

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 350**

51 Int. Cl.:

F16K 11/074 (2006.01)

F16K 3/26 (2006.01)

F16K 39/04 (2006.01)

F16K 5/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.09.2009 PCT/CA2009/001235**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.03.2010 WO10028482**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2009 E 09812565 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 2331859**

54 Título: **Válvula rotativa compacta de presión equilibrada**

30 Prioridad:

09.09.2008 US 95407 P

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

28.03.2019

73 Titular/es:

**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 Hamilton Boulevard
Allentown, PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:

MCLEAN, CHRISTOPHER R.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 706 350 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 rotativa compacta de presión equilibrada

5 Referencia cruzada a solicitud relacionada
Esta solicitud reivindica el beneficio de la fecha de presentación anterior de la Solicitud Provisional de EE.UU. N° 61/095,407, que se presentó el 9 de septiembre de 2008.

CAMPO

10 La presente descripción se refiere a válvulas rotativas de presión equilibrada, particularmente para uso en dispositivos de oscilación de presión.

ANTECEDENTES

15 Las válvulas rotativas pueden proporcionar una forma conveniente y compacta de consolidar las múltiples válvulas requeridas para los ciclos repetitivos de procesamiento químico en una sola unidad simple. Por ejemplo, las válvulas rotativas pueden ser particularmente útiles en operaciones de procesamiento químico que involucran dispositivos de oscilación de presión (por ejemplo, dispositivos de adsorción de oscilación de presión, dispositivos de corrección de oscilación de presión).

20 En general, las válvulas rotativas comprenden un estator y un rotor que gira alrededor de su eje con respecto al estator. Tanto el estator como el rotor contienen puertos de tamaño y localizados de manera adecuada que funcionan como válvulas múltiples como resultado de la rotación del rotor. A través de esta rotación, los puertos en el rotor entran y salen de la alineación con los puertos en el estator, así, abriendo y cerrando los puertos al flujo del fluido, y sirviendo, así como válvulas. Se requieren algunos medios de carga para acoplar el rotor con el estator a fin
25 de mantener un sellado adecuado entre ellos. En algunas aplicaciones, una carga uniforme y constante puede proporcionar una función satisfactoria de la válvula rotativa. Los documentos US2613056, US2861651, US47371003 y W002/24309 describen diferentes válvulas rotativas.

30 Sin embargo, en aplicaciones de oscilación de presión, la presión del fluido presente en un puerto en la válvula puede ser muy diferente de la presión en otra ubicación en la válvula (por ejemplo, la presión puede variar en decenas de atmósferas). Dicho desequilibrio no se puede acomodar fácilmente con el uso de una carga de sellado constante y uniforme. Y, para mantener un sellado satisfactorio en una región de alta presión de fluido, se debe aplicar una carga de sellado correspondientemente grande allí para contrarrestar la presión que obliga a separar el estator y el rotor. Sin embargo, en regiones con una presión de fluido relativamente baja, la misma carga de sellado
35 grande daría como resultado una gran fricción entre el estator y el rotor y, por lo tanto, un mayor calentamiento, desgaste y exigencia de par para el motor que impulsa el rotor. En estas aplicaciones de oscilación de presión entonces, se prefiere emplear válvulas rotativas de presión equilibrada en las que se emplean presiones de carga variables en las distintas ubicaciones de los puertos, de manera que se proporcionan mayores cargas de sellado o cierre en regiones de alta presión y se proporcionan menores cargas de sellado/cierre en regiones de baja presión.

40 Una válvula rotativa de presión equilibrada particularmente adecuada para uso en dispositivos de oscilación de presión se describe en la Patente de Reemisión de los Estados Unidos número 38493. En ella, la válvula rotativa comprende manguitos de transferencia de fluido alineados axialmente (por ejemplo, pistones) que se usan para proporcionar una carga variable para mantener el estator y rotor cerrados. Se pueden emplear resortes mecánicos
45 para proporcionar una carga fija mínima para mantener el estator y el rotor cerrados. En particular, los manguitos de transferencia de fluido pueden ubicarse en cilindros formados en el estator en las distintas ubicaciones de los puertos del estator. Los manguitos pueden sellarse a los cilindros usando sellos estáticos o anillos de pistón. Cada lecho adsorbente en el dispositivo de oscilación de presión está conectado a uno de estos puertos y, por lo tanto, la presión del fluido en el manguito de transferencia de fluido es proporcionada por ese lecho adsorbente conectado de
50 manera fluida a él. Por lo tanto, se proporciona una carga variable en cada puerto en el estator y esta carga es una función de la presión en el lecho adsorbente y del área axial del manguito de transferencia de fluido. En el documento US38493, los resortes mecánicos proporcionan una carga fija al estator a través de los manguitos de transferencia de fluido (por ejemplo, los resortes están ubicados debajo de los manguitos de transferencia de fluido y ayudan a los manguitos a empujar el estator contra el rotor).

55 Los dispositivos comerciales de adsorción por oscilación de presión que emplean tales válvulas rotativas de presión equilibrada han estado disponibles durante muchos años (por ejemplo, los dispositivos de PSA de la serie H3200 de Xebec Adsorption Inc., anteriormente Questair Technologies Inc.). En estos dispositivos comerciales, los resortes mecánicos en los manguitos de transferencia de fluido generalmente son seleccionados para aplicar una carga fija
60 suficiente para obtener un sellado satisfactorio en el arranque del dispositivo. De lo contrario, aunque la carga fija generalmente se establece para ser tan baja como sea posible para mantener el calentamiento por fricción, el desgaste y el par en un mínimo.

65 En válvulas rotativas de este tipo, los puertos tanto en el estator como en el rotor pueden ubicarse sobre un círculo de paso del puerto que está centrado sobre el eje del rotor. En aplicaciones comerciales típicas, los parámetros

operativos requeridos del dispositivo (por ejemplo, caudales, presiones y similares), combinados con la preferencia por mantener la carga fija tan baja como sea posible, generalmente dan como resultado que se emplee un tamaño relativamente grande de manguito de transferencia de fluido o de tamaño de pistón. Debido a que estos pistones también están ubicados sobre o cerca de los puertos, el tamaño relativamente grande del pistón generalmente limita el círculo de paso del puerto mínimo que se puede usar. Como consecuencia, los puertos del estator relativamente más pequeños acaban separados de manera tal que los espaciados entre los puertos del estator son mayores que el tamaño de los mismos puertos.

Además, el típico dispositivo de válvula rotativa de adsorción de oscilación de presión emplea dos válvulas rotativas, una conectada a los extremos de alimentación de los lechos adsorbentes donde se proporcionan las mezclas de gases a separar, y otra conectada a los extremos del producto de los lechos adsorbentes donde se obtienen gases de productos separados. Las geometrías de puerto en los estatores y rotores (es decir, tamaño, forma y espaciado) se eligen típicamente para optimizar el ciclo del proceso para una solicitud de separación de gases dada. Sin embargo, esto también incluiría generalmente la elección de un diseño en el que los espaciados de los puertos sobre el estator son mayores de tamaño que los mismos puertos. En el extremo del producto del dispositivo, este ha sido un requisito esencial. Esto se debe a que los puertos en el rotor (que normalmente son tan grandes o más grandes que los del estator) de otra manera interconectarían los puertos del estator adyacentes sobre partes del ciclo de rotación y, por lo tanto, causarían un puenteo inaceptable de gases entre estos puertos del estator adyacentes.

En una solicitud de procesamiento químico dada, si se desea un mayor rendimiento de procesamiento, las válvulas rotativas deben diseñarse para manejar mayores flujos de gas y, por lo tanto, emplear puertos más grandes. Convencionalmente, esto significa que el diámetro de la válvula rotativa se incrementaría por consiguiente para acomodar el mayor tamaño del puerto. Además, el tamaño de los manguitos de transferencia de fluido o pistones debe aumentarse por consiguiente para proporcionar una mayor carga variable posible para propósitos de equilibrio de presión.

COMPENDIO

Se ha observado que en ciertas aplicaciones que emplean válvulas rotativas, es aceptable emplear espaciados de puertos del estator que sean menores que el tamaño del puerto y que aún mantengan una función de ciclo de proceso aceptable y una carga aceptable entre el rotor y el estator. Por ejemplo, en el extremo de alimentación de un dispositivo de adsorción de oscilación de presión, puede ser una práctica aceptable tener dos puertos de estator adyacentes interconectados en ciertos momentos del ciclo del proceso. Por lo tanto, en esta aplicación, el espaciado de los puertos del estator se puede reducir de tal manera que se produzca un puenteo de gases aquí durante el ciclo del proceso. Es decir, los espaciados entre los puertos en la válvula rotativa pueden ser menores que el tamaño de los mismos puertos. Además, aunque da como resultado un aumento en la fricción relacionada con el calentamiento y el desgaste, puede ser aceptable reducir el tamaño de los manguitos de equilibrado de presión variable o pistones, y por lo tanto la carga variable que proporcionan, mientras aumentan la carga fija provista mecánicamente a compensar. Por lo tanto, el tamaño del pistón ya no necesita dictar el círculo de paso del puerto mínimo que se utiliza. Con estas dos limitaciones relajadas, es posible aumentar el tamaño del puerto y, por lo tanto, el rendimiento de una válvula rotativa sin un aumento convencional en el tamaño total de la válvula.

Dicha válvula rotativa compacta comprende un estator que comprende al menos dos puertos centrados sobre un círculo de paso del puerto, en el que cada puerto proporciona una abertura sobre una longitud de arco abierto alrededor del círculo de paso del puerto y, por lo tanto, define espaciados de los puertos entre los puertos sobre longitudes de arco cerradas alrededor del círculo de paso del puerto. La válvula rotativa compacta también comprende un rotor que gira alrededor de un eje del rotor en el centro del círculo de paso del puerto y que comprende al menos dos puertos centrados sobre el círculo del paso del puerto, medios de carga variable para acoplar herméticamente el rotor al estator, medios de carga fijos para acoplar herméticamente el rotor al estator, y medios de accionamiento para hacer girar el rotor alrededor del eje del rotor en relación con el estator, de manera que los puertos del rotor entren y salgan de la alineación con los puertos del estator. La válvula rotativa compacta se caracteriza por que la longitud mínima de arco cerrado de un espaciado de puertos en el estator es menor que la longitud máxima de arco abierto de una abertura de puerto.

El estator puede comprender típicamente una pluralidad de puertos. Se puede emplear una variedad de formas de puertos, pero en particular los puertos del estator pueden ser circulares. También se pueden usar varios tamaños de puerto, pero en particular los puertos del estator pueden ser esencialmente del mismo tamaño. Además, los puertos del estator pueden estar separados equidistantes alrededor del círculo de paso del puerto, en cuyo caso, todas las longitudes de arco cerrado de los espaciados de los puertos son esencialmente iguales y todas las longitudes de arco abierto de los puertos son esencialmente iguales. Además, en este caso, la longitud de arco cerrado de todos los espaciados de los puertos será menor que la longitud de arco abierto de todas las aberturas de puertos.

Los medios de carga variable empleados en la válvula rotativa pueden comprender pistones ubicados adyacentes a cada puerto en el estator para proporcionar una carga variable al estator de acuerdo con la presión de gas recibida en ese puerto. Estos pistones pueden estar centrados sobre el círculo de paso del puerto.

Los medios de carga fijos en la válvula rotativa pueden comprender resortes para proporcionar una carga fija al estator. Los resortes pueden ubicarse fuera de los pistones. En una realización, puede haber dos conjuntos de resortes, un primer conjunto ubicado sobre un primer círculo de paso del resorte más grande que el círculo de paso del puerto, y un segundo conjunto está ubicado sobre un segundo círculo de paso del resorte más pequeño que el círculo de paso del puerto. Para mejorar el equilibrio, la fuerza proporcionada por el segundo conjunto de resortes se puede elegir para que sea menor que la aplicada por el primer conjunto de resortes. Esto se puede lograr seleccionando resortes en los que la constante del resorte del segundo conjunto de resortes sea más pequeña que la del primer conjunto de resortes.

La válvula rotativa es adecuada para su uso en un dispositivo de oscilación de presión rotativo tal como un dispositivo de adsorción por oscilación de presión (PSA), y particularmente en el extremo de alimentación. Los lechos adsorbentes en el dispositivo PSA generalmente son las fuentes de presión de gas recibidas en los puertos en el estator. Como se mencionó anteriormente, puede ser aceptable reducir el tamaño de los pistones de equilibrado de presión variable, mientras aumenta la carga fija proporcionada mecánicamente para compensar. Por ejemplo, en un dispositivo rotativo PSA, las presiones (o fuerzas) variables y fijas pueden modificarse de modo que la presión de contacto promedio entre el rotor y el estator durante la operación sea mayor que 407 kPa (59 psi), y/o tal que los resortes proporcionan más del 10% de la fuerza de carga total aplicada al estator por los pistones y resortes. (La presión de contacto es la presión local neta de las dos superficies en contacto).

La invención por lo tanto representa un método para reducir el tamaño de una válvula rotativa en un dispositivo de oscilación de presión (por ejemplo, un dispositivo PSA). El método comprende disminuir el diámetro del círculo de paso del puerto de modo que la longitud mínima de arco cerrado de un espaciado del puerto del estator sea menor que la longitud máxima de arco abierto de una abertura del puerto del estator y, por lo tanto, aceptar el resultado de que haya un puenteo de los puertos durante al menos una parte del ciclo de adsorción por oscilación de presión. Además, el método puede comprender reducir el tamaño de los pistones y aumentar la carga proporcionada por los resortes de manera que la presión de contacto promedio entre el rotor y el estator durante la operación se incremente por encima de 407 kPa (59 psi), y/o tal que los resortes proporcionen más del 10% de la fuerza de carga total al estator.

Los anteriores y otros objetos, características y ventajas de la invención se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, que procede con referencia a las figuras adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es una sección transversal de un extremo de alimentación de un dispositivo PSA de la técnica anterior en uso comercial que comprende una válvula rotativa.

Las figuras 2a y 2b representan vistas en planta del lado de sellado de los estatores de alimentación de una invención y de una válvula rotativa de la técnica anterior respectivamente.

Las figuras 3a y 3b representan vistas en planta del lado posterior de los estatores de alimentación de una invención y de una válvula rotativa de la técnica anterior respectivamente.

La figura 4 muestra la distribución de la presión calculada FEA a 60 °C para la superficie del lado sellado del estator de alimentación de la figura 2a y de los ejemplos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

A menos que se defina expresamente lo contrario, todos los términos técnicos y científicos utilizados aquí tienen el mismo significado que el entendido comúnmente por una persona con experiencia ordinaria en la técnica a la que pertenece esta descripción. Los términos singulares "un", "uno", "una" y "el", "lo", "la" incluyen referentes plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Similarmente, la palabra "o" pretende incluir "y" a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

El término "incluye" significa "comprende".

En caso de conflicto, la presente especificación, incluidas las explicaciones de los términos, prevalecerá.

Los materiales, métodos y ejemplos descritos aquí pretenden ser solo ilustrativos y no pretenden limitar la invención a los materiales, métodos y ejemplos específicos descritos.

El extremo de alimentación de un dispositivo PSA de la técnica anterior que emplea tres etapas de ecualización en el ciclo de proceso y que comprende una válvula rotativa de presión equilibrada se muestra en la sección transversal de la figura 1. Como se muestra, la válvula rotativa 1 del extremo de alimentación incluye el estator 2 y el rotor 3, cada uno de los cuales comprende varios puertos centrados sobre los círculos de paso del rotor y del estator respectivamente. Aunque no es visible en la figura 1, el estator 2 comprende nueve puertos circulares espaciados equidistantes alrededor del círculo de paso del puerto del estator (es decir, 40 grados de separación). Cada uno de estos puertos luego se conecta de manera fluida al extremo de alimentación de uno de los nueve lechos adsorbentes correspondientes en el dispositivo PSA. En la figura 1 se muestra un puerto 4 del estator, que se

conecta de manera fluida a través del conducto 10 (formado en el estator 1) al extremo de alimentación de un lecho adsorbente (no mostrado). El rotor 3 comprende dos puertos de función oblonga separados aproximadamente en 180 grados sobre el círculo de paso del puerto del rotor. Un puerto se utiliza para suministrar gas de alimentación a más de un lecho adsorbente a la vez, mientras que el otro se usa para el escape del gas de purga de más de un lecho adsorbente a la vez durante el ciclo PSA. El puerto 5 del rotor de gas de alimentación se muestra en la figura 1 y se conecta de manera fluida al suministro de gas de alimentación (no mostrado) a través del conducto 6 en el rotor 3 y a través del conducto 11 formado en el estator 2. El otro puerto 14 del rotor de purga está conectado de manera fluida al volumen 15 que rodea al rotor 3, que a su vez está conectado de manera fluida al conducto 9 para el escape de purga. El puerto 4 del estator y el puerto 5 del rotor están alineados en la figura 1 y, por lo tanto, se suministraría gas de alimentación a ese lecho adsorbente conectado al conducto 10.

La válvula rotativa 1 comprende adicionalmente medios de carga variable para fines de equilibrado de presión. Esto es proporcionado por los pistones 7 que están ubicados adyacentes a los puertos del estator y que fuerzan al estator 2 hacia el rotor 3 de acuerdo con la presión del fluido dentro del pistón (por ejemplo, la presión del gas en el conducto 10 para el pistón 7 ilustrado en la figura 1). La válvula rotativa 1 también comprende medios de carga fijos que están provistos en parte por resortes mecánicos 8 que están asentados dentro de los pistones 7 en esta realización. Sin embargo, también se proporcionan medios de carga fijos en la realización mostrada en el centro del estator 2 a través del pistón 12 y a través del resorte mecánico 13. La fuerza proporcionada por el pistón 12 es una función de la presión del gas de alimentación en el conducto 11 y, por lo tanto, es fija si la presión del gas de alimentación es fija.

En la figura 1, medios de accionamiento para el rotor 3 están provistos por el eje 20, y un motor de accionamiento (no mostrado).

La práctica general en la técnica anterior es proporcionar una carga fija suficiente al estator para obtener un sellado satisfactorio en el arranque del dispositivo. Sin embargo, más allá de eso, la carga fija se mantiene al mínimo para minimizar el calentamiento por fricción, el desgaste y el par. Esto generalmente da como resultado que un tamaño relativamente grande es empleado para los pistones 7 en relación con el diámetro del estator. A su vez, esto limita el círculo de paso del puerto mínimo que se puede usar. Como consecuencia, los puertos del estator acaban separados de manera tal que los espacios entre los puertos del estator son mayores que el tamaño de los mismos puertos.

Las figuras 2b y 3b ilustran esta situación en vistas en planta del lado del sello y del lado posterior respectivamente del estator 2 en la figura 1. Los puertos 4 están centrados sobre y espaciados equidistantes alrededor del círculo 2a de paso del puerto del estator. La longitud de arco abierto de una abertura 2b de puerto es significativamente menor que la longitud de arco cerrado de un espaciado 2c del puerto. Como se puede ver en la figura 3b, esto es una consecuencia del uso de pistones relativamente grandes que requieren que se formen manguitos 16 relativamente grandes en el estator 2. En esta realización, los manguitos 16 de los pistones (y los pistones 7) también están centrados sobre el círculo 2a de paso del puerto y, como se muestra en la figura 3b, ya están espaciados tan cerca como sea posible. El diámetro total del estator 2 no se puede reducir. El diámetro del círculo 2a de paso del puerto se puede en principio reducir, desplazando los centros de los puertos con respecto a los de los pistones, pero incluso entonces, solo en una cantidad muy pequeña.

Las figuras 2a y 3a, por otro lado, representan vistas en planta del lado del sello y del lado trasero respectivamente de un estator para una válvula rotativa de la invención. (Para facilitar la comparación, aquí se han empleado números similares para las características similares a las de las figuras 1, 2b y 3b). Aquí, el tamaño de los pistones 7 de carga variable se ha reducido y, por lo tanto, también el diámetro de los manguitos 16. Como resultado, la fuerza fija proporcionada tiene que ser relativamente aumentada. Sin embargo, el beneficio es que ahora o bien se puede reducir el diámetro del círculo de paso del puerto (reduciendo así el tamaño de la válvula) o bien, alternativamente, se puede aumentar el tamaño de los puertos 4 (aumentando así la capacidad de procesamiento del PSA, como es el caso mostrado en las figuras 2a y 3a). Otro beneficio es que ahora hay espacio disponible sobre la superficie del estator para ubicar resortes de carga fija fuera de los pistones 7. Esto permite un mejor equilibrado de la presión. Por ejemplo, la figura 3a muestra las ubicaciones 17 y 18 para el primer y segundo conjuntos de resortes respectivamente, que están fuera de los pistones 7. Las ubicaciones 17 para el primer conjunto de resortes están sobre un primer círculo de paso de mayor diámetro que el círculo 2a de paso del puerto. Las ubicaciones 18 para el segundo conjunto de resortes están sobre un segundo círculo de paso de menor diámetro que el círculo 2a de paso del puerto. El segundo conjunto de resortes aplica menor fuerza de cierre al estator 2 que el primer conjunto de resortes para un mejor equilibrado. Esto se puede lograr tanto utilizando resortes con una constante de resorte más pequeña para el segundo conjunto como alternativamente usando resortes más cortos (y por lo tanto comprimiendo menos) para el segundo conjunto.

Como se mencionó anteriormente, las válvulas rotativas de la invención tienen pistones 7 relativamente más pequeños para un tamaño de válvula dado y, por lo tanto, requieren relativamente más carga fija para compensar la reducción en la carga variable proporcionada. Los medios de carga fijos (por ejemplo, los resortes 8) proporcionan así más de la fuerza de carga total convencional, y pueden, por ejemplo, proporcionar más del 10% de la fuerza de

carga total. Además, la presión de contacto promedio entre el estator 2 y el rotor 3 se incrementa sobre la de las válvulas rotativas convencionales. Hemos encontrado que el funcionamiento satisfactorio de una válvula rotativa aún se puede lograr cuando la presión de contacto promedio durante el funcionamiento es superior a 407 kPa (59 psi).

5 La descripción anterior se aplicó a una válvula rotativa para un dispositivo PSA que comprende nueve lechos adsorbentes. Los expertos en la técnica apreciarán cómo la invención puede modificarse para que sea apropiada para dispositivos PSA que emplean un número diferente de lechos adsorbentes y/o para su uso en dispositivos distintos de los PSA. De una manera similar a la anterior, los estatores para tales otras aplicaciones de válvulas rotativas se pueden hacer de una manera similar siempre que se acepte algún puenteo entre los puertos y siempre que sea aceptable una mayor carga total y/o una presión de contacto promedio. Aún más, se pueden contemplar realizaciones con puertos de diferentes formas o con puertos de estator y pistones centrados sobre diferentes círculos de paso.

15 Los siguientes ejemplos se proporcionan para ejemplificar características particulares de la presente invención. Una persona con experiencia ordinaria en la técnica apreciará que el alcance de la presente invención no se limita a las características particulares ejemplificadas por estos ejemplos.

EJEMPLOS

20 Se diseñaron y construyeron una serie de válvulas rotativas para su uso en dispositivos PSA rotativos de capacidad de intervalo de flujo variable. La siguiente tabla enumera las características mecánicas pertinentes de estas válvulas rotativas. En la tabla, se enumeran tres válvulas de diferentes tamaños e incluyen válvulas comparativas para los lados de alimentación tanto en un PSA relativamente pequeño como en un PSA mediano, y finalmente una válvula de la invención para el lado de alimentación del PSA relativamente grande.

25 En todos los casos, los PSA comprendieron 9 lechos adsorbentes. El estator para la válvula de alimentación de la invención en el PSA grande se ilustra en las figuras 2a y 3a. El estator para la válvula de alimentación comparativa en el PSA mediano se ilustra en las figuras 2b y 3b.

30 En todos los casos, la carga variable para aplicar de manera estanca el estator al rotor es provista por pistones de acuerdo con la presión del gas en los lechos adsorbentes. La carga fija es provista principalmente por resortes ubicados dentro de estos pistones o justo afuera de los pistones como se muestra en las figuras 2 y 3. Sin embargo, también se proporcionó alguna fuerza fija adicional en algunas realizaciones mediante un resorte central y/o pistón, como se muestra en la figura 1.

Característica de la válvula rotativa	Válvula de alimentación de la invención en grandes PSA.	Comparativo para válvula de alimentación en PSA mediano	Comparativo para válvula de alimentación en PSA pequeño
Presión de alimentación (psig)	300	300	175
Diámetro del puerto del estator (pulgadas)	2.4	0.75	0.28
Diámetro del círculo de paso del puerto del estator (pulgadas)	11.8	5.3	3.4
Longitud del arco del puerto del estator (pulgadas)	2.40	0,751	0.280
Longitud del arco de espaciado del puerto del estator (pulgadas)	1.71	1.10	0.907
(Diámetro del puerto)/(diámetro del círculo de paso del puerto)	20%	14%	8%
Diámetro del pistón (pulgadas)	3.5	1.8	1
Nº resortes en o cerca de los pistones	18	9	9
Fracción de fuerza de cierre proporcionada por pistones	50%	93%	63%
Característica de la válvula rotativa	Válvula de alimentación de la invención en grandes PSA.	Comparativo para válvula de alimentación en PSA mediano	Comparativo para válvula de alimentación en PSA pequeño
Fracción de fuerza de cierre proporcionada por resortes	50%	7%	37%
Presión media de contacto entre el estator y el rotor (psi)	81	59	24
(Presión media de contacto)/(Presión de alimentación)	27%	20%	14%

35

5 En la válvula de alimentación de la invención anterior, el diámetro del círculo de paso del puerto se redujo con respecto al tamaño del puerto, de modo que la longitud del arco del espaciado del puerto del estator era menor que la longitud del arco de las aberturas del puerto. Esto permite un tamaño de válvula completo más pequeño, pero requiere un tamaño de pistón más pequeño (en relación con la convención) para lograrlo. A su vez, esto da como resultado una menor capacidad de carga variable y, por lo tanto, un requisito para una mayor carga fija para compensar.

10 La relación del (diámetro del puerto)/(diámetro del círculo de paso del puerto) es indicativa de cuánto se ha reducido el tamaño de la válvula con respecto al tamaño del puerto. La fracción de la fuerza de cierre proporcionada por cada uno de los pistones y resortes es indicativa de cuánto se ha aumentado la carga fija para compensar. En la válvula de alimentación más grande de la invención, los resortes ahora proporcionan más del 10% de la fuerza de cierre total. (Téngase en cuenta que esta es también la situación en la válvula más pequeña en la aplicación comparativa de PSA pequeño también. Sin embargo, este % generalmente disminuiría con el tamaño de la válvula utilizando los principios de diseño de la técnica anterior). Y, la presión de contacto promedio muestra cuánto ha aumentado la carga entre el estator y el rotor en su totalidad, en promedio. La válvula de alimentación de la invención ahora funcionaría a un promedio de 558 kPa (81 psi) (significativamente > 407 kPa (59 psi)) en esta solicitud.

20 La figura 4 muestra cualitativamente la distribución de presión calculada (utilizando el análisis de elementos finitos) a 60 °C para la superficie del lado de sellado (figura 2a) del estator en el gran estator de la válvula de alimentación de la invención. En la figura 4, el sombreado más oscuro representa la presión de contacto más alta. El sombreado más claro representa la presión de contacto intermedia y rodea principalmente esos puertos en el área a las 3 a 6 en punto de reloj en la figura 4. Los puertos en esta área están unidos a la alimentación y, por lo tanto, experimentan más fuerza al destruir el sello. El sombreado intermedio representa la presión de contacto más ligera (principalmente alrededor del puerto de alimentación central y en el perímetro exterior de la válvula). El análisis muestra un contacto casi completo y uniforme del sello incluso a esta temperatura elevada.

25 En una prueba real del tamaño reducido, la válvula de alimentación de la invención descrita anteriormente ha mostrado que el calentamiento, el desgaste y el par se mantienen en un nivel aceptable con esta presión de contacto promedio más alta.

30 La presente solicitud se ha descrito con referencia a ejemplos de realizaciones preferidas. Será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar cambios y modificaciones sin apartarse de esta invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo rotativo de oscilación de presión que comprende una válvula rotativa (1) que comprende:
 - 5 un estator (2) que comprende al menos dos puertos (4) centrados sobre un círculo (2a) de paso del puerto, y cada puerto (4) proporciona una abertura sobre una longitud de arco abierto alrededor del círculo (2a) de paso del puerto y, por lo tanto, define los espaciados (2c) de los puertos entre los puertos (4) sobre longitudes de arco cerradas alrededor del círculo (2a) de paso del puerto;
 - 10 un rotor (3) que gira alrededor de un eje del rotor en el centro (2a) del círculo de paso del puerto y que comprende al menos dos puertos centrados sobre el círculo (2a) de paso del puerto;
 - medios de carga variable para acoplar herméticamente el rotor (3) al estator (2);
 - medios de carga fijos para acoplar herméticamente el rotor (3) al estator (2);
 - y medios de accionamiento para hacer girar el rotor (3) alrededor del eje del rotor con respecto al estator (2)
 - 15 de modo que los puertos en el rotor (3) entren y salgan de la alineación con los puertos (4) en el estator (2);
 - en donde la longitud mínima de arco cerrado de los espaciados (2c) del puerto es menor que la longitud máxima de arco abierto de las aberturas (2b) de puerto.
2. El dispositivo rotativo de oscilación de presión de la reivindicación 1, en donde el estator (2) comprende una pluralidad de puertos (4); Y/O en donde los puertos (4) en el estator (2) son circulares; Y/O en donde los puertos (4) en el estator (2) son esencialmente del mismo tamaño.
3. El dispositivo rotativo de oscilación de presión de la reivindicación 2, en donde los puertos (4) en el estator (2) están separados equidistantes alrededor del círculo (2a) de paso del puerto y, por lo tanto, todas las longitudes de arco cerrado de los espaciados (2c) del puerto son esencialmente iguales y todas las longitudes de arco abierto de los puertos (4) son esencialmente iguales; Y en donde la longitud de arco cerrado de los espaciados (2c) del puerto es menor que la longitud de arco abierto de los espaciados (2b) del puerto .
4. El dispositivo rotativo de oscilación de presión de la reivindicación 1, en donde los medios de carga variable comprenden pistones (7) ubicados adyacentes a cada puerto (4) en el estator (2) para proporcionar una carga variable al estator (2) de acuerdo con la presión de gas recibida en ese puerto; Y en donde los pistones (7) están centrados sobre el círculo (2a) de paso del puerto.
5. El dispositivo rotativo de oscilación de presión de la reivindicación 1, en donde los medios de carga fijos comprenden resortes (8) para proporcionar una carga fija al estator (2).
6. El dispositivo rotativo de oscilación de presión de la reivindicación 4, en donde los medios de carga fijos comprenden resortes (8) para proporcionar una carga fija al estator (2) y los resortes (8) están ubicados fuera de los pistones (7).
7. El dispositivo rotativo de oscilación de presión de la reivindicación 6, en donde un primer conjunto de resortes está situado sobre un primer círculo de paso del resorte más grande que el círculo (2a) de paso del puerto ; Y en donde un segundo conjunto de resortes está ubicado sobre un segundo círculo de paso del resorte más pequeño que el círculo (2a) de paso del puerto ; Y en donde el segundo conjunto de resortes aplican menos fuerza que el primer conjunto de resortes para acoplar herméticamente el rotor (3) al estator (2); Y en donde la constante de resorte del segundo conjunto de resortes es más pequeña que la del primer conjunto de resortes.
8. El dispositivo rotativo de oscilación de presión de la reivindicación 1, en donde el dispositivo es un dispositivo rotativo de adsorción de oscilación de presión.
9. El dispositivo rotativo de adsorción de oscilación de presión de la reivindicación 8, en donde la válvula rotativa (1) está en el extremo de alimentación del dispositivo.
10. El dispositivo rotativo de adsorción de oscilación de presión de la reivindicación 8, en donde los medios de carga variable comprenden pistones (7) ubicados adyacentes a cada puerto (4) en el estator (2) para proporcionar una carga variable al estator (2) de acuerdo con la presión del gas recibido en ese puerto desde un lecho adsorbente en el dispositivo; y los medios de carga fijos comprenden resortes (8) para proporcionar una carga fija al estator (2); Y en donde la presión de contacto promedio entre el rotor (3) y el estator (2) durante la operación es mayor que 59 psi (407 kPa); O en donde los resortes (8) proporcionan más del 10% de la fuerza de carga total aplicada al estator (2) por los pistones (7) y los resortes (8) durante la operación.
11. Un método para reducir el tamaño de una válvula rotativa en un dispositivo de oscilación de presión, comprendiendo la válvula rotativa (1):

- un estator (2) que comprende al menos dos puertos (4) centrados sobre un círculo (2a) de paso del puerto, y proporcionando cada puerto (4) una abertura sobre una longitud de arco abierto alrededor del círculo (2a) de paso del puerto y, por lo tanto, definiendo los espaciados de los puertos (2b) entre los puertos sobre longitudes de arco cerrado alrededor del círculo (2a) de paso del puerto;
- 5 un rotor (3) que gira alrededor de un eje del rotor en el centro del círculo (2a) de paso del puerto y que comprende al menos dos puertos centrados sobre el círculo (2a) de paso del puerto;
- medios de carga variable para acoplar herméticamente el rotor (3) al estator (2);
- medios de carga fijos para acoplar herméticamente el rotor (3) al estator (2); y medios de accionamiento para hacer girar el rotor (3) alrededor del eje con respecto al estator (2) de manera que los puertos en el rotor (3)
- 10 entren y salgan de la alineación con los puertos (4) en el estator (2);
- comprendiendo el método disminuir el diámetro del círculo de paso del puerto de tal manera que la longitud mínima de arco cerrado de un espaciado (2b) de puertos sea menor que la longitud máxima de arco abierto de un espaciado (2c) de puerto.
- 15 12. El método de la reivindicación 11, en donde el dispositivo es un dispositivo de adsorción por oscilación de presión.
13. El método de la reivindicación 12, en donde los medios de carga variable en la válvula rotativa comprenden pistones (7) situados adyacentes a cada puerto (4) en el estator (2) para proporcionar una carga variable al estator (2) de acuerdo con la presión de gas recibida en ese puerto y los medios de carga fijos comprenden resortes (8)
- 20 para proporcionar una carga fija al estator (2), y el método comprende reducir el tamaño de los pistones (7) y aumentar la carga proporcionada por los resortes (8) de tal manera que la presión de contacto promedio entre el rotor (3) y el estator (2) durante la operación es aumentada por encima de 59 psi (407 kPa).
- 25 14. El método de la reivindicación 12, en donde los medios de carga variable en la válvula rotativa comprenden pistones (7) situados adyacentes a cada puerto (4) en el estator (2) para proporcionar una carga variable al estator (2) de acuerdo con la presión de gas recibida en ese puerto y los medios de carga fijos comprenden resortes (8) para proporcionar una carga fija al estator (2), y el método comprende reducir el tamaño de los pistones (7) y aumentar la carga proporcionada por los resortes (8) de modo que los resortes (8) proporcionen más del 10% de la
- 30 fuerza de carga total aplicada al estator (2) por los pistones (7) y los resortes (8) durante la operación.

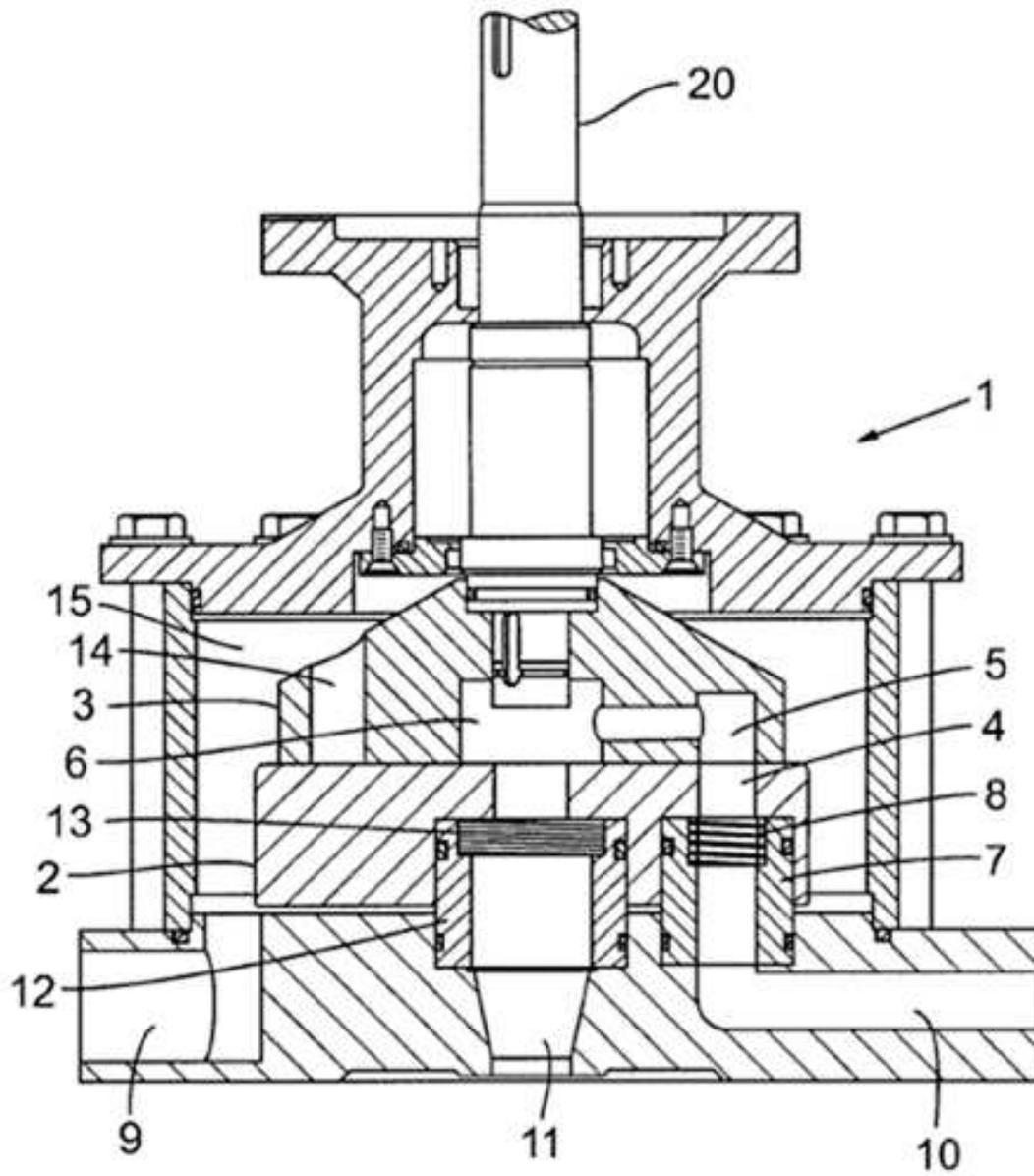


FIG. 1

Técnica anterior

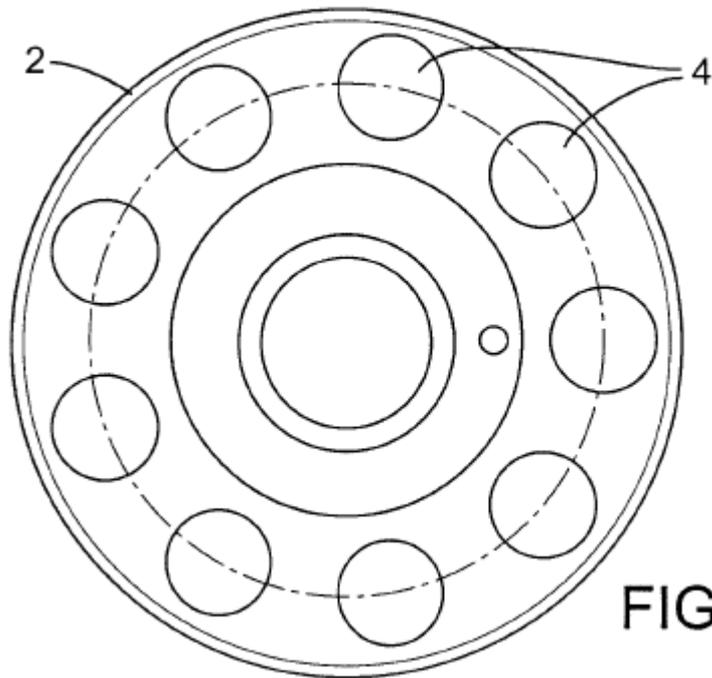


FIG. 2a

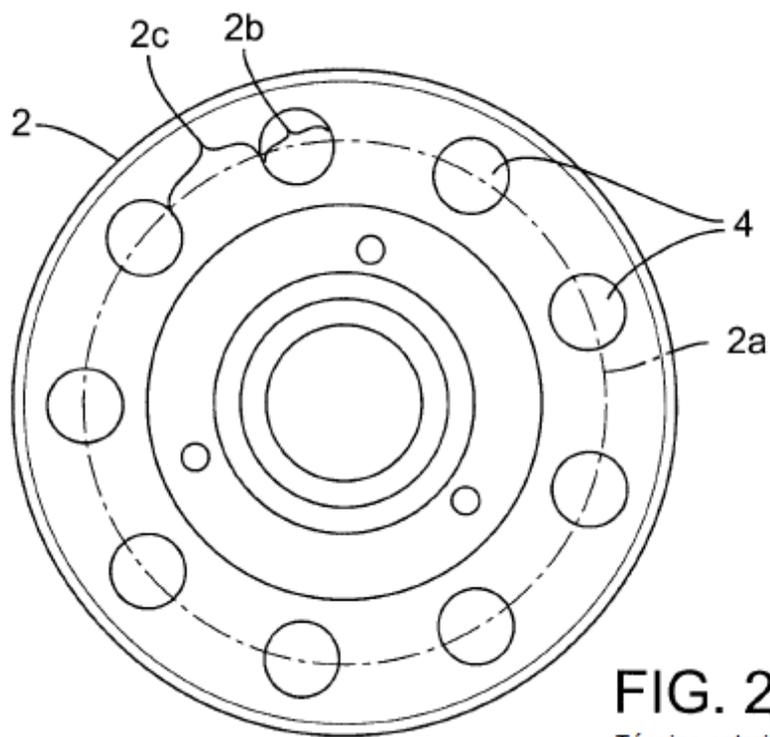


FIG. 2b
Técnica anterior

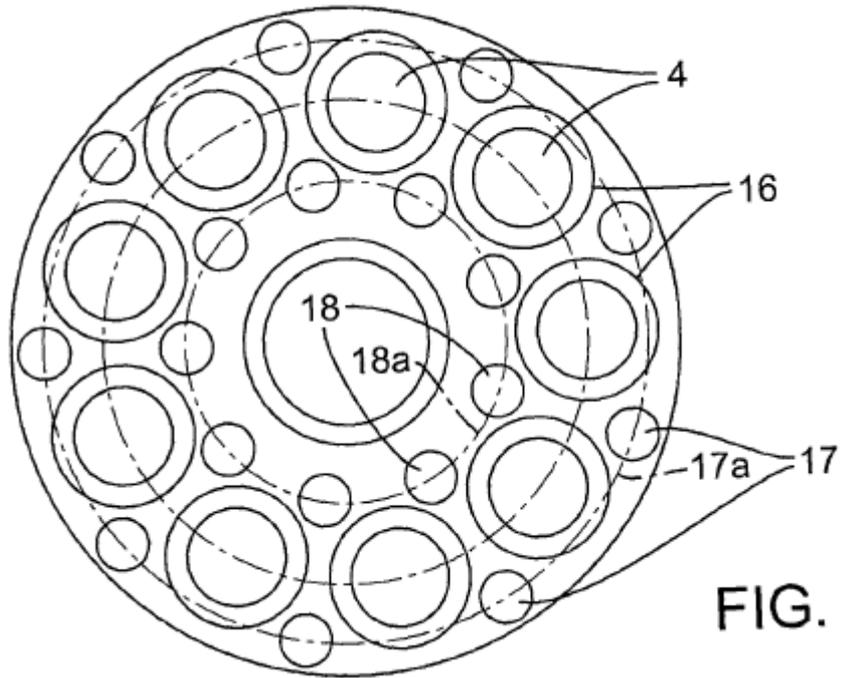


FIG. 3a

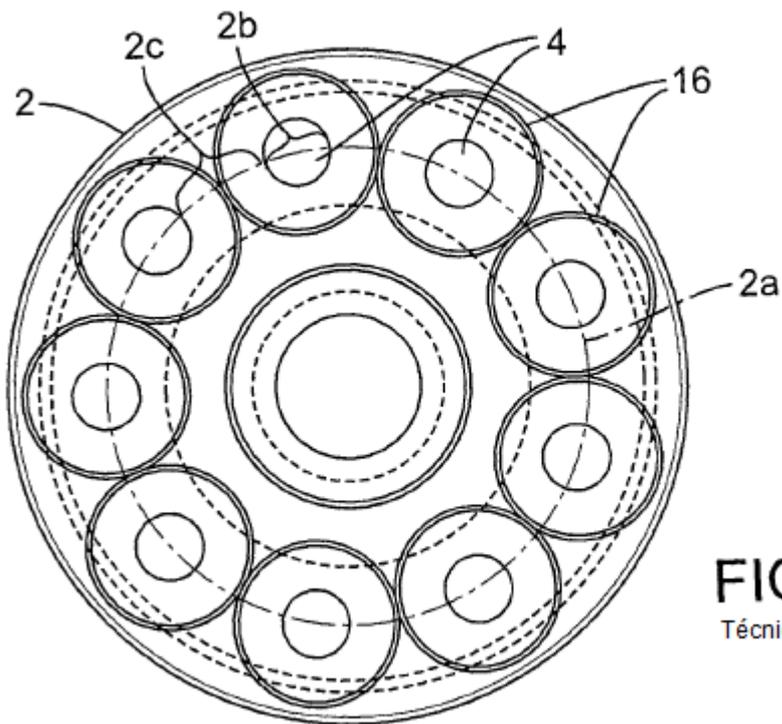


FIG. 3b
Técnica anterior

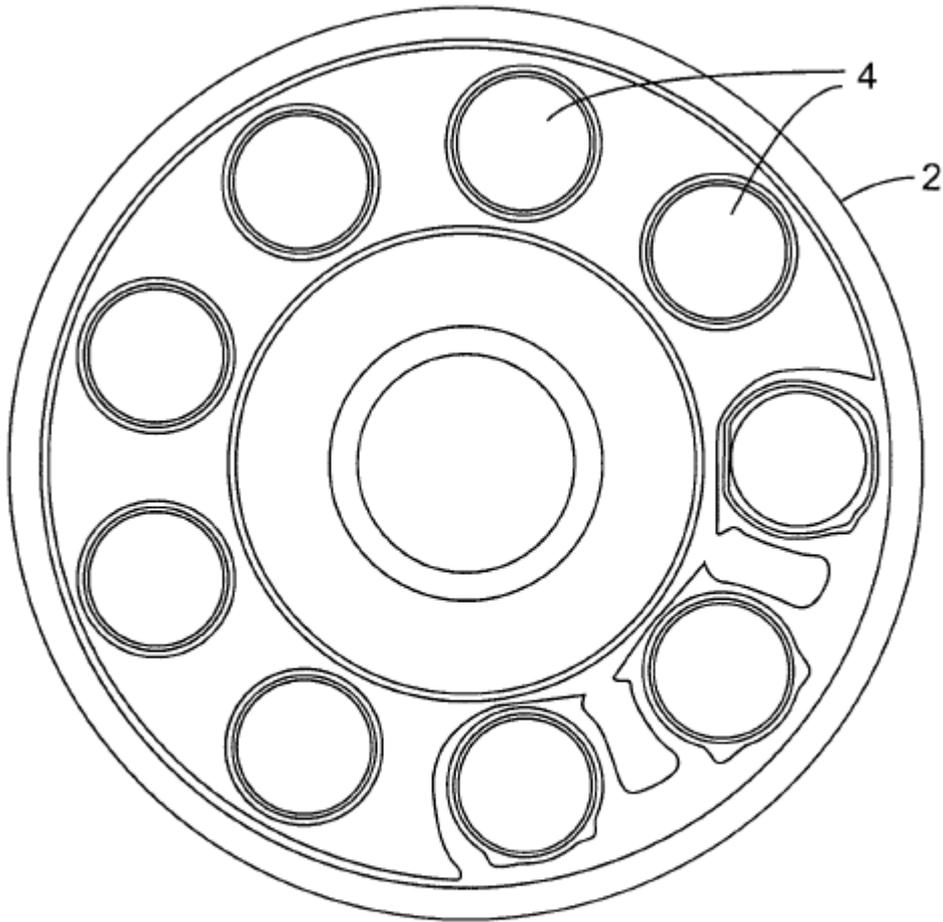


FIG. 4