La válvula de producto giratoria permite además que el gas de despresurización circule desde el extremo de producto del lecho (D) a través de la línea (821), de la abertura (621) en el estátor, del orificio (609) en la placa de orificios, del paso (623) en el rotor, del orificio (603) en la placa de orificios, y de la abertura (617) en el estátor para suministrar gas de represurización a la entrada del lecho (B) a través de la línea (817). La abertura (619) en el estátor queda bloqueada por la placa de orificios, y los orificios (605) y (607) en la placa de orificios quedan bloqueados por la cara de estátor.

En el extremo de suministro de los lechos, durante el mismo periodo  $-t_0$  a  $-t_1$ , la válvula de suministro secuencial giratoria (801) de la figura 8 permite que el gas de suministro circule desde la línea de suministro (811) hasta el alojamiento de la válvula de suministro, a través del orificio de sector (635) (figura 6B), a través de la abertura destapada (639) en la cara de estátor (646), y a través de la línea de suministro (803) (figura 8) hasta el extremo de suministro del lecho de adsorción (A). De manera simultánea, la válvula giratoria permite que el gas de desecho de purga circule desde el extremo de suministro del lecho (C), a través de la abertura (643) en la cara de estátor, a través del orificio con forma de arco (633), a través del paso (647) en el rotor, a través del orificio (631), y a través de la abertura (637) en el estátor (646) hasta la línea de desecho (813) (figura 8). Las aberturas (641) y (645) en el estátor (646) quedan bloqueadas por la placa de orificios (630).

Cuando las placas de orificios (600) y (630) giran en sentido horario, tal como se muestra, se realiza el ciclo PSA de la figura 2A durante del periodo de tiempo entre  $-t_1$  y  $-t_2$ . En la figura 2C se muestra la relación de la circulación entre los lechos de adsorción durante este periodo, en el que el suministro al lecho (A) continúa, el gas de producto sigue represurizando el lecho (B), el gas de despresurización desde el extremo de producto del lecho (D) purga el lecho (C) a contracorriente, y el gas de purga de desecho se retira del extremo de suministro del lecho (C).

En el extremo de producto de los lechos de adsorción, entre los instantes  $-t_1$  y  $-t_2$  de la figura 2A, la válvula de producto giratoria de la figura 7A permite que el producto circule desde la salida del lecho (A) a través de la línea de producto (815) (figura 8), de la abertura (615) en el estátor, del orificio (611) en la placa de orificios, del paso (629) en el rotor, del orificio (601) en la placa de orificios, y de la abertura (613) en el estátor hasta la línea de producto final (825) (figura 8), y también a través del paso (625) en el rotor, del orificio (603) en la placa de orificios, de la abertura (617) en el estátor, y de la línea (817) para presurizar el extremo de producto del lecho (B). La válvula de producto giratoria permite además que el gas de despresurización circule desde el extremo de producto del lecho (D) a través de la línea (821) (figura 8), de la abertura (621) en el estátor, del orificio (607) en la placa de orificios, del paso (627) en el rotor, del orificio (605) en la placa de orificios, y de la abertura (619) en el estátor para suministrar gas de purga al extremo de producto del lecho (C) a través de la línea (819) (figura 8). El orificio (609) queda bloqueado por la cara de estátor de la válvula.

En el extremo de suministro de los lechos, durante el mismo periodo  $-t_1$  a  $-t_2$ , la válvula de suministro secuencial giratoria (801) de la figura 8 permite que el gas de suministro circule desde la línea de suministro (811) hasta el alojamiento de la válvula de suministro, a través del orificio (635) (figura 7B), a través de la abertura destapada (639) en la cara de estátor (646), y a través de la línea de suministro (803) (figura 8) hasta el extremo de suministro del lecho de adsorción (A). De manera simultánea, la válvula giratoria permite que el gas de desecho de purga circule desde el extremo de suministro del lecho (C), a través de la línea de suministro (807) (figura 8), a través de la abertura (643) en la cara de estátor, a través del orificio con forma de arco (633), a través del paso (647) en el rotor, a través del orificio (631), y a través de la abertura (637) en el estátor (646) hasta la línea de desecho (813) (figura 8). Las aberturas (641) y (645) en el estátor (646) quedan bloqueadas por la placa de orificios (630).

Por lo tanto, durante los periodos de tiempo  $-t_0$  a  $-t_1$  y  $-t_1$  a  $-t_2$ , las posiciones de la válvula giratoria de las figuras 6A y 6B controlan la circulación de gas para la etapa de suministro del lecho (A), las etapas de equalización y presurización de suministro del lecho (B), las etapas de purga de desecho y de purga del lecho (C), y las etapas de equalización y suministro de purga del lecho (D). A medida que la válvula de suministro secuencial giratoria (801) y la válvula de producto (825) continúan girando, esta combinación de etapas se realiza a su vez en los lechos (B), (C), (D), y (A) durante el periodo  $-t_2$  a  $-t_4$ , en los lechos (C), (D), (A), y (B) durante el periodo  $-t_4$  a  $-t_6$ , y en los lechos (D), (A), (B), y (C) durante el periodo  $-t_6$  a  $-t_8$ . Una vuelta completa de la válvula de suministro secuencial giratoria (801) y de la válvula de producto (825) dirige un ciclo completo del sistema PSA de cuatro lechos. Un periodo de ciclo

## ES 2 286 372 T3

típico  $-t_0$  a  $-t_8$  puede estar en el intervalo de 6 a 120 segundos; la velocidad de giro correspondiente de la válvula de suministro secuencial giratoria (801) y de la válvula de producto (825) estaría entre 10 y 0,5 rpm.

5 Las válvulas secuenciales giratorias y las piezas descritas anteriormente pueden montarse en un alojamiento de  
válvula, utilizando métodos de estanqueización mecánica para asegurar un funcionamiento estanco a fluidos. En la  
sección transversal del conjunto de válvula de la figura 9, se muestra un método, a título de ejemplo, para montar  
la válvula descrita en la figura 1. El rotor (901) es accionado por un eje de accionamiento (903) alrededor de un eje  
(905), y su cara está en contacto estanco con la superficie superior de la placa de orificios (907), tal como se ha descrito  
anteriormente, utilizando, por ejemplo, unas juntas tóricas (909) representativas. La superficie superior de la placa de  
10 orificios (907) y la cara de rotor (901) no están en contacto directo, y están separadas por las juntas tóricas (909) y,  
opcionalmente, por otras juntas tóricas no visibles en esta vista de sección transversal. La superficie inferior de la  
placa de orificios (907) gira de manera estanca y deslizante sobre el estátor (913). Puede utilizarse un tapón (915) para  
cerrar el extremo exterior del orificio horizontal (917), y puede incluir un conjunto de orificio (no mostrado) que se  
extiende en el interior del orificio (917) para controlar la circulación de fluido a través del mismo. El rotor puede tener  
15 aberturas y vías de paso adicionales (no mostradas), tal como se ha descrito anteriormente.

La cara de rotor (901) es perpendicular con respecto al eje de accionamiento (903) y al eje (905) y, preferentemente,  
la cara es esencialmente plana, lo que significa que la cara está fabricada para ser lo más plana posible, utilizando  
métodos de mecanización y de esmerilado convencionales. No son necesarios métodos de fabricación avanzados, tales  
como el bruñido u otros procesos altamente especializados y caros, para obtener una extrema planitud. La cara de rotor  
deberá tener un acabado suficientemente liso como para que puedan formarse cierres estancos a fluidos alrededor de  
20 las aberturas en la cara. En una realización, como mínimo dos pasadores de accionamiento (no mostrados en esta vista)  
se extienden desde la cara de rotor y se acoplan de manera deslizante, en dirección axial, a unas cavidades de pasador  
de accionamiento en la superficie superior de la placa de orificios (907). El rotor (901) se fija al extremo del eje de  
accionamiento (903) mediante un espárrago o perno roscados (919).

El rotor (901), el eje de accionamiento (903), la placa de orificios (907), y la cara de estátor (913) están encerrados  
de manera estanca en el interior de un alojamiento formado por el cuerpo del estátor (913), una parte de pared (921),  
una tapa (923), y un cierre estanco de eje y un alojamiento de cojinetes (925). El estátor (913) forma un cierre estanco  
30 con respecto a la parte de pared (921) mediante el cierre estanco (927), y la parte de pared (921) forma un cierre estanco  
con respecto a la tapa (923) mediante el cierre estanco (929). El cierre estanco de eje y el alojamiento de cojinetes  
(925) forman un cierre estanco con respecto a la tapa (923) mediante el cierre estanco (931). El eje de accionamiento  
(903) forma un cierre estanco con el cierre estanco de eje y con el alojamiento de cojinetes (925) mediante el cierre  
estanco giratorio (933), y el eje (903) está soportado radialmente por el cojinete (935). El estátor (913) puede unirse  
35 a la parte de pared (921) mediante unos conjuntos de pernos roscados (937), la tapa (923) puede unirse a la parte de  
pared (921) mediante unos conjuntos de pernos roscados (939), y el alojamiento de cojinetes (925) puede unirse a la  
tapa (923) mediante unos conjuntos de pernos (941).

Puede generarse una fuerza axial entre el alojamiento estanco (925) y el rotor (901) mediante una arandela elástica  
40 (943), que se acopla de manera deslizante a la cara superior giratoria del rotor (901) mediante unos cojinetes de rodillos  
(945). Esta fuerza empuja la cara inferior del rotor (901) contra las juntas tóricas en la cara superior de la placa de  
orificios (907). Pueden utilizarse otros medios conocidos para generar una fuerza axial entre el alojamiento estanco  
(925) y el rotor (901), según se desee, por ejemplo, mediante muelles ondulados o muelles helicoidales, y se considera  
que están comprendidos dentro del ámbito de las realizaciones de la presente invención.

Las características mostradas en la figura 9 pueden utilizarse para válvulas de suministro giratorias, así como para  
válvulas de producto giratorias. El rotor (901) es representativo del rotor de válvula de producto (301) de la figura  
4 y del rotor de válvula de suministro (501) de la figura 5. El estátor (913) es representativo del estátor (335) de la  
figura 4 y del estátor (545) de la figura 5. La válvula giratoria mostrada en la figura 9 puede funcionar en cualquier  
50 orientación; por ejemplo, al utilizarse en la configuración de la figura 8, en la válvula de suministro se utilizaría la  
orientación mostrada en la figura 9, y en la válvula de producto se utilizaría una orientación girada 180 grados.

En las realizaciones descritas anteriormente y mostradas en las figuras 1-9, el rotor, la placa de orificios y el estátor  
55 tienen un orificio central que interseca con el eje para el suministro del producto (válvula de producto) o para la  
descarga del gas de desecho (válvula de suministro). En una realización alternativa, por ejemplo, en una configuración  
de válvula en la que el eje de accionamiento del rotor pasa a través del estátor, el paso de gas de producto o de  
gas de desecho a través del estátor estaría desplazado con respecto al eje. En esta realización, el paso de suministro  
de producto o de descarga de gas de desecho a través del estátor estaría dispuesto en una situación radial diferente  
60 a la de los pasos conectados a los lechos de adsorción. Un canal circular, conformado en la placa de orificios en  
una situación radial similar a la del paso de suministro de producto o de descarga de gas de desecho, giraría sobre  
la abertura hacia este paso en el estátor, de modo que la abertura y el canal circular siempre estarían alineados en  
comunicación fluida. Una abertura en el rotor quedaría alineada con el canal circular en la placa de orificios, y esta  
abertura estaría conectada a través de un paso en el rotor con un orificio en la placa de orificios que gira sobre la  
65 cara del estátor. Este orificio quedaría alineado a su vez con cada paso a través del estátor que conduce hacia cada  
lecho de adsorción, para permitir la circulación del gas hacia o desde el lecho. De manera alternativa, un canal circular  
podría estar situado en el estátor o en el rotor para realizar la misma función que un canal circular en la placa de  
orificios.

## ES 2 286 372 T3

Aunque las realizaciones de válvula giratoria descritas anteriormente se han mostrado para su utilización en un proceso de adsorción por cambio de presión de cuatro lechos, podrían utilizarse con cualquier número de lechos de adsorción en un sistema PSA. Estas realizaciones de válvula giratoria no están limitadas a su utilización en sistemas PSA, y pueden utilizarse en cualquier aplicación de proceso que requiera las características únicas y las ventajas de funcionamiento de las válvulas giratorias. Las realizaciones descritas en la presente memoria resultan particularmente útiles en las válvulas giratorias más grandes, en las que el grado de planitud requerido para los rotores y los estatores que funcionan en contacto deslizante giratorio directo sería difícil o caro de alcanzar, y difícil de mantener durante su funcionamiento.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Conjunto de rotor y placa de orificios para su utilización en una válvula secuencial giratoria, que comprende:

5 (a) un rotor (1) equipado para girar alrededor de un eje (5), en el que el rotor incluye una cara de rotor (7) perpendicular al eje (5), una serie de aberturas en la cara de rotor que incluyen una primera abertura (9) y una segunda abertura (11), y un paso (17) que se extiende entre la primera abertura y la segunda abertura que las dispone en comunicación fluida, en el que una o más de las aberturas en la cara de rotor (7) están dispuestas a una distancia radial seleccionada  
10 alrededor del eje;

(b) una placa de orificios flexible (19) para su utilización entre el rotor (1) y el estátor (37) de dicha válvula secuencial giratoria, comprendiendo la placa de orificios un material flexible y teniendo una primera superficie (23), una segunda superficie (25), un eje (5) perpendicular a la segunda superficie (25), y una serie de orificios (21; 27) que  
15 se extienden a través de la placa de orificios (19) desde la primera superficie (23) hasta la segunda superficie (25), en la que uno o más de los orificios están dispuestos a una distancia radial seleccionada del eje (5),

(c) medios de conexión deslizables axialmente que se extienden axialmente entre el rotor (1) y la primera superficie (23) de la placa de orificios flexible (19), de modo que el rotor y la placa de orificios pueden girar conjuntamente  
20 alrededor del eje (5); y

(d) medios de estanqueización elásticos en contacto estanco con la primera superficie (23) de la placa de orificios flexible (19) y con la cara de rotor (7).

2. Conjunto de rotor y placa de orificios, según la reivindicación 1, en el que dicha placa de orificios comprende además ranuras en la primera superficie de la placa de orificios, en el que cada ranura rodea una zona cerrada en la primera superficie, algunas o todas las ranuras rodean los orificios, unas juntas tóricas elásticas (31; 33) están  
25 introducidas en las ranuras, y las juntas tóricas sobresalen más allá de la primera superficie de la placa de orificios.

3. Conjunto de rotor y placa de orificios, según la reivindicación 1, en el que dicha placa de orificios comprende además como mínimo dos cavidades de pasador de accionamiento (29) para alojar de manera axial y deslizante pasadores de accionamiento (18) para hacer girar la placa de orificios (19) alrededor del eje (5).

4. Válvula secuencial giratoria, que comprende:

35 (a) un conjunto de rotor y placa de orificios según la reivindicación 1, que comprende además:

(b) un estátor (37) que tiene una cara de estátor (35) dispuesta coaxialmente con respecto al rotor (1) y a la placa de orificios flexible (19), en el que el segundo lado (25) de la placa de orificios flexible (19) está en contacto giratorio  
40 deslizante estanco con la cara de estátor (35), en el que la cara de estátor tiene una serie de aberturas (39; 41; 43), algunas de las cuales (39; 43) están dispuestas a la distancia radial seleccionada del eje (5), y en el que la serie de aberturas (39; 41; 43) se extienden como pasos a través del estátor (37).

5. Válvula secuencial giratoria, según la reivindicación 4, que comprende además medios de restricción de flujo (16) dispuestos en el paso (17) que conecta el par de aberturas (9; 11) para restringir la circulación de fluido a través  
45 del paso.

6. Válvula secuencial giratoria, según la reivindicación 4, en la que una posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje dispone un par de aberturas en el estátor en comunicación fluida con un par de aberturas  
50 en la placa de orificios flexible, con el par de aberturas en la cara de rotor, y con el paso en el rotor que conecta el par de aberturas en la cara de rotor; y otra posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje dispone otro par de aberturas en el estátor en comunicación fluida con el par de aberturas en la placa de orificios flexible, con el par de aberturas en la cara de rotor, y con el paso en el rotor que conecta el par de aberturas en la cara de rotor.

7. Válvula secuencial giratoria, según la reivindicación 4, en la que uno o más de los orificios que se extienden a través de la placa de orificios son ranuras con forma de arco, formando cada una de ellas una vía de paso circunferencial para la circulación de fluido entre una abertura en la cara de rotor y una abertura en la cara de estátor.

8. Válvula secuencial giratoria, según la reivindicación 4, en la que dicho paso que se extiende entre un par de las aberturas en la cara de rotor, que dispone el par de aberturas en comunicación fluida, es el paso que se extiende a través  
60 del estátor desde cada una de las aberturas en la cara de estátor, y dichos medios de estanqueización elásticos forman un cierre estanco que rodea cada abertura en la cara de rotor (7) y un cierre estanco que rodea cada orificio (21; 27) en la primera superficie (23) de la placa de orificios flexible (19), de modo que cada abertura (9; 11) en la cara de rotor (7) está en comunicación fluida con cada orificio alineado con esa abertura.

9. Válvula secuencial giratoria, según la reivindicación 8, en la que una posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje alinea un par de orificios con un par de aberturas en la cara de estátor, otra posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje alinea el par de orificios con otro par de aberturas en la cara de  
65

## ES 2 286 372 T3

estátor, y otra posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje bloquea una o más de las aberturas en la cara de estátor.

5 10. Válvula secuencial giratoria, según la reivindicación 8, que comprende además medios de accionamiento giratorios para hacer girar el rotor y la placa de orificios.

10 11. Válvula secuencial giratoria, según la reivindicación 10, en la que los medios de accionamiento giratorios pueden accionarse para accionar el rotor y la placa de orificios de manera continua a una velocidad giratoria constante, o para posicionar el rotor y la placa de orificios de manera discontinua en un ciclo giratorio repetible.

15 12. Válvula secuencial giratoria, según la reivindicación 8, en la que los medios de conexión deslizables axialmente que se extienden entre el rotor (1) y la primera superficie (23) de la placa de orificios flexible (19) comprenden pasadores de accionamiento cilíndricos (18) en la cara de rotor (7) que se acoplan a cavidades de pasador de accionamiento cilíndricas (29) en la primera superficie (23) de la placa de orificios.

13. Válvula secuencial giratoria, según la reivindicación 8, en la que los medios de estanqueización elásticos se seleccionan a partir del grupo que consiste en:

20 (a) ranuras que rodean cada abertura en la primera superficie (23) de la placa de orificios (19) y juntas tóricas elásticas (31; 33) introducidas en las ranuras, donde las juntas tóricas (31; 33) sobresalen más allá de la primera superficie (23) y entran en contacto de manera estanca con la cara de rotor (7) rodeando cada abertura opuesta en la cara de rotor;

25 (b) ranuras que rodean cada abertura en la cara de rotor y juntas tóricas elásticas (31; 33) introducidas en las ranuras, donde las juntas tóricas sobresalen (31; 33) más allá de la cara de rotor (7) y entran en contacto de manera estanca con la primera superficie (23) de la placa de orificios (19) rodeando cada abertura opuesta en la placa de orificios;

30 (c) una lámina de material elástico, que tiene un primer lado adyacente a la primera superficie (23) de la placa de orificios (19) y un segundo lado adyacente a la cara de rotor, en la que la lámina tiene aberturas que son similares en forma y tamaño a los orificios en la placa de orificios, y el primer y el segundo lados de la lámina tienen cada uno una zona en relieve que rodea cada abertura en la misma que entra en contacto de manera estanca con la cara de rotor (7) rodeando cada abertura opuesta en la misma, y que entra en contacto de manera estanca con la primera superficie (23) alrededor de orificios opuestos en la placa de orificios (19);

35 (d) zonas en relieve de material elástico fijadas a la primera superficie (23) de la placa de orificios (19) alrededor de cada orificio en la placa de orificios; y

40 (e) zonas en relieve de material elástico fijadas a la cara de rotor (7) alrededor de cada abertura en la cara de rotor.

14. Válvula secuencial giratoria, según la reivindicación 8, que comprende además medios para presionar la cara de rotor (7) contra los medios de estanqueización elásticos.

45 15. Utilización de una válvula de producto secuencial giratoria para su utilización en los extremos de producto de cuatro recipientes de adsorción paralelos en un proceso de adsorción por cambio de presión de cuatro lechos, teniendo cada recipiente unos extremos de suministro y de producto, según la válvula definida en la reivindicación 4, en la que

50 en (a) siete aberturas están dispuestas en la cara de rotor (7), donde una primera abertura interseca con el eje y las otras seis aberturas están dispuestas a una distancia radial seleccionada del eje; extendiéndose un paso entre la primera abertura y una segunda abertura, extendiéndose un paso entre la primera abertura y una tercera abertura, extendiéndose un paso entre una cuarta abertura y una quinta abertura, y extendiéndose un paso entre una sexta abertura y una séptima abertura, respectivamente, disponiendo de este modo la primera, segunda y tercera aberturas en comunicación fluida, la cuarta y quinta aberturas en comunicación fluida, y la sexta y séptima aberturas en comunicación fluida;

55 en (b) seis orificios están dispuestos a través de la placa de orificios (19), donde los orificios en la placa de orificios y las aberturas en la cara de rotor (7) quedan alineados y en comunicación fluida tal como sigue: un primer orificio con la primera abertura, un segundo orificio con la segunda y séptima aberturas, un tercer orificio con la tercera abertura, un cuarto orificio con la cuarta abertura, un quinto orificio con la quinta abertura, y un sexto orificio con la sexta abertura;

60 en (d) los medios de estanqueización elásticos cierran de manera estanca el primer orificio con la primera abertura, el segundo orificio con la segunda y séptima aberturas, el tercer orificio con la tercera abertura, el cuarto orificio con la cuarta abertura, el quinto orificio con la quinta abertura, y el sexto orificio con la sexta abertura, respectivamente; y

65 en (e) cinco aberturas están dispuestas en la cara de estátor (35), donde una primera abertura interseca con el eje y las otras cuatro aberturas están dispuestas a la distancia radial seleccionada del eje; y cinco pasos se extienden a través del estátor desde cada una de las cinco aberturas en la cara de estátor, respectivamente, donde la primera abertura en la cara de estátor está en comunicación fluida a través de un primer paso con una línea de suministro de producto, y

## ES 2 286 372 T3

donde cada una de las otras cuatro aberturas en la cara de estátor está en comunicación fluida a través de cada uno de los otros pasos con el extremo de producto de un primer, un segundo, un tercer y un cuarto recipientes de adsorción, respectivamente.

5 16. Utilización, según la reivindicación 15, en la que

(1) en una primera posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje, las aberturas en el rotor, los orificios en la placa de orificios, y las aberturas en el estátor quedan alineados para disponer el extremo de producto del primer recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de suministro de producto y con el extremo de producto del segundo recipiente, y para disponer los extremos de producto del tercer y cuarto recipientes de adsorción en comunicación fluida; y

(2) en una segunda posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje, las aberturas en el rotor, los orificios en la placa de orificios, y las aberturas en el estátor quedan alineados para disponer el extremo de producto del primer recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de suministro de producto y con el extremo de producto del segundo recipiente de adsorción, y para disponer los extremos de producto del segundo y cuarto recipientes de adsorción en comunicación fluida.

17. Utilización, según la reivindicación 15, que comprende además un eje de accionamiento equipado para hacer girar el rotor alrededor del eje, un alojamiento de válvula fijado de manera estanca al estátor, en la que el alojamiento de válvula rodea el rotor, la placa de orificios y los medios de estanqueización elásticos, en la que el eje de accionamiento pasa a través del alojamiento de válvula y forma un cierre estanco de manera giratoria con el alojamiento, de modo que el alojamiento tiene un interior estanco a fluidos.

18. Utilización de una válvula de suministro secuencial giratoria en los extremos de suministro de cuatro recipientes de adsorción paralelos en un proceso de adsorción por cambio de presión de cuatro lechos, teniendo cada recipiente unos extremos de suministro y de producto, según la válvula definida en la reivindicación 4, en la que

en (b) tres orificios se extienden a través de la placa de orificios (19), donde un primer orificio en la placa de orificios queda alineado y en comunicación fluida con la primera abertura en la cara de rotor, y un segundo orificio en la placa de orificios queda alineado y en comunicación fluida con la segunda abertura en la cara de rotor;

en (d) los medios de estanqueización elásticos cierran de manera estanca el primer orificio con la primera abertura, y el segundo orificio con la segunda abertura, respectivamente; y

en (e) cinco aberturas están dispuestas en la cara de estátor (35), donde una primera abertura interseca con el eje y las otras cuatro aberturas están dispuestas a la distancia radial seleccionada del eje; y cinco pasos, extendiéndose cada paso a través del estátor desde cada una de las cinco aberturas en la cara de estátor, respectivamente, donde la primera abertura en la cara de estátor (35) está en comunicación fluida a través de un primer paso con una línea de descarga de desecho, y donde cada una de las otras cuatro aberturas en la cara de estátor (35) está en comunicación fluida a través de cada uno de los otros pasos con el extremo de suministro de un primer, un segundo, un tercer y un cuarto recipientes de adsorción, respectivamente.

19. Utilización, según la reivindicación 18, que comprende además un eje de accionamiento equipado para hacer girar el rotor alrededor del eje, un alojamiento de válvula fijado de manera estanca al estátor, en la que el alojamiento de válvula rodea el rotor, la placa de orificios y los medios de estanqueización elásticos, en la que el eje de accionamiento pasa a través del alojamiento de válvula y forma un cierre estanco de manera giratoria con el alojamiento, de modo que el alojamiento tiene un interior estanco a fluidos, y una línea de entrada de suministro conectada al alojamiento en comunicación fluida con el interior estanco a fluidos.

20. Utilización, según la reivindicación 19, en la que la placa de orificios (19) es circular y se forma un tercer orificio en la placa de orificios retirando una parte de una zona de la placa de orificios que se extiende desde la periferia de la placa de orificios hasta una distancia radial del eje, que es menor que la distancia radial seleccionada, y en la que el tercer orificio está en comunicación fluida directa con el interior del alojamiento de válvula.

21. Utilización, según la reivindicación 20, en la que

(1) en la primera posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje, las aberturas en el rotor, los orificios en la placa de orificios, y las aberturas en el estátor quedan alineados para disponer el extremo de suministro del primer recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de entrada de suministro, y para disponer el extremo de suministro del tercer recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de descarga de desecho; y

(2) en una segunda posición giratoria del rotor y de la placa de orificios alrededor del eje, las aberturas en el rotor, los orificios en la placa de orificios, y las aberturas en el estátor quedan alineados para disponer el extremo de suministro del segundo recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de entrada de suministro, y para disponer el extremo de suministro del cuarto recipiente de adsorción en comunicación fluida con la línea de descarga de desecho.

## ES 2 286 372 T3

22. Utilización de válvulas secuenciales giratorias en un conjunto de válvula secuencial giratoria para un sistema de adsorción por cambio de presión que utiliza una serie de recipientes de adsorción paralelos, teniendo cada recipiente un extremo de suministro y un extremo de producto, en la que el conjunto de válvula secuencial giratoria comprende:

5 (1) una válvula de suministro secuencial giratoria, según la reivindicación 4, en la que una de las aberturas en la cara de estátor está en comunicación fluida con una línea de descarga de desecho, y en la que cada una de las otras aberturas en la cara de estátor está en comunicación fluida con el extremo de suministro de cada uno de la serie de recipientes de adsorción, respectivamente;

10 (2) una válvula de producto secuencial giratoria, según la reivindicación 4, en la que las aberturas se extienden como pasos a través del estátor, en la que una de las aberturas en la cara de estátor está en comunicación fluida con una línea de suministro de producto, y en la que cada una de las otras aberturas en la cara de estátor está en comunicación fluida con el extremo de producto de cada uno de la serie de recipientes de adsorción, respectivamente; y

15 (3) medios de accionamiento giratorios para hacer girar el eje de accionamiento de la válvula de suministro secuencial giratoria y el eje de accionamiento de la válvula de producto secuencial giratoria.

23. Utilización, según la reivindicación 22, en la que los medios de accionamiento giratorios comprenden un sistema accionado por motor que hace girar los ejes de accionamiento de la válvula de producto secuencial giratoria y de la válvula de suministro secuencial giratoria.

24. Utilización, según la reivindicación 23, en la que el sistema accionado por motor hace girar los ejes de accionamiento de la válvula de producto secuencial giratoria y de la válvula de suministro secuencial giratoria a la misma velocidad.

25. Utilización, según la reivindicación 22, en la que los ejes de accionamiento de la válvula de producto secuencial giratoria y de la válvula de suministro secuencial giratoria forman un eje de accionamiento único.

26. Utilización, según la reivindicación 22, en la que la válvula de suministro secuencial giratoria comprende además un eje de accionamiento equipado para hacer girar el rotor alrededor del eje, un alojamiento de válvula fijado de manera estanca al estátor, donde el alojamiento de válvula rodea el rotor, la placa de orificios y los medios de estanqueización elásticos, donde el eje de accionamiento pasa a través del alojamiento de válvula y forma un cierre estanco de manera giratoria con el alojamiento, de modo que el alojamiento tiene un interior estanco a fluidos, y una línea de entrada de suministro conectada al alojamiento en comunicación fluida con el interior estanco a fluidos.

27. Utilización de una placa de orificios flexible (19) entre el rotor (1) y el estátor (37) de una válvula secuencial giratoria, comprendiendo la placa de orificios un material flexible y teniendo una primera superficie (23), una segunda superficie (25), un eje (5) perpendicular a la segunda superficie (25), y una serie de orificios (21; 27) que se extienden a través de la placa de orificios (19) desde la primera superficie (23) hasta la segunda superficie (25), en la que uno o más de los orificios están dispuestos a una distancia radial seleccionada del eje (5).

28. Utilización, según la reivindicación 27, que comprende además ranuras en la primera superficie de la placa de orificios, en la que cada ranura rodea una zona cerrada en la primera superficie, algunas o todas las ranuras rodean los orificios, unas juntas tóricas elásticas (31; 33) están introducidas en las ranuras, y las juntas tóricas sobresalen más allá de la primera superficie de la placa de orificios.

29. Utilización, según la reivindicación 27, que comprende además como mínimo dos cavidades de pasador de accionamiento (29) para alojar de manera axial y deslizante pasadores de accionamiento (18) para hacer girar la placa de orificios (19) alrededor del eje (5).

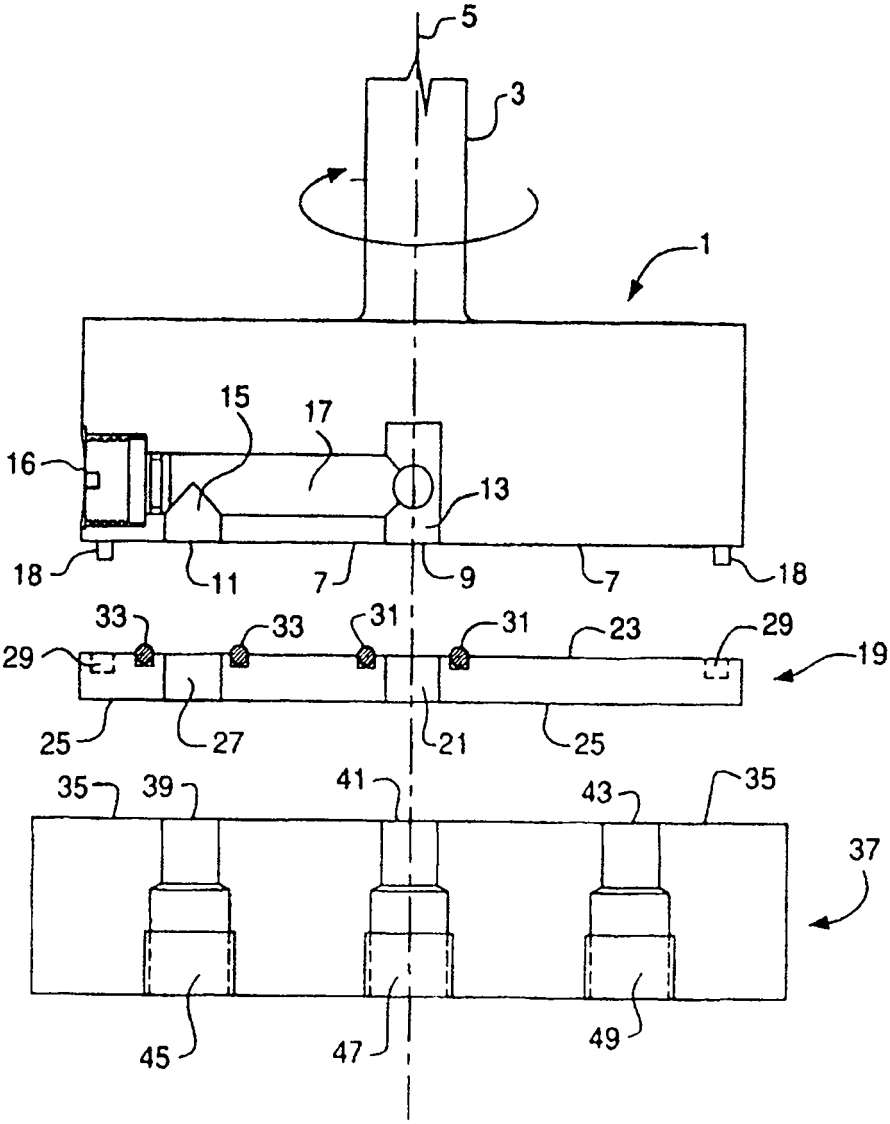


FIG. 1

LECHO

A	SUMINISTRO	EQ	P PURGA	BD	PURGA	EQ	REPR
B	EQ	REPR	SUMINISTRO	EQ	P PURGA	BD	PURGA
C	BD	PURGA	EQ	REPR	SUMINISTRO	EQ	P PURGA
D	EQ	P PURGA	BD	PURGA	EQ	REPR	SUMINISTRO

TIEMPO  
→ t<sub>0</sub> t<sub>1</sub> t<sub>2</sub> t<sub>3</sub> t<sub>4</sub> t<sub>5</sub> t<sub>6</sub> t<sub>7</sub> t<sub>8</sub>

FIG. 2A

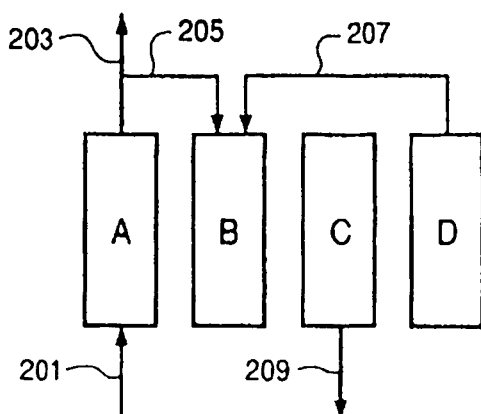


FIG. 2B

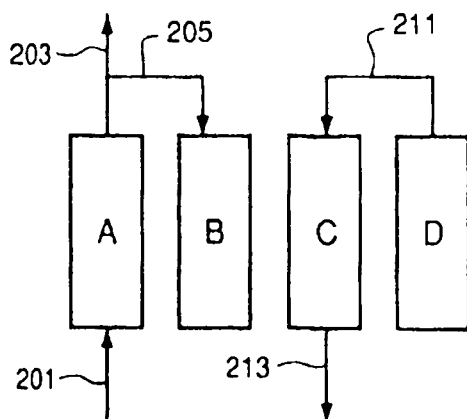


FIG. 2C

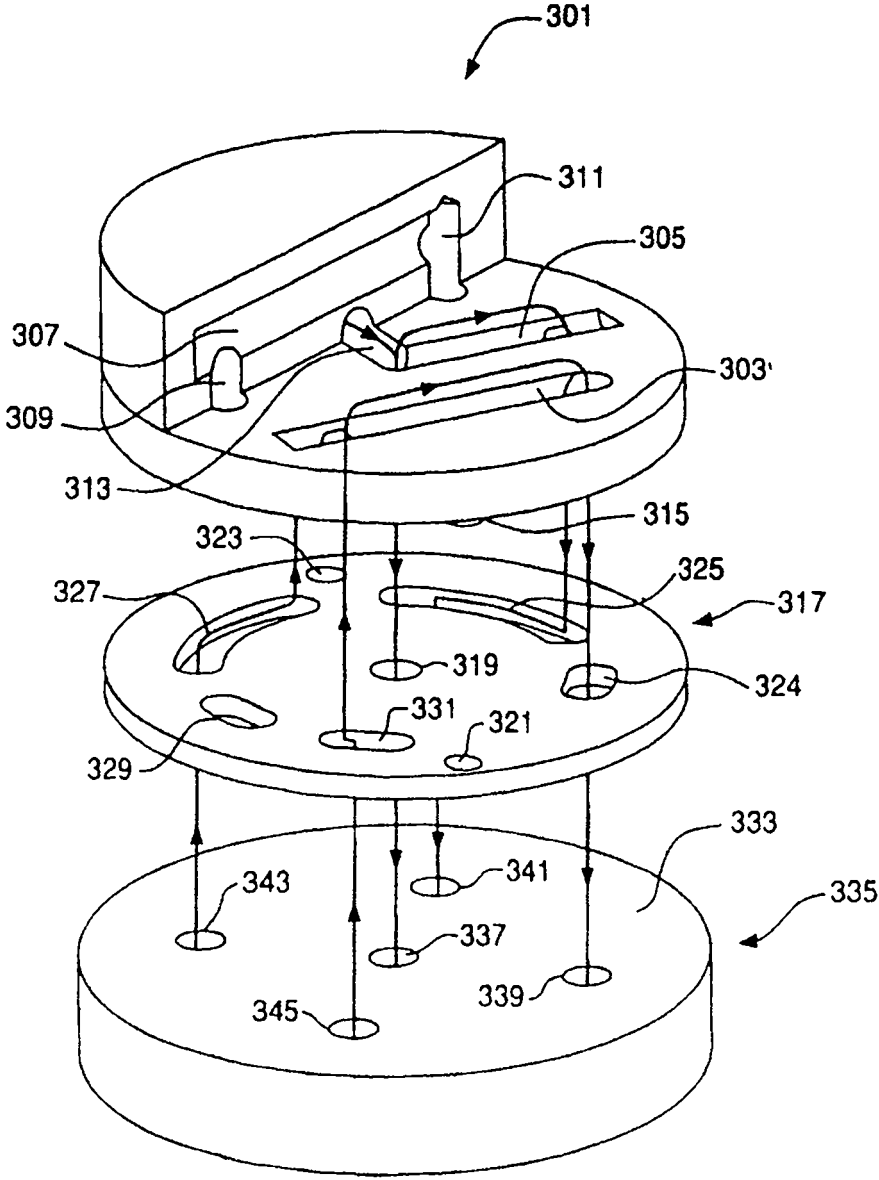


FIG. 3

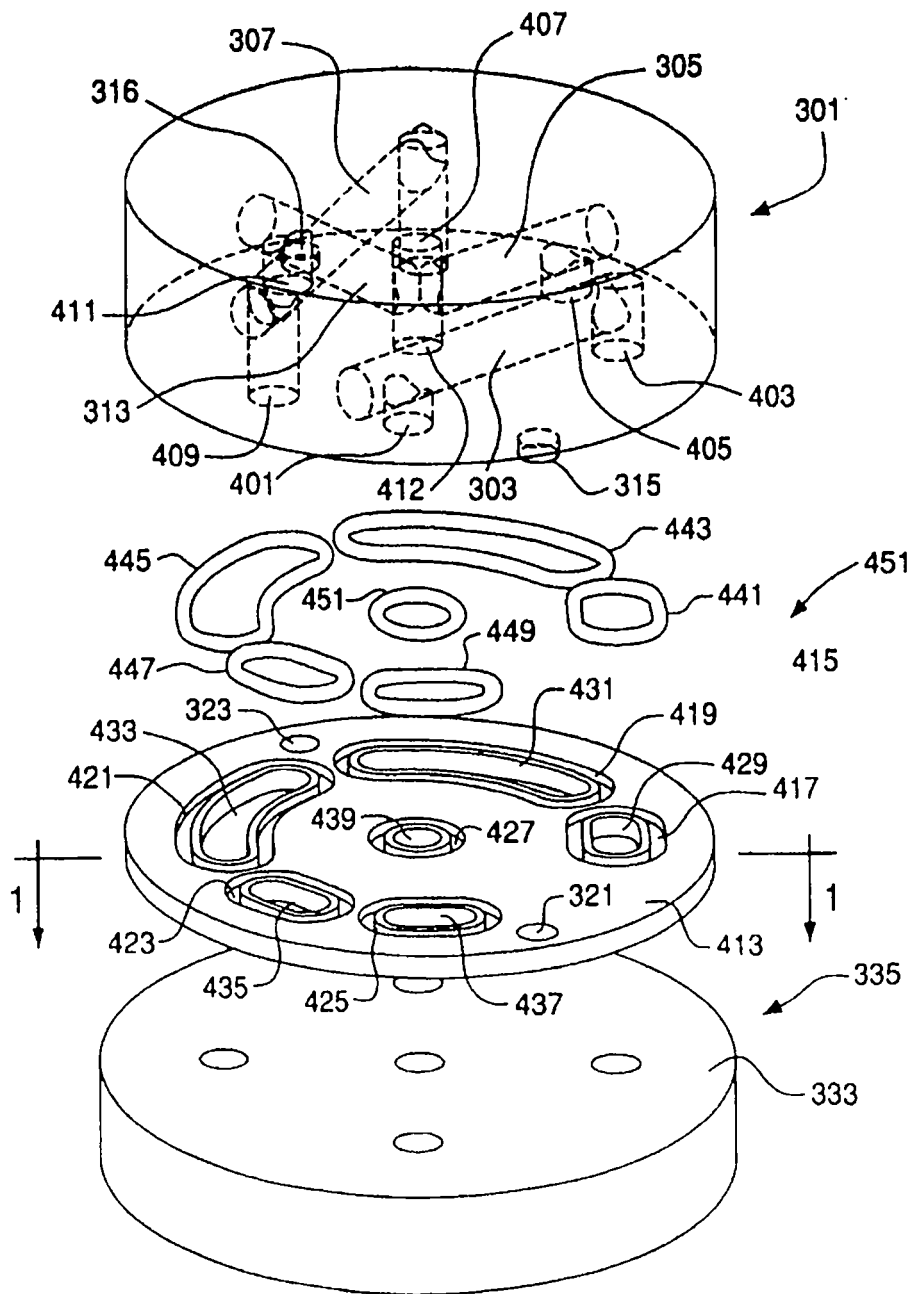


FIG. 4

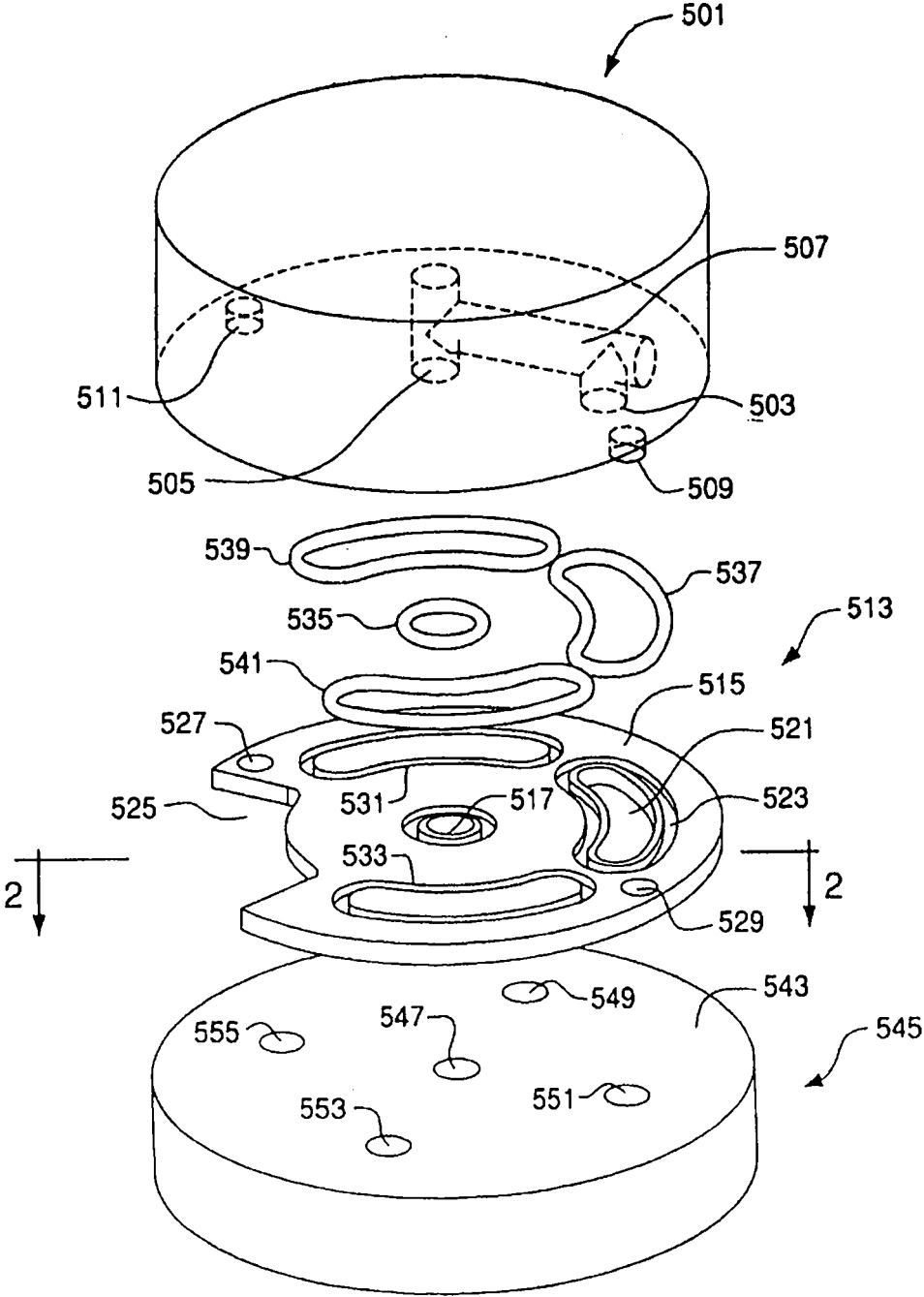


FIG. 5

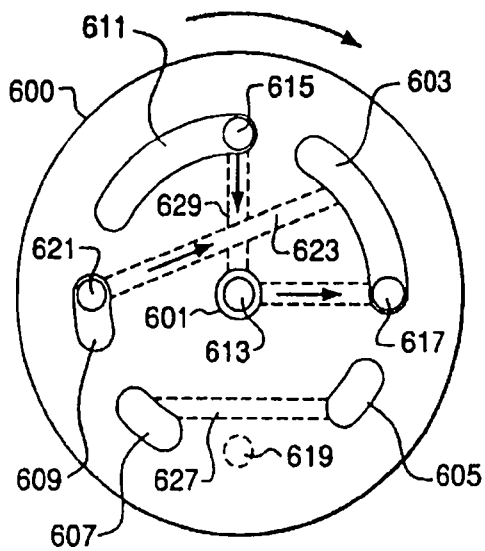


FIG. 6A

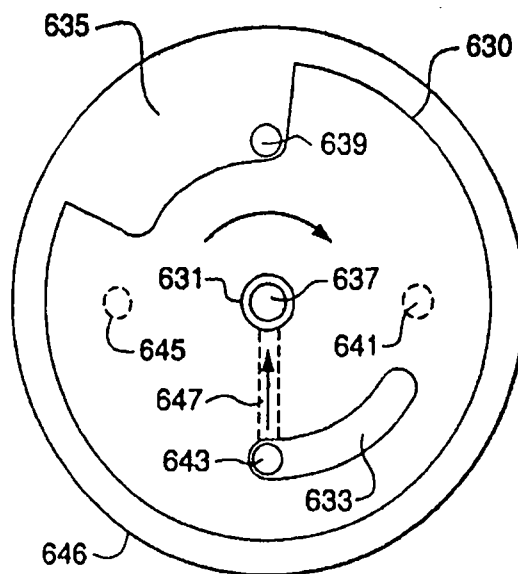


FIG. 6B

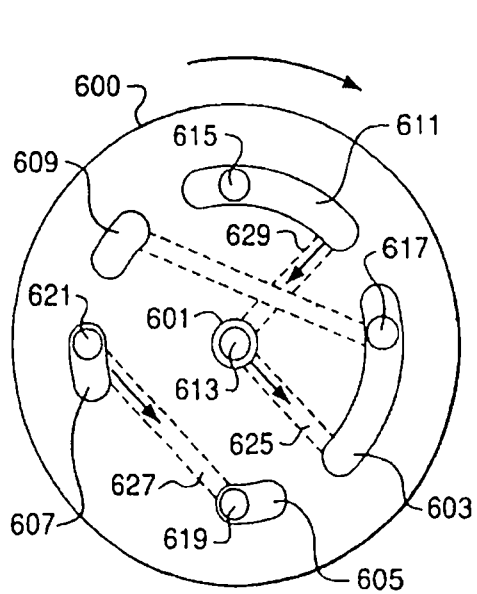


FIG. 7A

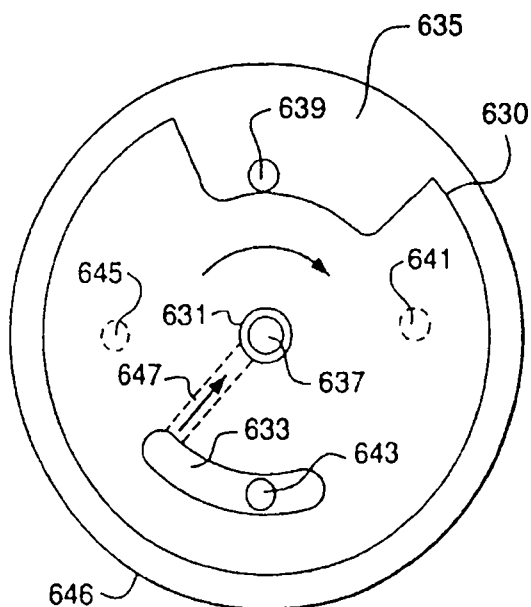


FIG. 7B

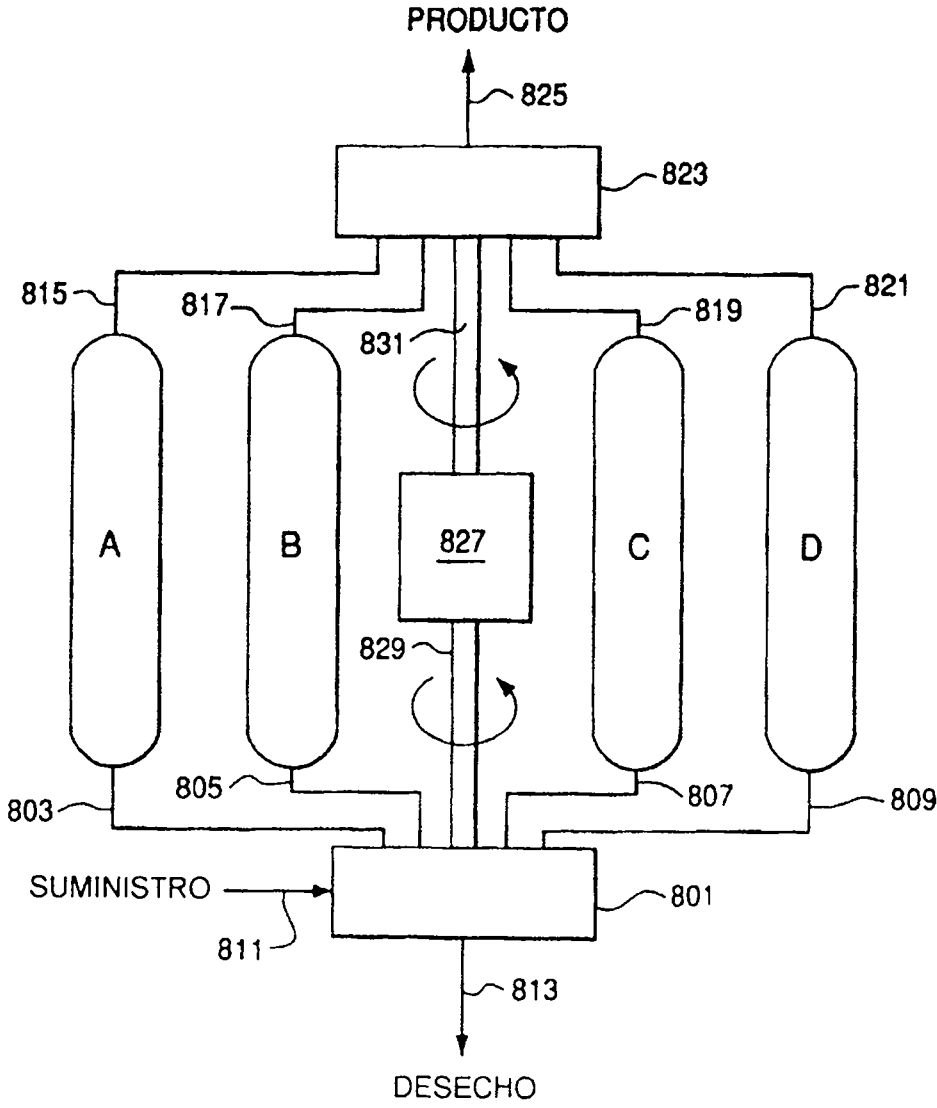


FIG. 8

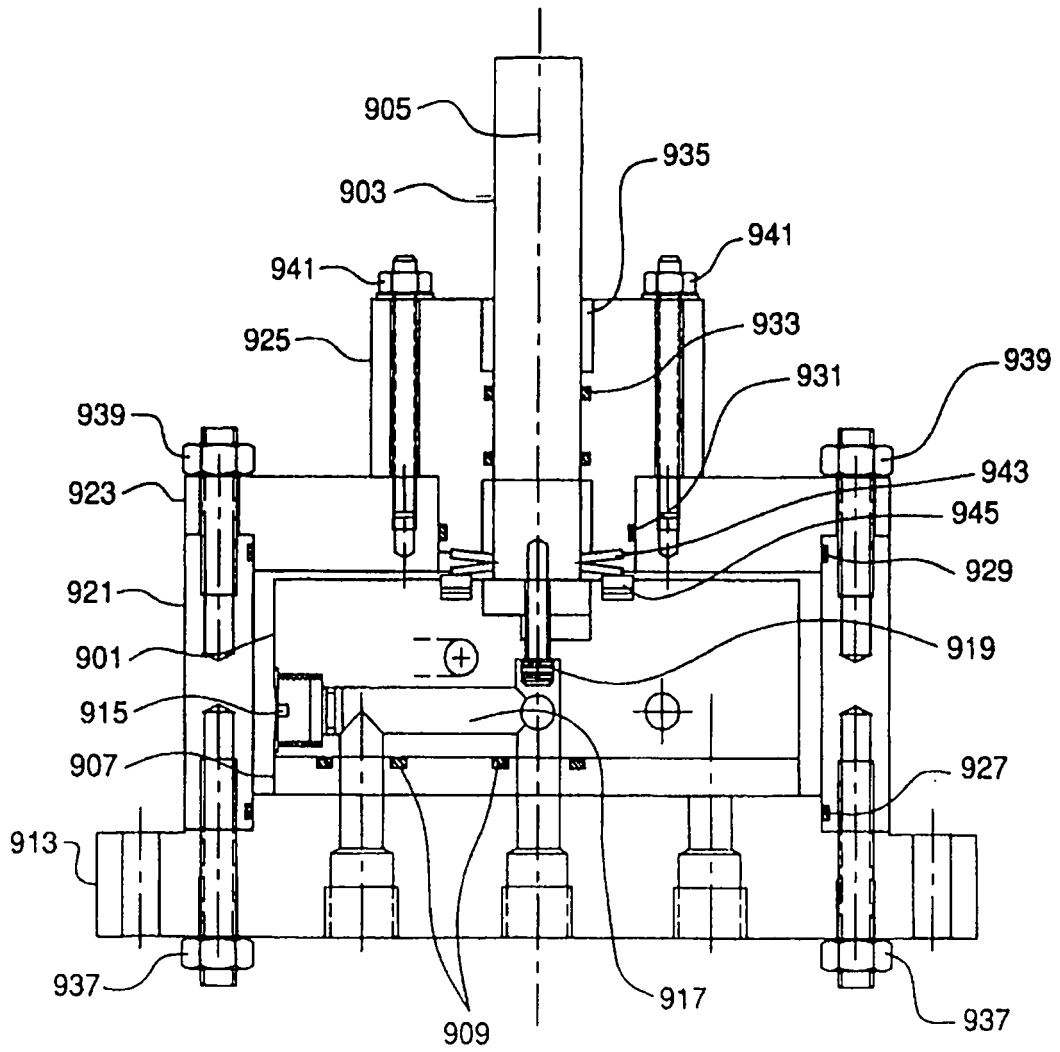


FIG. 9