

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 302**

51 Int. Cl.:

B01J 3/03 (2006.01)
B01D 53/047 (2006.01)
B01D 53/04 (2006.01)
B01J 20/00 (2006.01)
B01J 8/06 (2006.01)
F16J 15/16 (2006.01)
F16K 3/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.01.2008 PCT/CA2008/000148**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **31.07.2008 WO08089564**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2008 E 08706295 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2114555**

54 Título: **Conjunto de junta estanca para dispositivo de separación de gases**

30 Prioridad:

24.01.2007 US 886486 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.02.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

STONER, CHRISTOPHER;
MCLEAN, CHRISTOPHER R. y
MUSSELMAN, DARYL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 654 302 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

Conjunto de junta estanca para dispositivo de separación de gases

5 CAMPO

La presente invención se refiere a dispositivos para la separación de gases, tales como dispositivos de adsorción giratorios por oscilación de presión, que se pueden usar para separar el hidrógeno de un gas de alimentación. En particular, se refiere a todos los conjuntos de juntas estancas para tales dispositivos.

10 ANTECEDENTES

La separación de gases puede lograrse haciendo pasar una mezcla de gases por un material adsorbente, que preferiblemente adsorbe un componente que se adsorbe con mayor facilidad que otro componente de la mezcla que se adsorbe con menor facilidad. Los ejemplos de estos procesos incluyen la adsorción por oscilación de temperatura (TSA, *temperature swing adsorption*) y adsorción por oscilación de presión (PSA, *pressure swing adsorption*). La PSA normalmente implica un ciclado coordinado de la presión de una mezcla gaseosa, sobre un material adsorbente. La presión total se eleva durante intervalos de flujo en una primera dirección, a través del lecho adsorbente y se reduce durante intervalos de flujo en la dirección inversa. A medida que el ciclo se reitera, el componente que se adsorbe con menor facilidad se concentra en la primera dirección, mientras que el componente que se adsorbe con mayor facilidad se concentra en la dirección inversa.

Algunos ejemplos de dispositivos PSA conocidos se describen en los documentos de patente de los EE. UU. con los números 7.037.358 y 7.094.275. Estas referencias, por ejemplo, describen dispositivos PSA capaces de purificar hidrógeno para las usar en pilas de combustible. Esta sigue siendo una aplicación importante de la tecnología PSA. Otras aplicaciones incluyen, por ejemplo, la separación de dióxido de carbono del metano y la purificación de oxígeno.

Los reactores por oscilación de presión (por ejemplo, los reformadores por oscilación de presión) también son conocidos. Al igual que los dispositivos PSA, los reactores por oscilación de presión, por lo general, están configurados para ciclar la presión de una mezcla gaseosa. Este ciclado de presión puede mejorar los rendimientos de reacción, en particular, de las reacciones limitadas por el equilibrio.

El documento de patente de los EE. UU. con el número US RE38493 E describe un conjunto de juntas estancas de un diseño de válvulas distribuidoras rotativas, en las cuales se emplean resortes mecánicos para proveer una presión de balanceo fija.

35 SUMARIO

En la presente se describen realizaciones de un dispositivo rotativo para la separación de gases, tales como un dispositivo de adsorción rotativo por oscilación de presión. El dispositivo rotativo por oscilación de presión puede incluir, por ejemplo, un rotor con una pluralidad de elementos adsorbentes, un estator con una pluralidad de conductos y una válvula giratoria, que comprende un conjunto de juntas estancas ubicadas entre el rotor y el estator.

Una primera realización revelada de un conjunto de juntas estancas comprende un soporte de estanqueidad que recibe una porción coincidente de una junta estanca flotante, que es móvil con respecto al soporte de estanqueidad. El soporte de estanqueidad comprende una pluralidad de aberturas alineadas con puertos de flujo a través de la junta estanca flotante. La junta estanca flotante comprende una cara obturadora, opuesta al soporte de estanqueidad, para proveer un acople hermético a una superficie adyacente giratoria con respecto al conjunto de juntas estancas. El soporte de estanqueidad y la junta estanca flotante coincidente definen varias cámaras de gas de procesamiento y gas de activación, aisladas de un modo fluido, respectivamente. Los gases de procesamiento y de activación aplican presión obturadora a la junta estanca flotante, moviéndola así en dirección a la superficie adyacente. Las cámaras de gas de procesamiento se conectan de manera fluida con los puertos de flujo a través de la junta estanca flotante, y las cámaras de gas de activación pueden conectarse de manera fluida a una fuente de gas de activación.

Más en particular, el soporte de estanqueidad puede comprender al menos un calibre escalonado, para recibir una porción coincidente y escalonada de la junta estanca flotante. Las superficies del calibre escalonado y de la porción escalonada de la junta estanca flotante pueden definir las cámaras de gas de procesamiento y las cámaras de gas de activación.

La presión del gas en las cámaras de gas de activación puede proveerse mediante una conexión fluida con una fuente externa de gas de activación, y la presión dentro de cada cámara puede controlarse de manera independiente. En una realización simple, todas las cámaras de gas de activación pueden estar interconectadas de manera fluida. El gas de activación proveniente de la fuente externa puede proveerse a las cámaras de gas de activación a través de un puerto de presurización que se abre en el soporte de estanqueidad. El puerto o los puertos de presurización pueden acoplarse de manera efectiva con una válvula de control y un manómetro para monitorear y ajustar la presión de gas en al menos una cámara de gas de activación.

En muchas realizaciones, la junta estanca flotante es circular. Para tales realizaciones, la porción escalonada puede dividirse en proyecciones separadas alrededor de su circunferencia con espacios entre las proyecciones. Asimismo, al menos una de las proyecciones incluye juntas estancas ubicadas entre el soporte de estanqueidad y la junta estanca flotante para aislar de manera fluida las cámaras de gas de procesamiento y gas de activación. Las proyecciones pueden tener las mismas dimensiones y formas, pero lo más típico es que al menos algunas de las proyecciones tengan dimensiones y/o formas diferentes.

El conjunto de juntas estancas, por lo general, incluye varios calibres como parte del calibre escalonado en el soporte de estanqueidad, para recibir varias proyecciones coincidentes en la porción escalonada de la junta estanca flotante. Esto permite que se apliquen presiones obturadoras variables alrededor del conjunto de juntas estancas, mediante dos o más de las múltiples porciones coincidentes como para sellar sustancial y fluidamente la junta estanca flotante contra una superficie giratoria adyacente.

Cada proyección del conjunto de juntas estancas típicamente tiene una superficie de la cámara de gas de procesamiento y una superficie de la cámara de gas de activación opuestas a la cara obturadora de la junta estanca flotante. La suma de las áreas de las superficies de las cámaras de gas de procesamiento y gas de activación en una proyección puede ser igual al área de la superficie de sellado opuesta. En otras realizaciones, la suma no es igual a la superficie de sellado opuesta y por ende, puede ser mayor o menor que la de la superficie de sellado opuesta. Además, la relación del área de la superficie de la cámara de gas de procesamiento al área de la superficie de la cámara de gas de activación puede ser constante en el conjunto. No obstante, de manera alternativa, la relación puede variar entre dos o más proyecciones, para proveer diferentes presiones obturadoras alrededor del conjunto.

También se describen realizaciones de un método para proveer una junta estanca en una válvula giratoria en un dispositivo rotativo para la separación de gases (por ejemplo, un dispositivo de adsorción por oscilación de presión). El método comprende proveer un dispositivo rotativo para la separación de gases, que comprende un estator, un rotor y una válvula giratoria, que comprende el conjunto de juntas estancas antes citado, que hace fluir de una manera cíclica el gas de procesamiento presurizado hacia las cámaras de gas de procesamiento, y que hace fluir el gas de activación hacia las cámaras de gas de activación a una presión adecuada como para establecer una junta estanca con presión balanceada entre el conjunto de juntas estancas y el rotor.

Para las realizaciones que se citaron con anterioridad, las cuales comprenden proyecciones en la junta estanca flotante, el método puede comprender proveer un dispositivo rotativo para la separación de gases, que comprende un estator, un rotor y una válvula giratoria, que comprende el conjunto de juntas estancas, seleccionar un área de la superficie de la cámara de gas de procesamiento y un área de la superficie del gas de activación para cada proyección, de acuerdo con las presiones del gas de procesamiento empleadas en el dispositivo para la separación de gases, que hace fluir de una manera cíclica el gas de procesamiento presurizado hacia las cámaras de gas de procesamiento, y que hace fluir el gas de activación hacia las cámaras de gas de activación a una presión adecuada para establecer una junta estanca con presión balanceada entre el conjunto de juntas estancas y el rotor. Puede ser conveniente seleccionar las áreas de la superficie de modo tal que se establezca una presión de cierre neta local entre el ancho de la cara obturadora que sea de aproximadamente el 10 % de la presión del gas de procesamiento local del gas de procesamiento. Y una vez más, el gas de activación en estas realizaciones puede provenir de una fuente externa, y las cámaras de gas de activación pueden recibir gas de activación a la misma presión.

El método se puede usar para procesar corrientes de alimentación de una composición variable, para producir un gas de producción deseado. Para una realización de trabajo, uno de estos gases de producción deseados comprende hidrógeno.

En la presente memoria también se describen elementos adsorbentes para un dispositivo de adsorción por oscilación de presión, que comprenden un soporte espaciador mejorado en su construcción. Tales elementos adsorbentes comprenden una estructura adsorbente laminada, que comprende capas de laminado con una separación entre las capas. El laminado en sí comprende un material adsorbente y un soporte. Y el elemento adsorbente comprende, asimismo, un soporte espaciador mejorado en un extremo de la estructura adsorbente laminada, donde el soporte ha penetrado entre las capas del laminado al final de la estructura adsorbente laminada.

La estructura adsorbente laminada típicamente comprende un bobinado en espiral del laminado, y es posible usar un soporte espaciador mejorado en ambos extremos del mismo. El soporte espaciador mejorado puede tener una forma de cruz y estar hecho de epoxi.

Los elementos adsorbentes antes citados pueden hacerse proporcionando la estructura adsorbente laminada, aplicando una resina líquida al extremo de la estructura del laminado (por ejemplo, una resina epoxi), permitiendo que la resina líquida penetre en los extremos de la estructura del laminado y curando la resina.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La figura 1 es una primera vista en perspectiva de una realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión para la separación de gases que se ha descrito.

La figura 2 es una segunda vista en perspectiva de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1.

La figura 3 es una primera vista de perfil de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1.

5 La figura 4 es una segunda vista de perfil de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1.

La figura 5 es una vista en planta de la parte superior de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1.

10 La figura 6 es una vista en planta de la base de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1.

La figura 7 es una vista en perspectiva despiezada de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1.

La figura 8 es una vista en perspectiva despiezada del rotor de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1.

15 La figura 9 es una vista en corte transversal de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1 tomada por la línea 9-9 en la figura 4.

La figura 10 es una primera vista en perspectiva del rotor de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1.

20 La figura 11 es una segunda vista en perspectiva del rotor de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1.

La figura 12 es una vista de perfil del rotor de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1.

La figura 13 es una vista en corte transversal del rotor de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1, tomada por la línea 13-13 en la figura 12.

25 La figura 14 es una vista en planta de la parte superior del rotor de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1.

La figura 15 es una vista en planta de la base del rotor de la realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se muestra en la figura 1, con una porción recortada, para mostrar la sección transversal, tomada por la línea 15-15 en la figura 12.

30 La figura 16 es una vista en planta del extremo superior de una realización de un elemento adsorbente adecuado para usar con las realizaciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se ha descrito.

La figura 17A es una vista en corte transversal de la realización del elemento adsorbente que se muestra en la figura 16, tomada por la línea 17-17.

35 La figura 17B es una vista en planta de una estructura del soporte espaciador en cruz entre las estructuras del laminado en la realización del elemento adsorbente de la figura 17A.

La figura 18 es una vista en planta de un conjunto superior de juntas estancas ejemplar, para usar entre la placa superior del estator y la placa del extremo superior del rotor en algunas realizaciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se describe.

40 La figura 19 es una vista en perspectiva despiezada del conjunto de válvulas superior que se muestra en la figura 18.

Las figuras 20A-20B son vistas en corte transversal de conjuntos de válvulas superiores, tales como la que se muestra en la figura 18, tomada por la línea 20-20.

45 La figura 21A es una vista esquemática en corte transversal que muestra las presiones actuando sobre la porción inferior del conjunto de válvulas superior que se muestra en la figura 18, durante la operación del dispositivo rotativo por oscilación de presión.

La figura 21B compara una vista esquemática en corte transversal de un conjunto de juntas estancas del estado de la técnica actual, producido a partir del documento de patente de los EE. UU. con el número US RE38493.

50 La figura 22 es un gráfico de presión adimensional frente al tiempo adimensional para un elemento adsorbente sometido a un ciclo de procesamiento compatible con algunas realizaciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se describe.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

55 Salvo que se explique lo contrario, todos los términos técnicos y científicos empleados en este documento tienen el mismo significado que entiende comúnmente una persona con los conocimientos comunes en la técnica a la cual pertenece esta invención. Los términos en singular "un", "uno/una" y "el/la" incluyen sus referentes en plural, salvo que el contexto claramente indique lo contrario. De un modo similar, la palabra "o" debe interpretarse como inclusiva de "y", salvo que el contexto claramente indique lo contrario. El término "incluye" significa "comprende". Todas las patentes y las publicaciones que aquí se mencionan se incorporan por referencia en su totalidad, salvo que se estipule de otra manera. De suscitarse un conflicto respecto del significado de un término o de una frase, prevalecerá la presente memoria descriptiva, incluidas las explicaciones de los términos. Los términos y las frases que indiquen dirección, tales como "superior", "inferior", "de arriba", "de abajo", "frontal/delantero", "posterior/trasero", "vertical" y "horizontal", se utilizan aquí para expresar y aclarar la relación entre varios elementos. Debe entenderse que tales términos no denotan una orientación absoluta (por ejemplo, un componente "vertical" puede convertirse en horizontal al hacer girar el dispositivo). Los materiales, métodos y ejemplos enumerados aquí son solo a título ilustrativo y no pretenden ser limitativos.

60

65

En el presente documento se describen realizaciones de un dispositivo rotativo por oscilación de presión, realizaciones de componentes (por ejemplo, un conjunto de juntas estancas) para usar con el dispositivo rotativo por oscilación de presión que se describe y realizaciones de un método para llevar a cabo un proceso de oscilación de presión rotativa.

Configuración del dispositivo ejemplar

Las figuras 1-15 muestran diversas vistas de una realización del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se describe. El dispositivo rotativo por oscilación de presión ilustrado 100 incluye un conjunto del rotor 102 ubicado entre un conjunto superior del estator 104 y un conjunto inferior del estator 106. El conjunto superior del estator 104 incluye un motor 108, una caja del acoplador 110 y una caja de engranajes 112. Como se observa mejor en la figura 9, el motor 108, la caja del acoplador 110 y la caja de engranajes 112 pueden utilizarse para hacer rotar un eje 114 conectado a un rotor 116 dentro del conjunto del rotor 102. Debajo del rotor 116, se extiende un cojinete de guía 117 desde el eje 114 y es recibido dentro de un anillo deslizante 118 dentro del conjunto inferior del estator 106. En algunas realizaciones, un indicador —como por ejemplo una termocupla— se conecta efectivamente al cojinete de guía 117. El indicador es de utilidad para indicar si el eje 114 queda desalineado durante la operación. Por ejemplo, si el indicador es una termocupla y el eje 114 queda desalineado, la fricción resultante sobre el cojinete de guía 117 calienta la termocupla, que entonces puede disparar una alarma y/o enviar una señal para apagar el dispositivo rotativo por oscilación de presión 100. El rotor 116 está contenido dentro de la caja del rotor 119. Las ménsulas de sostén 120 se montan a la superficie exterior de la caja del rotor 119. Alrededor del anillo deslizante 118, hay un bastidor para instrumentos 121.

El rotor 116 es de utilidad para hacer girar los elementos adsorbentes 122. La rotación del rotor 116 cicla el flujo de los fluidos a través de cada elemento adsorbente 122, a medida que un elemento adsorbente se hace girar para recibir el flujo de los fluidos a través de un puerto de fluidos. Si bien pueden implementarse diversos procesos usando las realizaciones descritas de los dispositivos rotativos por oscilación de presión, para un proceso ejemplar, cada ciclo completo incluye una etapa de adsorción a alta presión y una etapa de escape a una presión menor. Además, algunas realizaciones incluyen una o más etapas de reflujo entre la etapa de adsorción a alta presión y la etapa de escape a una presión menor. Las realizaciones también pueden incluir una o más etapas de presurización de entrada antes de la etapa de adsorción a alta presión y/o una o más etapas de purga del producto antes de la etapa de escape a baja presión. Se proveen más detalles sobre los procesos por oscilación de presión rotativos más adelante en el presente documento, bajo el subtítulo “Especificaciones ejemplares del proceso”. Pueden incluirse transductores de presión (que no se muestran) en uno o en ambos extremos de los elementos adsorbentes 122 representativos para generar datos orientados a la monitorización y calibrado de los ciclos de procesamiento. Pueden introducirse señales desde los transductores de presión en un controlador, tales como el que se puede alojar en el bastidor para instrumentos 121.

Las realizaciones ilustradas del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100 se configuran de modo tal que realicen tres ciclos PSA completos para cada rotación del rotor 116. Las trayectorias de flujo que forman cada ciclo completo ocupan una sección radial de 120° del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100. Como resultado de ello, se repiten muchos elementos del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100 en grupos de tres, con elementos similares o idénticos para cada sección. Otras realizaciones pueden configurarse para que lleven a cabo un número mayor o menor de ciclos PSA por rotación, tales como cuatro, dos o uno. Incluir más de un ciclo PSA por rotación puede ser ventajoso para la producción eficiente de los productos y para otras consideraciones del proceso, tales como para distribuir cargas de presión de un modo más uniforme alrededor de la circunferencia del dispositivo y para reducir la velocidad total de rotación del dispositivo para una velocidad dada del ciclo PSA.

Como se observa mejor en la figura 6, una mezcla de alimentación de fluidos fluye a través de un cabezal de alimentación 124 y se distribuye a cada una de las tres secciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100, mediante los conductos de alimentación 126. Un conducto de presurización de alimentación 128 nace ramificado, desde cada conducto de alimentación 126. El flujo a través de cada conducto de presurización de alimentación 128 puede controlarse mediante una válvula del conducto de presurización de alimentación 130. El conjunto inferior del estator 106 también incluye un conducto de reflujo inferior 132 para cada una de las tres secciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100. El flujo a través de cada conducto de reflujo inferior 132 puede controlarse mediante una válvula del conducto de reflujo inferior 134.

Las realizaciones ilustradas del dispositivo PSA 100 también incluyen típicamente un primer cabezal de escape 136 y un segundo cabezal de escape 138. Los cabezales de escape 136 y 138 están situados del lado opuesto del conjunto inferior del estator 106 con respecto al cabezal de alimentación 124. El primer cabezal de escape 136 recibe los gases de escape de los tres primeros conductos de escape 140. El segundo cabezal de escape 138 recibe los gases de escape de los tres segundos conductos de escape 142. Cada una de las tres secciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100 incluye un primer conducto de escape 140 y un segundo conducto de escape 142. La inclusión de dos conductos de escape por sección permite que se produzcan dos etapas de escape discretas en dos condiciones de presión diferentes, durante un ciclo. Si se utiliza un compresor de escape (no ilustrado), el hecho de tener dos etapas de escape por ciclo también permite reducir el tamaño del compresor, porque el compresor puede conectarse solamente en la segunda etapa de escape.

La configuración del conjunto superior del estator 104 se observa mejor en la figura 5. El producto sale del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100 mediante un cabezal de producción 144. El producto se introduce en el cabezal de producción 144 mediante tres conductos del producto 146, donde un conducto del producto 146 está acoplado de un modo fluido a cada una de las tres secciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100. Un conducto de presurización del producto 148 está conectado a cada uno de los conductos del producto 146. El flujo a través de cada conducto de presurización del producto 148 puede controlarse mediante una válvula del conducto de presurización del producto 150. Un conducto de purga del producto 152 se acopla de manera fluida al cabezal de producción 144 para suministrar el fluido de purga, que puede ser un fluido del producto, a los elementos adsorbentes 122. El flujo a través del conducto de purga del producto 152 puede controlarse mediante una válvula del conducto de purga del producto 154. En una realización alternativa, pueden usarse tres válvulas de conductos de purga del producto separadas para controlar tres conductos de purga del producto independientes, uno para cada una de las tres secciones en el dispositivo en general. El conjunto superior del estator 104 también incluye conductos de reflujo superiores 156. Cada sección del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100 incluye tres conductos de reflujo superiores 156; cada uno de ellos incluye una válvula del conducto de reflujo superior 158.

Con referencia a la figura 7, una vista despiezada del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100, del conjunto superior del estator 104 incluye una pieza fundida superior de transición 160 para que conecte de manera fluida diversos conductos de fluidos con el flujo que ingresa o egresa del rotor 116 (que se muestra en las figuras 8 y 9). De un modo similar, el conjunto inferior del estator 106 incluye una pieza fundida inferior de transición 162 para conectar sus varios conductos con el flujo que ingresa o egresa del rotor 116 (que se muestra en las figuras 8 y 9). Debajo de la pieza fundida superior de transición 160 y arriba de la pieza fundida inferior de transición 162 se encuentra una junta estanca hermética superior 164 y una junta estanca hermética inferior 166, respectivamente. Las juntas estancas herméticas superior e inferior 164, 166 aíslan los puertos de fluido entre sí y reducen o impiden sustancialmente las fugas de fluidos en las interfaces entre las piezas fundidas superior e inferior de transición 160, 162 y los conjuntos superior e inferior del estator 104, 106, respectivamente.

Debajo de la junta estanca hermética superior 164, el conjunto superior del estator 104 incluye una placa superior del estator 168. De un modo similar, arriba de la junta estanca hermética inferior 166, el conjunto inferior del estator 106 incluye una placa inferior del estator 170. Las placas superior e inferior del estator 168, 170 se acoplan de una manera efectiva, por ejemplo, con tornillos, a las piezas fundidas superior e inferior de transición 160, 162, respectivamente. Las placas superior e inferior del estator 168, 170 también se acoplan efectivamente a la caja del rotor 119. Tal como se muestra en la figura 11, el rotor 116 incluye una placa del extremo superior del rotor 172 y una placa del extremo del rotor inferior 174. La placa del extremo superior del rotor 172 incluye un anillo de aberturas superiores del rotor 176, como se muestra en la figura 14. La placa del extremo del rotor inferior 172 incluye varias aberturas inferiores del rotor 178 dispuestas circunferencialmente alrededor de la placa del extremo del rotor 172, como se muestra en la figura 15.

Las figuras 9 y 13 muestran cortes transversales del rotor 116. En la realización ilustrada, las aberturas superiores del rotor 176 tienen un diámetro menor que el de las aberturas inferiores del rotor 178. Esto contribuye a optimizar el flujo de los fluidos para diferentes composiciones de gas que se produzca en cada extremo del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100. Tal como se muestra en la figura 9, un conjunto superior de juntas estancas 179 se ubica entre la placa superior del estator 168 y la placa del extremo superior del rotor 172. De un modo similar, un conjunto inferior de juntas estancas 180 se ubica entre la placa inferior del estator 170 y la placa del extremo del rotor inferior 174.

Una vez más con referencia a las figuras 9 y 13, las aberturas superiores del rotor 176 se acoplan de manera fluida a los extremos superiores de los elementos adsorbentes 122 dentro del rotor 116, mediante y múltiples superiores 181. De un modo similar, las aberturas inferiores del rotor 178 se acoplan de manera fluida a los extremos inferiores de los elementos adsorbentes 122 dentro del rotor 116, mediante y múltiples inferiores 182. Los y múltiples superiores e inferiores 181, 182 permiten que dos elementos adsorbentes 122 paralelos funcionen esencialmente como uno solo. Por ejemplo, el flujo entre un único par de aberturas superiores e inferiores del rotor 176, 178 puede dividirse entre dos elementos adsorbentes 122 paralelos. En otras realizaciones, las aberturas superiores e inferiores del rotor 176, 178 pueden comunicarse solo con un elemento adsorbente 122 por vez o pueden comunicarse con tres, cuatro o más elementos adsorbentes en simultáneo.

La eficiencia de compactación puede mejorarse usando un mayor número de elementos adsorbentes 122 relativamente pequeños en múltiples filas, más que un menor número de elementos adsorbentes relativamente grandes, dispuestos en una sola fila. En la realización ilustrada (véase, por ejemplo, la figura 8), cada una de las tres secciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100 incluye 14 pares de elementos adsorbentes 122 o 28 elementos adsorbentes individuales. De esta manera, el dispositivo rotativo por oscilación de presión 100 en general incluye 42 pares de elementos adsorbentes 122 u 84 elementos adsorbentes individuales. Por supuesto que las diversas realizaciones pueden tener números diferentes de elementos adsorbentes en distintas disposiciones espaciales. Se consideran muchas características de diseño del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100 a la hora de seleccionar la disposición de los elementos adsorbentes 122. Tales características incluyen el diámetro total del círculo primitivo de las juntas estancas herméticas superior e inferior 164, 166, la velocidad de rotación, la

eficiencia del flujo de gas y volumen de gas muerto.

La figura 8 es una vista despiezada del rotor 116. Tal como se muestra, un anillo de tirantes internos 184 y un anillo de tirantes externos 186. Cada uno de los tirantes internos y externos 184, 186 incluye un eje central roscado 190 parcialmente inserto dentro de una vaina espaciadora 192. Los extremos de los ejes centrales 190 se proyectan más allá de los extremos de las vainas espaciadoras 192. Los tirantes internos y externos 184, 186 se fijan en su extremo superior y en su extremo inferior con tuercas 188 que se comprimen contra las superficies externas de las placas superior e inferior del extremo del rotor 172, 174, respectivamente. Una vez fijos, los extremos superior e inferior de las vainas espaciadoras 192 se comprimen contra las superficies internas de las placas superior e inferior del extremo del rotor 172, 174, respectivamente. Esto permite el control preciso de la posición y chatura de las placas superior e inferior del extremo del rotor 172, 174 sin incluir cargas no deseadas sobre los elementos adsorbentes 122.

La figura 15 incluye un recorte parcial que muestra la disposición de los elementos adsorbentes 122 en el rotor 116 para la realización ilustrada del dispositivo PSA 100. Tal como se ha comentado anteriormente, los elementos adsorbentes 122 pueden disponerse por pares. La eficiencia de compactación puede mejorarse disponiendo los pares en un patrón anidado, interconectado y radial. Con fines ilustrativos, una primera caja 194 abarca un par interno de elementos adsorbentes 122A, 122B, y una segunda caja 196 abarca un par externo de elementos adsorbentes 122C, 122D. Los elementos adsorbentes 122 del par interno y los elementos adsorbentes del par externo se comunican con las aberturas superiores e inferiores adyacentes del rotor 176, 178. La primera y la segunda cajas 194, 196 se superponen. De esta manera, una porción del elemento adsorbente 122A en el par interno se ubica entre los elementos adsorbentes 122C, 122D en el par externo, y una porción del elemento adsorbente 122D en el par externo se ubica entre elementos adsorbentes 122A, 122B en el par interno. La configuración anidada permite un empaque más apretado de los elementos adsorbentes 122 de lo que sería posible si los pares de elementos adsorbentes estuviesen dispuestos en un anillo uniforme y permite un flujo uniforme de los fluidos hacia todos los elementos adsorbentes 122.

Con referencia a las figuras 9 y 13, la comunicación entre los anillos de las aberturas superiores e inferiores del rotor 176, 178 y los pares escalonados de los elementos adsorbentes 122 se logra mediante la orientación y disposición de los y-colectores superiores e inferiores 181, 182. Específicamente, los y-colectores superiores e inferiores 181, 182 están escalonados y cada uno de los y-colectores superiores e inferiores está volcado sobre su eje vertical con respecto a los y-colectores adyacentes. El colector superior 181 incluye los canales de fluidos 183, 185 de diferentes longitudes. De un modo similar, colector inferior 182 incluye los canales de fluidos 187, 189 de diferentes longitudes. Dado que cada uno de los y-colectores superiores e inferiores 181, 182 incluye dos canales de flujo de diferentes longitudes, el hecho de escalonarlos y volcarlos sobre sí en sus ejes verticales permite que todas las trayectorias de flujo terminen en un anillo uniforme. Las vistas en corte transversal de las figuras 9 y 13 ilustran este punto. En las figuras 9 y 13, los elementos adsorbentes 122A, 122B del lado izquierdo del rotor 116 representan un par interno, en tanto que los elementos adsorbentes 122C, 122D del lado derecho del rotor representan un par externo. Los y-colectores superiores e inferiores 181, 182 de la izquierda tienen canales de flujo más largos que ingresan al elemento adsorbente 122 que está más cercano al eje 114 y canales de flujo más cortos que ingresan al elemento adsorbente por una mayor distancia desde el eje 114. En contraste, los y-colectores superiores e inferiores 181, 182 de la derecha tienen canales de flujo más cortos, que ingresan al elemento adsorbente 122 más cercano al eje 114 y canales de flujo más largos que ingresan al elemento adsorbente por una mayor distancia desde el eje 114. Como resultado de esta configuración, todos los canales de flujo 185, 187 terminan en anillos uniformes alineados con las aberturas superiores e inferiores del rotor 176, 178.

Elementos adsorbentes ejemplares

Las figuras 16 y 17 ilustran una realización de un elemento adsorbente adecuada para usar con las realizaciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se describe. Tal como se muestra en la figura 17A, el elemento adsorbente 200 incluye varios lechos adsorbentes. Por ejemplo, una realización incluye un primer adsorbente radial 202, un segundo adsorbente radial 204, un tercer adsorbente radial 206, y un cuarto adsorbente radial 208. El primer, el segundo, el tercer y el cuarto adsorbentes radiales 202, 204, 206, 208 son planchas laminadas enrolladas concéntricamente alrededor del primer, del segundo, del tercer y del cuarto mandriles 210, 212, 214, 216, respectivamente. Es posible usar espaciadores opcionales para separar los adsorbentes. Por ejemplo, tres cruces espaciadoras epoxi 218 se ubican entre el primer y el segundo adsorbentes radiales 202, 204, el segundo y el tercer adsorbentes radiales 204, 206, y el tercer y cuarto adsorbentes radiales 206, 208, respectivamente. Las cruces espaciadoras epoxi 218 ayudan a prevenir el desplazamiento axial de las planchas laminadas como resultado de las fluctuaciones de presión. El elemento adsorbente 200 incluye un conector del lecho de alimentación 220 adyacente al primer adsorbente radial 202, y un conector del lecho del producto 222 adyacente al cuarto adsorbente radial 208.

Un tirante 224 se extiende entre el conector del lecho de alimentación 220 y el conector del lecho del producto 222, a través del primer, segundo, tercer y cuarto mandriles 210, 212, 214, 216. Dos piezas de sujeción, tales como las tuercas 226, en cada extremo del tirante 224, se comprimen contra las salientes ahuecadas 227 del conector del lecho de alimentación 220 y del conector del lecho del producto 222, respectivamente. De esta manera, es posible aplicar una fuerza de compresión a los componentes internos del elemento adsorbente 200 a lo largo del tirante 224, ajustando una o las dos tuercas 226. El bastidor 228 se extiende alrededor de los componentes internos del

elemento adsorbente 200 entre el conector del lecho de alimentación 220 y el conector del lecho del producto 222. Dos juntas tóricas del bastidor 230 se ubican alrededor del conector del lecho de alimentación 220 y el conector del lecho del producto 222, respectivamente, para facilitar la tarea de sellar de un modo fluido el bastidor 228 con el conector del lecho de alimentación y el conector del lecho del producto. De un modo similar, dos juntas tóricas del conector 232 se ubican alrededor del conector del lecho de alimentación 220 y del conector del lecho del producto 222, respectivamente, para facilitar la tarea de sellar de un modo fluido el conector del lecho de alimentación y el conector del lecho del producto con otras porciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100 en general. Por ejemplo, en el dispositivo rotativo por oscilación de presión 100, el conector del lecho de alimentación 220 y el conector del lecho del producto 222 pueden sellarse en un y-colector inferior 182 (figura 9) y un y-colector superior 181 (figura 9), respectivamente.

Tal como se muestra en la figura 17A, las realizaciones de los elementos adsorbentes (por ejemplo, el elemento adsorbente 200 ilustrado) adecuadas para usar con las realizaciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se describe 100 típicamente incluyen dos o más secciones, y cada una de ellas puede contener un material adsorbente diferente o una combinación distinta de materiales adsorbentes. Tal como se usa en el presente documento, la frase "material adsorbente" se refiere a tipos particulares de adsorbentes y a combinaciones particulares de tipos de materiales adsorbentes. Los materiales adsorbentes pueden seleccionarse para ciertas funciones, tales como para separar los hidrocarburos de los fluidos que contienen hidrógeno. Por ejemplo, una serie de materiales adsorbentes puede seleccionarse de manera tal que adsorban progresivamente los hidrocarburos más livianos, dejando un producto de hidrógeno. Los materiales adsorbentes pueden disponerse por orden de afinidad con los hidrocarburos: el material adsorbente que tiene la menor afinidad con los hidrocarburos se sitúa más cerca de la entrada de alimentación del elemento adsorbente que el material adsorbente que tiene la mayor afinidad con los hidrocarburos. Los materiales adsorbentes también se pueden usar con distintos fines, por ejemplo, para adsorber contaminantes particulares, tales como el agua. Cada adsorbente también puede incluir combinaciones de materiales adsorbentes.

Las secciones adsorbentes descritas en este documento que comprenden diversos materiales adsorbentes pueden comprender los materiales adsorbentes en cualquier concentración mayor que cero. En algunas realizaciones, no obstante ello, las secciones adsorbentes comprenden los materiales adsorbentes especificados en una concentración superior al 30 % aproximadamente, superior al 50 % aproximadamente, superior al 70 % aproximadamente, superior al 90 % aproximadamente o superior al 95 % aproximadamente.

Los diferentes tipos de materiales adsorbentes adecuados para usar en las realizaciones del elemento adsorbente descrito incluyen, sin limitación: alúmina, sílice, carbón activado, zeolitas y mezclas y derivados de los mismos. Hay muchas variaciones diferentes de cada uno de estos tipos de materiales adsorbentes disponibles. Por ejemplo, algunas realizaciones descritas incluyen carbón activado que tienen diferentes áreas de superficie. Los diferentes materiales adsorbentes tienen diferentes afinidades para los componentes fluidos particulares. Por ejemplo, la alúmina, la sílice y el carbón activado tienen afinidades crecientes para los hidrocarburos.

Algunas realizaciones descritas incluyen al menos un material adsorbente que tiene una baja afinidad para un componente fluido en particular, al menos un material adsorbente que tiene una afinidad intermedia para el componente fluido, y al menos un material adsorbente que tiene una alta afinidad para el componente fluido. En las realizaciones en las cuales el elemento adsorbente está configurado para adsorber múltiples componentes fluidos (por ejemplo, hidrocarburos), el material adsorbente de baja afinidad se puede usar para adsorber los componentes fluidos más pesados, el material adsorbente de afinidad intermedia se puede usar para adsorber los componentes fluidos de un peso intermedio y el material adsorbente de alta afinidad se puede usar para adsorber los componentes fluidos más livianos.

Algunas de las realizaciones descritas de los elementos adsorbentes incluyen alúmina, sílice y carbón activado. Por ejemplo, algunas realizaciones incluyen alúmina, sílice y dos tipos de carbón activado con afinidades crecientes para los hidrocarburos. Se ha descubierto que esta combinación, ubicada en orden desde la entrada de alimentación del elemento adsorbente hasta la salida del elemento adsorbente, es particularmente efectiva para separar los hidrocarburos de los fluidos que comprenden hidrocarburos e hidrógeno. Cada uno de estos materiales adsorbentes puede usarse en las secciones del elemento adsorbente ya sea solo o como parte de una mezcla. Por ejemplo, un elemento adsorbente segmentado puede incluir, ubicado en orden desde su entrada de alimentación hasta su salida, (1) una sección que comprenda alúmina, (2) una sección que comprenda alúmina y sílice, (3) una sección que comprenda sílice, (4) una sección que comprenda sílice y carbón activado y (5) una sección que comprenda carbón activado.

El material adsorbente puede incorporarse en las realizaciones descritas de los elementos adsorbentes en diversas formas. En algunas realizaciones, el material adsorbente está en forma de gránulos. En otras realizaciones, el material adsorbente está en una forma laminada. Tal como se usa en el presente documento, el término "laminado" se refiere a una estructura formada a partir de un material de soporte y al menos un material adsorbente, y tal vez otros materiales, (por ejemplo, catalizadores), sobre los cuales, alrededor de los cuales o a través de los cuales una mezcla de gases pueda hacerse fluir para la adsorción de gas, para la separación y/o para una reacción química de la fase gaseosa. Los laminados pueden enrollarse, apilarse o acomodarse de otra manera dentro de un elemento

adsorbente para proveer el área de superficie y la caída de presión deseadas. En general, los laminados permiten el ciclado rápido y el intercambio gaseoso.

Las estructuras del laminado son particularmente muy adecuadas para usar en elementos adsorbentes segmentados. A diferencia de las perlas y otras formas adsorbentes en gránulos, los laminados típicamente pueden adoptar formas cohesivas. Por ejemplo, las múltiples secciones del laminado pueden moldearse y luego colocarse extremo con extremo dentro de una carcasa. Es posible usar espaciadores para definir una separación consistente entre las capas del laminado. Los laminados, por lo general, minimizan las resistencias de transferencia de masa al proveer una alta relación área de superficie a volumen y al proveer una estructura con un espesor uniforme y mínimo para sustentar el material adsorbente. Los laminados aprovechan con eficiencia cantidades limitadas de material adsorbente, de modo que por lo general, son también beneficiosas con respecto al tamaño, al peso y al costo. Además, los laminados y espaciadores típicamente brindan una estructura que es más robusta que el material adsorbente compactado en forma de perlas o peletizados, que es importante en aplicaciones caracterizadas por vibración frecuente y severa y carga de choque, como las aplicaciones PSA.

Los laminados en las realizaciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se describe pueden ser, por ejemplo, láminas de material adsorbente inmovilizado con las que se recubre la malla metálica. El espesor de estas láminas puede variar, dependiendo del tipo de material adsorbente. Por ejemplo, los laminados de alúmina activada pueden ser de alrededor de 0,0065 pulgadas de espesor y otros laminados pueden alcanzar un espesor aproximado de 0,0105 pulgadas. Los laminados en las realizaciones descritas de los elementos adsorbentes pueden disponerse en diversas formas, tales como apilados o arrollados en espiral. Es posible incluir una capa espaciadora entre los laminados. Por ejemplo, algunas realizaciones incluyen una malla metálica no recubierta como un material espaciador arrollado entre las láminas del material adsorbente inmovilizado. El espesor de la capa espaciadora puede variar, dependiendo del tipo de material adsorbente sobre los laminados. Por ejemplo, el espesor de la capa espaciadora puede ser de alrededor de 0,007 pulgadas para los laminados de alúmina activada y de aproximadamente 0,0059 para los laminados fabricados con otros materiales adsorbentes.

Los ejemplos adicionales de adsorbentes, catalizadores y estructuras adecuados del laminado para usar con elementos adsorbentes del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se describe se proveen en los documentos de patente de los EE. UU. con los números 4.702.903, 4.801.308 y 5.082.473 y en la publicación de solicitud de patente de los EE. UU. con el número 2002/0170436.

La mayor amenaza contra la durabilidad de las estructuras del laminado, por lo general, es el desplazamiento de una capa del laminado con relación a una capa del laminado adyacente. El desplazamiento puede tener lugar como respuesta a las fuerzas asociadas con el cambio reiterado de la dirección de flujo de los fluidos a través de las estructuras del laminado. Las estructuras enrolladas en espiral del laminado son particularmente susceptibles al desplazamiento axial, que puede ocurrir, por ejemplo, al extender a modo de telescopio de los anillos anidados de las capas del laminado. El desplazamiento produce una abrasión que puede dañar los espaciadores y/o los materiales adsorbentes. La abrasión continua puede reducir la vida operativa del elemento adsorbente.

En algunas realizaciones, se incluyen estructuras de soporte para reducir el desplazamiento. Los ejemplos de las estructuras de soporte incluyen las cruces espaciadoras epoxi 218 que se ilustran mejor en las figuras 17A y 17B. Tales estructuras de soporte pueden ubicarse entre múltiples estructuras del laminado separadas o en uno o ambos extremos de estructuras del laminado individuales. Las estructuras de soporte típicamente incluyen una o más porciones elongadas 218a (por ejemplo, púas) que se extienden a través de la cara de las estructuras del laminado sustancialmente perpendiculares a la dirección del posible desplazamiento, tales como la dirección axial de las estructuras del laminado enrolladas en espiral o la dirección de flujo de los fluidos a través del elemento adsorbente. Estas porciones elongadas pueden ser rígidas o flexibles y tener un tamaño tal que minimice la alteración del flujo de los fluidos a través del elemento adsorbente en general.

Las estructuras de soporte pueden estar adheridas a una de las estructuras del laminado adyacentes, a dos o a ninguna de ellas. En algunas realizaciones, tales como el elemento adsorbente 200 ilustrado en las figuras 16 y 17A, las estructuras de soporte comprenden un material adhesivo, tales como un epoxi, capaz de adherirse a una o a ambas estructuras del laminado adyacentes. El material adhesivo puede activarse, por ejemplo, calentando el elemento adsorbente en general, por ejemplo, mientras se activan los materiales adsorbentes. Las estructuras de soporte también pueden consistir exclusivamente en un material adhesivo, tal como un epoxi. Los materiales adhesivos a menudo pueden aplicarse convenientemente a las caras de las estructuras del laminado, tales como por deposición en forma de gel. Entonces, puede permitirse que estos materiales se endurezcan hasta que ganen la suficiente fortaleza como para resistir el desplazamiento del laminado.

Una realización preferida comprende estructuras del soporte espaciador en cruz 218 que se forman aplicando resina epoxi líquida a los extremos de las estructuras del laminado en forma de una cruz. Es posible emplear un modelo para facilitar la tarea de aplicar las perlas de epoxi, a fin de formar una forma en cruz apropiada 218a. El epoxi también se aplica para formar un sello hermético contra un mandril central 210 (como se discutirá en mayor detalle a continuación). La resina epoxi puede hacer su camino hasta un punto significativo en los extremos de la estructura del laminado enrollada y, después del curado, proveer así un soporte útil para evitar el colapso de los bobinados en

los extremos. Esta puede ser una mejora significativa respecto de simplemente usar soportes preformados, dado que estos no ofrecen un soporte entre las vueltas del bobinado real de la estructura del laminado en sí.

5 Pueden conectarse mandriles —tales como los mandriles 210, 212, 214, 216 del elemento adsorbente 200— en las superficies internas de las estructuras del laminado e impedirles el movimiento axial. Esto ayuda a mantener las estructuras del laminado en su lugar. Esta conexión puede lograrse por cualquier medio adecuado; por ejemplo, mediante el uso de un adhesivo. Además, pueden utilizarse bastidores de elementos adsorbentes para ayudar a mantener las estructuras del laminado en una posición deseada. Por ejemplo, una estructura del laminado puede colocarse en un bastidor y luego se puede aplicar una fuerza compresiva concéntrica sustancialmente uniforme al bastidor para deformarlo alrededor de la estructura del laminado, para reducir o evitar sustancialmente el movimiento axial del bobinado. Para reducir aún más o evitar sustancialmente el movimiento de las estructuras del laminado y para reducir o evitar sustancialmente que el gas fluya fuera del bastidor, puede colocarse una perla de un material, como un material cerámico, alrededor de la circunferencia interna de la carcasa. En el elemento adsorbente 200, es posible ubicar un filtro para que entre en contacto con esta perla. Pueden emplearse otros métodos de sujeción también, tales como un resalto de apoyo incorporado en la carcasa. Los selladores adecuados para unir las estructuras del laminado a las carcasas incluyen; resinas epoxi, tales como el epoxi LOCTITE® HYSOL® E-120 HP, comercializado por Henkel Corporation (Rocky Hill, Connecticut). Para aplicaciones a altas temperaturas (por ejemplo, superiores a 130 °C aproximadamente), los selladores adecuados incluyen PYRO-PUTTY® 653 comercializado por Aremco Products, Inc. (Valley Cottage, NY).

10 Los mandriles, los bastidores y otros componentes (por ejemplo, las estructuras de soporte) de los elementos adsorbentes descritos pueden fabricarse con diversos materiales, tales como metales y aleaciones de metales (por ejemplo, acero inoxidable), cerámicos y/o materiales poliméricos. En algunas realizaciones, la carcasa y/o el mandril tienen una conductividad térmica a temperatura ambiente de entre aproximadamente 10 y alrededor de 1000 W/(m·°C), tales como entre aproximadamente 20 y alrededor de 1000 W/(m·°C) o entre aproximadamente y alrededor de 1000 W/(m·°C). Los materiales adsorbentes usados para formar estructuras del laminado pueden activarse, de ser necesario, después de la inserción en el bastidor. En tales casos, tanto el bastidor como el mandril son lo suficientemente robustos como para soportar la temperatura adsorbente-de activación; por ejemplo, temperaturas de alrededor de 250 °C y superiores. Para los materiales adsorbentes que se pueden activar a temperaturas menores, el material usado para formar la carcasa y el mandril pueden ser otros que no sean metales, aleaciones de metales, cerámicos, etc.

Juntas estancas ejemplares

15 Las figuras 18-21 ilustran una realización del conjunto superior de juntas estancas 179 que se muestra en la figura 9. En el dispositivo rotativo por oscilación de presión 100, el conjunto superior de juntas estancas 179 se une a la placa superior del estator 168 y queda fijo durante la operación. En otras realizaciones, el conjunto superior de juntas estancas 179 puede unirse a la placa del extremo superior del rotor 172 y girar durante la operación. El conjunto inferior de juntas estancas 180 es comparable en cuanto a la estructura al conjunto superior de juntas estancas 179, por lo que solo se ilustra y describe de manera detallada el conjunto superior de juntas estancas. Sin embargo, ambos conjuntos funcionan como parte de las válvulas distribuidoras rotativas para distribuir los gases hacia y desde los diversos elementos adsorbentes en los momentos apropiados durante el ciclo de oscilación de presión, e incluso así proveer una junta estanca adecuada que impide la fuga de estos gases. A medida que el rotor gira entre los conjuntos de juntas estancas, la acción de las válvulas comienza cuando las aberturas de los estatores y del rotor entran y luego salen de su alienación.

20 Tal como se muestra en la figura 19, el conjunto superior de juntas estancas 179 incluye una porción superior 300 y una porción inferior 302. La porción superior 300 también se puede denominar "soporte de estanqueidad" y la porción inferior 302 también se puede denominar "junta estanca flotante". La porción superior 300 incluye unas aberturas 303 (donde solo una abertura se numera en las figuras 18 y 19), correspondientes a las aberturas en la placa superior del estator 168. Los gases de procesamiento fluyen a través de las aberturas 303 durante la operación del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100. La porción inferior 302 incluye las proyecciones 304 (una numerada en la figura 19) que se extienden hacia arriba desde una base 306. Los puertos de flujo 307 (uno numerado en la figura 19) correspondientes a las aberturas 303 en la porción superior 300 se extienden por toda la porción inferior 302.

25 Las proyecciones 304 pueden tener formas y tamaños diversos, tal como se ilustra en la figura 19, para que entren dentro de unas cavidades 305 definidas individualmente en la parte inferior de la porción superior 300. Las figuras 20A y 20B son vistas en corte transversal que ilustran esta relación de una mejor manera. La figura 20A muestra una vista tomada a través de una proyección 304, en un lugar que carece de puerto de flujo. La figura 20B muestra una vista tomada por una proyección 304, en un lugar donde hay un puerto de flujo 307. La cara obturadora 309 también es más ancha en la figura 20A que en la figura 20B. En cada figura, la porción inferior 302 está libre para moverse en sentido vertical con relación a la porción superior 300 en respuesta a las fuerzas de presión. Debajo de la base 306, la porción inferior 302 incluye una porción de desgaste 308 con una cara obturadora 309. Se produce un contacto por deslizamiento con la placa del extremo superior del rotor 172 en la cara obturadora 309. La proyección 304 tiene una superficie superior 310, y las porciones de la base 306 a cada lado de la proyección forman los resaltes 312.

Tal como se muestra en las figuras 20A y B, hay una primera cámara 314 entre la superficie superior 310 de la proyección 304 y la porción superior 300. Las figuras 20A y B también muestran una segunda cámara 316, entre los resaltes 312 y la porción superior 300. La segunda cámara 316 está sustancialmente sellada de manera tal que la presión en la segunda cámara pueda controlarse de un modo independiente. Tal como se muestra en las figuras 19 y 20A y B, las juntas tóricas internas y externas que sellan la base 318, 320 rodean a las superficies internas y externas, respectivamente, de la base 306 de la porción inferior 302 completa. Las juntas tóricas que sellan las proyecciones 322 (una numerada en la figura 19) rodean las superficies laterales de cada proyección 304 individual. Tomadas en conjunto, las juntas tóricas internas y externas que sellan la base 318, 320 y las juntas tóricas que sellan las proyecciones 322 sellan las porciones ilustradas de la segunda cámara 316, que se conectan mediante espacios entre las proyecciones 304. Además, la primera cámara 314 por encima de cada proyección individual está sellada respecto de las primeras cámaras que están por encima de las proyecciones adyacentes mediante las juntas tóricas que sellan las proyecciones 322 y los divisores (que no se muestran) entre las cavidades definidas individualmente en la parte inferior de la porción superior 300. Un puerto de presurización 324 (figuras 18 y 19) se acopla de manera fluida a una fuente de gas a alta presión (por ejemplo, nitrógeno de 100 psi) y a la segunda cámara 316. Típicamente, una presión apropiada en la segunda cámara 316 se determina durante la preparación inicial, en ciertos casos, monitorizada a intervalos programados con posterioridad. Sin embargo, es posible que un operador pueda llevar un seguimiento de la presión en la segunda cámara 316 de manera continua o casi continua y reducir o incrementar la presión según sea necesario, mediante el puerto de presurización 324.

Resulta ventajoso proporcionar una fuerza de cierre apropiada en la cara obturadora 309 para evitar la pérdida sustancial de material, aunque minimizando la fricción que puede incrementar el torque y causar un desgaste excesivo sobre las partes deslizantes. El conjunto superior de juntas estancas 179 ilustrado incluye varias características que facilitan el hecho de lograr una fuerza de cierre apropiada. La figura 21A es una vista esquemática en corte transversal que muestra las presiones que actúan sobre las diferentes superficies de la porción inferior 302 durante la operación del dispositivo rotativo por oscilación de presión 100. Como en la sección en cruz que se muestra en la figura 20B, la figura 21A muestra un puerto de flujo 307 que atraviesa el centro de la porción inferior 302. Las flechas 326 (una numerada en la figura 21A) indican la "presión de procesamiento", que es la presión del gas de procesamiento sobre las superficies superiores 310 de las proyecciones 304. Esta presión se ejerce cuando el gas de procesamiento ingresa a la primera cámara (cámara de gas de procesamiento) 314 y fluye a través del puerto de flujo 307 hacia el rotor 116. La presión del gas de procesamiento varía en gran medida en las diferentes etapas del ciclo PSA, de manera que la presión de procesamiento indicada por las flechas 326 también varía. Las flechas 328 (una numerada en la figura 21A) indican la "presión de activación", que es la presión del gas que se encuentra en la segunda cámara (cámara de gas de activación) 316 contra los resaltes 312. Las flechas 330 (una hacia arriba y una hacia abajo numeradas en la figura 21A) indican la "presión de abertura", que es la presión contra la cara obturadora 309 y la placa del extremo superior del rotor 172 que se ejerce por la pérdida del gas de procesamiento. En el ejemplo ilustrado, la presión de abertura disminuye con una mayor distancia desde el puerto de flujo 307, tal como se indica por las longitudes relativas de las flechas 330.

Directamente adyacente al puerto de flujo 307, la presión de abertura es sustancialmente equivalente a la presión de procesamiento. En el borde más alejado de la cara obturadora 309, la presión de abertura es sustancialmente igual a la presión ambiental (P_0), tales como la presión dentro de la caja del rotor 119. La presión de abertura en la cara obturadora 309 desde el puerto de flujo 307 hasta el borde más alejado puede reducirse, de acuerdo con una variedad de perfiles. En algunas implementaciones, el perfil es lineal, tal como se muestra por la línea 332 en la figura 21A. El perfil también puede ser convexo o cóncavo, tal como se muestra por las líneas 334 y 336, respectivamente. En la realización de las figuras 1-19, el perfil coincide con la línea convexa 334. La presión de abertura total en la cara obturadora 309 desde el puerto de flujo 307 hasta el borde más alejado se puede calcular usando modelado. Los modelos apropiados se describen, por ejemplo, en Alan O. Lebeck, *Principles and Design of Mechanical Face Seals*, John Wiley & Sons, Inc. (1991), que se incorpora en la presente por referencia. En algunas implementaciones, la presión de abertura ($P_{Opening}$) en cualquier (R) por el ancho de la cara obturadora 309 se expresa mediante la siguiente ecuación (1):

$$P_{Opening} = \sqrt{\frac{(P_1^2 - P_0^2) \cdot (R_0 - R)}{(R_0 - R_1)} + P_0^2}$$

(1)

En la ecuación (1), P_1 es la presión adyacente al puerto de flujo 307, P_0 es la presión en el borde más alejado de la cara obturadora 309, R_1 es el radio adyacente al puerto de flujo 307, y R_0 es el radio en el borde más alejado de la cara obturadora. La presión de abertura total también se puede determinar de manera empírica, por ejemplo, midiendo la presión a través de los puertos de presión (que no se muestran) en el ancho de la cara obturadora 309.

Tanto la presión de procesamiento ($P_{Process}$) como la presión de activación ($P_{Activation}$) incrementan la fuerza de cierre neta ($F_{NetClose}$), porque empujan la cara obturadora 309 hacia abajo. En contraste, la presión de abertura ($P_{Opening}$) reduce la fuerza de cierre neta, porque empuja la cara obturadora 309 hacia arriba. La fuerza de cierre neta puede

calcularse usando las siguientes ecuaciones:

$$(2) \quad F_{NetClose} = F_{Close} - F_{Open}$$

5

(3)

$$F_{NetClose} = P_{Process} \cdot A_{Process} + P_{Activation} \cdot A_{Activation} - \int_{P_{Process}}^{P_0} P_{Opening} dA_{Opening}$$

10

En la ecuación (3), $A_{Process}$ es el área de las superficies superiores 310 de las proyecciones 304, $A_{Activation}$ es el área de los resaltes 312, $A_{Opening}$ es el área de la cara obturadora 309 (que típicamente es igual a $A_{Process} + A_{Activation}$), y P_0 es la presión dentro de la caja del rotor 119.

15

Una fuerza de cierre neta objetivo puede calcularse considerando los factores competitivos de reducir el desgaste de la junta estanca, reducir el torque y reducir la fuga de gas de procesamiento. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la fuerza de cierre neta objetivo se calcula localmente (es decir, para cada proyección 304), según la siguiente fórmula:

$$(4) \quad F_{NetClose} = 0.1 \cdot P_{Process} \cdot (A_{Process} + A_{Activation})$$

20

25

En la ecuación (4), la presión de cierre neta a través del ancho de la cara obturadora 309 se establece en el 10 % de la presión de procesamiento. La fuerza de cierre neta es igual a la presión de cierre neta, multiplicada por el área de la cara obturadora (que es igual a $A_{Process} + A_{Activation}$). Dado que la presión de procesamiento típicamente varía alrededor de la circunferencia del conjunto superior de juntas estancas 179, si se calcula localmente, la fuerza de cierre neta también varía. En las áreas de alta presión de procesamiento, la fuerza de cierre neta será mayor que en las áreas de baja presión de procesamiento.

30

La figura 21A muestra la placa del extremo superior del rotor 172 y las flechas 338 (una ascendente y una descendente numeradas en la figura 21A) representan la presión de cierre neta según la ecuación (4) contra la cara obturadora 309 y contra la placa del extremo superior del rotor 172. El huelgo entre la placa del extremo superior del rotor 172 y la cara obturadora 309 está exagerado, para dar lugar a las flechas de la presión de abertura 330 y a las flechas de la presión de cierre neta 338.

35

40

45

Las variables que se pueden ajustar para lograr la fuerza de cierre neta objetivo incluyen la presión de activación y la relación del área de procesamiento al área de activación. Típicamente, la presión de activación se fija de modo tal que sea igual alrededor de toda la circunferencia del conjunto superior de juntas estancas 179. La presión de procesamiento, sin embargo, típicamente cambia en posiciones diferentes alrededor de la circunferencia del conjunto superior de juntas estancas 179. Para alcanzar la fuerza de cierre neta objetivo localmente, la relación del área de procesamiento al área de activación puede variar. En el conjunto superior de juntas estancas 179 que se muestra en las figuras 18 y 19, cada proyección 304 representa una posición separada alrededor del conjunto donde la relación del área de procesamiento al área de activación puede modificarse para lograr la fuerza de cierre neta objetivo. Tal como se ha debatido con anterioridad, la primera cámara 314 encima de cada proyección 304 está sellada respecto de las primeras cámaras 314 que están por encima de las proyecciones adyacentes. Tal como se muestra en la figura 19, las dimensiones y las áreas de la superficie de las proyecciones 304 varían considerablemente. De un modo alternativo, en algunas realizaciones, solo la fuerza de cierre neta promedio se toma en cuenta. Es decir, la fuerza de cierre neta objetivo puede fijarse de modo tal que sea constante alrededor de la circunferencia del conjunto superior de juntas estancas 179 (es decir, igual para cada proyección 304 y que no varíe con la $P_{Process}$).

50

55

En estas realizaciones, las áreas de las superficies de la cara obturadoras 309 pueden permanecer constantes alrededor de la circunferencia del conjunto superior de juntas estancas 179 e iguales a la suma de $A_{Process}$ (el área de las superficies superiores 310) y $A_{Activation}$ (el área de los resaltes 312). Sin embargo, tal como se ilustra en las figuras 20A y B, estas áreas pueden usarse como una variable para controlar la presión de contact y para optimizar el torque y el desgaste. Ciertas realizaciones (por ejemplo, la figura 20B) pueden tener, por lo tanto, un área de las caras obturadoras 309 menor que la suma de $A_{Process}$ y $A_{Activation}$ (es decir, donde el ancho de la porción de desgaste 308 es menor que la base 306 en la figura 21A). En otras realizaciones menos preferidas, el área de las caras obturadoras 309 puede ser mayor que la suma de $A_{Process}$ y $A_{Activation}$ (es decir, donde el ancho de la porción de

desgaste 308 supera al de la base 306 en la figura 21A). E incluso más, las áreas de las caras obturadoras pueden variar alrededor de la circunferencia del conjunto de juntas estancas.

Es posible usar diversos materiales en las realizaciones del conjunto superior de juntas estancas 179. Las propiedades de los materiales, tales como el coeficiente de expansión térmica, la rigidez (módulo y espesor) y la conductividad térmica son factores útiles para considerar. La rigidez general de la porción inferior 302 típicamente promueve la operación estable con el tiempo. Sin embargo, conviene cierta flexibilidad, para subsanar las imperfecciones en la chatura de la placa del extremo superior del rotor 172. En algunas realizaciones, la porción inferior 302 es más rígida en las áreas que rodean los puertos de flujo 307 y menos rígida desde los puertos de flujo. Por ejemplo, la porción inferior 302 por encima de la porción de desgaste 308 puede tener forma de panal de abejas, con travesaños más gruesos alrededor de los puertos de flujo 307 y travesaños más finos en aquellas áreas que están más alejadas de los puertos de flujo. En algunas realizaciones, la porción de desgaste 308 se fabrica con uno o más materiales poliméricos, tales como politetrafluoroetileno cargado, y el resto de la porción inferior 302 se fabrica con un metal, una aleación de metales o combinaciones de ellos, tales como, acero al carbono. La porción de desgaste 308 puede acoplarse al resto de la porción inferior 302 por cualquier medio adecuado; por ejemplo, usando epoxi. La porción superior 300 y otras estructuras circundantes pueden fabricarse de materiales adecuados, tales como metales o aleaciones de metales. Por ejemplo, la porción superior 300 puede fabricarse en acero al carbono y las otras porciones circundantes (por ejemplo, la placa del extremo superior del rotor 172) pueden fabricarse en hierro fundido.

El conjunto de juntas estancas descrito anteriormente difiere de los diseños de la técnica anterior, en particular porque la presión de gas que no deriva de los gases de procesamiento, también se usa para balancear las presiones para el conjunto de juntas estancas. Los diseños de la técnica anterior usaban, en cambio, dispositivos mecánicos, tales como resortes. Obsérvese que en la presente invención y en los diseños de la técnica anterior, los gases de procesamiento se emplean para proveer presiones de equilibrio variables alrededor del conjunto de juntas estancas. Sin embargo, típicamente también se proveen presiones de equilibrio fijas adicionales para asegurarse de que las fuerzas de cierre sean las adecuadas en todo momento y en todos los lugares que rodean al conjunto de juntas estancas. En los diseños de la técnica anterior, estas presiones fijas se lograban mediante el uso de resortes. En la presente invención, estas presiones fijas provienen de gases distintos de los gases de procesamiento.

Esto se ejemplifica en la figura 21B, que se ha reproducido partiendo del citado documento de los EE. UU. con el número US RE38493, y muestra un diseño de válvula distribuidora giratoria de la técnica anterior donde se emplean resortes mecánicos para proveer la presión de equilibrio fija. (Obsérvese que en la figura 21B, los numerales de referencia originales presentados en el documento de los EE. UU. con el número US 38493 se han mantenido. Así, solo en esta figura 21B, los numerales de referencia no coinciden con los del resto de esta invención). En la figura 21B, el estator 36 y camisas de transferencia de fluidos 710 cumplen funciones similares como válvula de equilibrio de presión a las del conjunto de juntas estancas 179 en la presente invención. En las dos realizaciones, el gas de procesamiento se emplea para proveer una presión de equilibrio variable contra el rotor 40 (en la figura 21B) y la placa del extremo superior del rotor 172 (en la figura 21A). No obstante, el gas de activación provisto externamente se emplea en la figura 21A para aplicar una presión de equilibrio adicional a los resaltes 312 en el conjunto de juntas estancas 179, en tanto que se emplean resortes de compresión mecánica 730 en la realización de la técnica anterior de la figura 21B.

La presión aplicada por los resortes 730 en la figura 21B o por la presión de activación 328 en la figura 21A, por lo general, es fija para una aplicación de procesamiento dada. No obstante, en la primera, la presión ejercida por los resortes cambiará lentamente con el desgaste de la junta estanca ((por ejemplo, con el desgaste de la porción de desgaste 308/cara obturadora 309). Una ventaja de esto último es que la presión aplicada por el gas de activación permanecerá constante a medida que se desgasta la junta estanca.

Y, pese a que la presión aplicada por los resortes 730 en la figura 21B o por la presión de activación 328 en la figura 21A por lo general es fija para una aplicación de procesamiento dada, esto último permite que esta presión aplicada varíe de todos modos, si se desea, modificando la presión del gas de activación provisto externamente. En el primer caso, sin embargo, el dispositivo PSA tendría que desarmarse y habría que reemplazar los resortes 730 para cambiar esta presión aplicada. Así, el presente conjunto de juntas estancas permite una mayor flexibilidad en caso de que cambien las condiciones de aplicación (por ejemplo, si el gas de alimentación se suministrase a diferentes presiones o tuviera una composición diferente y presiones diferentes cuando se desee, durante las diversas etapas de PSA).

Especificaciones ejemplares del proceso

Los procesos PSA pueden implicar someter un elemento adsorbente a una serie de etapas dentro de un ciclo. Tal como se ha debatido anteriormente, cada rotación completa del rotor en un dispositivo rotativo por oscilación de presión puede llevar a cada elemento adsorbente por las etapas de uno o más ciclos PSA completos. Las etapas incluidas en un ciclo pueden variar sensiblemente, dependiendo de los objetivos del proceso. Por otro lado, el orden de las etapas y su duración también pueden modificarse. Las realizaciones del dispositivo rotativo por oscilación de presión que se describe son compatibles con una diversidad de ciclos. Con fines ilustrativos, solo se describe uno de dichos ciclos compatibles con la realización ilustrados en las figuras 1-15 a continuación. Cuando se usa para la

purificación del hidrógeno con el dispositivo por oscilación de presión 100 de las figuras 1-15, el ciclo descrito a continuación puede usarse para hacer que un producto tenga una pureza cercana al 90 %.

5 La figura 22 es un gráfico de presión adimensional en función del tiempo adimensional para un elemento adsorbente sometido al ciclo ejemplar que se describe en la presente. El orden de las etapas se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Etapas en el ciclo PSA

Orden	Etapas
1	Producción
2	Ecuilización de abastecimiento 1
3	Ecuilización de abastecimiento 2
4	Ecuilización de abastecimiento 3
5	Ecuilización de abastecimiento de base A
6	Ecuilización de abastecimiento de base B
7	Purga de abastecimiento
8	Evacuación
9	Purga
10	Purga del producto
11	Ecuilización de base B
12	Ecuilización de base A
13	Ecuilización 3
14	Ecuilización 2
15	Ecuilización 1
16	Relleno
17	Presurización/Relleno

10 La producción implica hacer fluir el gas de alimentación a través del elemento adsorbente, para obtener el gas de producción. Esta etapa se lleva a cabo a alta presión. Las etapas de ecuilización se incluyen para conservar cierta energía de presurización. Cada etapa de ecuilización implica abrir un camino entre dos elementos adsorbentes, de modo que el gas a alta presión en uno de los elementos adsorbentes pueda fluir hacia el otro elemento adsorbente.

15 Esto despresuriza parcialmente el elemento adsorbente de mayor presión después de la producción y presuriza parcialmente el elemento adsorbente de menor presión antes de la producción. Después de la ecuilización, el elemento adsorbente se purga y luego se libera hacia la atmósfera. Tras esta evacuación, el elemento adsorbente se purga con gas de producción y una vez más se lo somete entonces a ecuilización. Las etapas de relleno y presurización tienen lugar después para llevar al elemento adsorbente a la presión de producción.

20 En vista de las muchas realizaciones posibles a las que pueden aplicarse los principios de la invención descrita, debe admitirse que las realizaciones ilustradas son solo ejemplos preferidos de la invención y no deben tomarse como limitativos del alcance de la misma.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un conjunto de juntas estancas (179) para usar en una válvula giratoria en un dispositivo rotativo para la separación de gases (100), donde el conjunto (179) comprende un soporte de estanqueidad (300) y una junta estanca flotante (302) coincidente, que es móvil con respecto al soporte de estanqueidad (300); el soporte de estanqueidad (300) comprende una pluralidad de aberturas (303) alineadas con los puertos de flujo (307), a través de la junta estanca flotante (302); la junta estanca flotante (302) comprende una cara obturadora (309) opuesta al soporte de estanqueidad (300) para proveer un acople hermético a una superficie adyacente (172) giratoria con respecto al conjunto de juntas estancas (179); el soporte de estanqueidad (300) y la junta estanca flotante coincidente (302) definen unas cámaras de gas de procesamiento (314) y unas cámaras de gas de activación (316) aisladas de manera fluida para recibir los gases de procesamiento y de activación, respectivamente, para aplicar presión obturadora a la junta estanca flotante (302); cada cámara de gas de procesamiento (314) se conecta de manera fluida con un puerto de flujo (307) a través de la junta estanca flotante (302), y cada cámara de gas de activación (316) puede conectarse de manera fluida con una fuente de gas de activación.
- 15 2. El conjunto según la reivindicación 1, en el que el soporte de estanqueidad (300) comprende al menos un calibre escalonado para recibir una porción de la junta estanca flotante (302) coincidente y escalonada.
- 20 3. El conjunto según la reivindicación 2, en el que las cámaras de gas de procesamiento (314) y las cámaras de gas de activación (316) están definidas por las superficies del calibre escalonado y de la porción del calibre escalonado de la junta estanca flotante (302).
- 25 4. El conjunto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que cada cámara de gas de activación (316) puede conectarse de manera fluida con una fuente externa de gas de activación.
- 30 5. El conjunto según la reivindicación 4, en el que las cámaras de gas de activación (316) están todas interconectadas de manera fluida.
- 35 6. El conjunto según la reivindicación 5, que comprende, asimismo, una abertura del puerto de presurización (324) en el soporte de estanqueidad (300) que se conecta de manera fluida con las cámaras que reciben el gas de activación (316).
- 40 7. El conjunto según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que la junta estanca flotante (302) es circular y la porción escalonada se divide en proyecciones (304), separadas alrededor de su circunferencia con espacios entre las proyecciones (304).
- 45 8. El conjunto según la reivindicación 7, que comprende adicionalmente, unas juntas estancas (318, 320, 322) situadas entre el soporte de estanqueidad (300) y la junta estanca flotante (302), para aislar de manera fluida el gas de procesamiento y las cámaras de gas de activación (314, 316).
- 50 9. El conjunto según la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en el que al menos algunas de las proyecciones (304) tienen diferentes formas y dimensiones.
- 55 10. El conjunto según la reivindicación 9, en el que el calibre escalonado en el soporte de estanqueidad (300) comprende una pluralidad de calibres para recibir las proyecciones (304) en la porción del calibre escalonado de la junta estanca flotante (302).
- 60 11. El conjunto según la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en el que cada proyección (304) tiene una superficie de la cámara de gas de procesamiento (310) y una superficie de la cámara de gas de activación (312) opuestas a la cara obturadora (309) de la junta estanca flotante (302).
- 65 12. El conjunto según la reivindicación 11, en el que la suma de las áreas de las superficies de las cámaras de gas de procesamiento y de gas de activación (310, 312) en una proyección (304) equivale al área de la cara obturadora (309) opuesta.
13. El conjunto según la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el que la relación del área de la superficie de la cámara de gas de procesamiento (310) a la superficie de la cámara de gas de área de activación (312) varía entre dos o más proyecciones (304).
14. Un dispositivo rotativo para la separación de gases (100), que comprende una válvula giratoria que comprende el conjunto de juntas estancas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
15. Un dispositivo de adsorción rotativo por oscilación de presión (100), que comprende una válvula giratoria, la cual comprende el conjunto de juntas estancas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
16. Un método para proveer una junta estanca en una válvula giratoria, en un dispositivo rotativo para la separación

de gases (100), que comprende lo siguiente:

- 5 proveer un dispositivo rotativo para la separación de gases (100), que comprende un estator (104, 106), un rotor (116) y una válvula giratoria, que comprende el conjunto de juntas estancas (179), según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13;
hacer fluir el gas de procesamiento presurizado de una manera cíclica hacia las cámaras de procesamiento (314);
y
10 hacer fluir el gas de activación hacia las cámaras de gas de activación (316), a una presión adecuada para establecer una junta estanca con una presión equilibrada entre el conjunto de juntas estancas (179) y el rotor (116).
17. El método según la reivindicación 16, en el que el dispositivo para la separación de gases es un dispositivo de adsorción por oscilación de presión (100).
- 15 18. El método según la reivindicación 16 o la reivindicación 17, en el que dicho conjunto de juntas estancas (179) es el conjunto de juntas estancas según la reivindicación 11; el proceso comprende seleccionar un área de la superficie de la cámara de gas de procesamiento (314) y una superficie de la cámara de gas de área de activación (316) para cada proyección (304), de acuerdo con las presiones del gas de procesamiento empleadas en el dispositivo para la
20 separación de gases (100), antes de hacer fluir de una manera cíclica el gas de procesamiento presurizado hacia las cámaras de gas de procesamiento (314).
19. El método según la reivindicación 18, en el que se establece una presión de cierre neta local a través del ancho de la cara obturadora (309) que es aproximadamente el 10 % de la presión del gas de procesamiento local.
- 25 20. El método según la reivindicación 18 o la reivindicación 19, en el que el gas de activación se provee desde una fuente externa.
- 30 21. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20, en el que todas las cámaras de gas de activación (316) reciben el gas de activación a la misma presión.

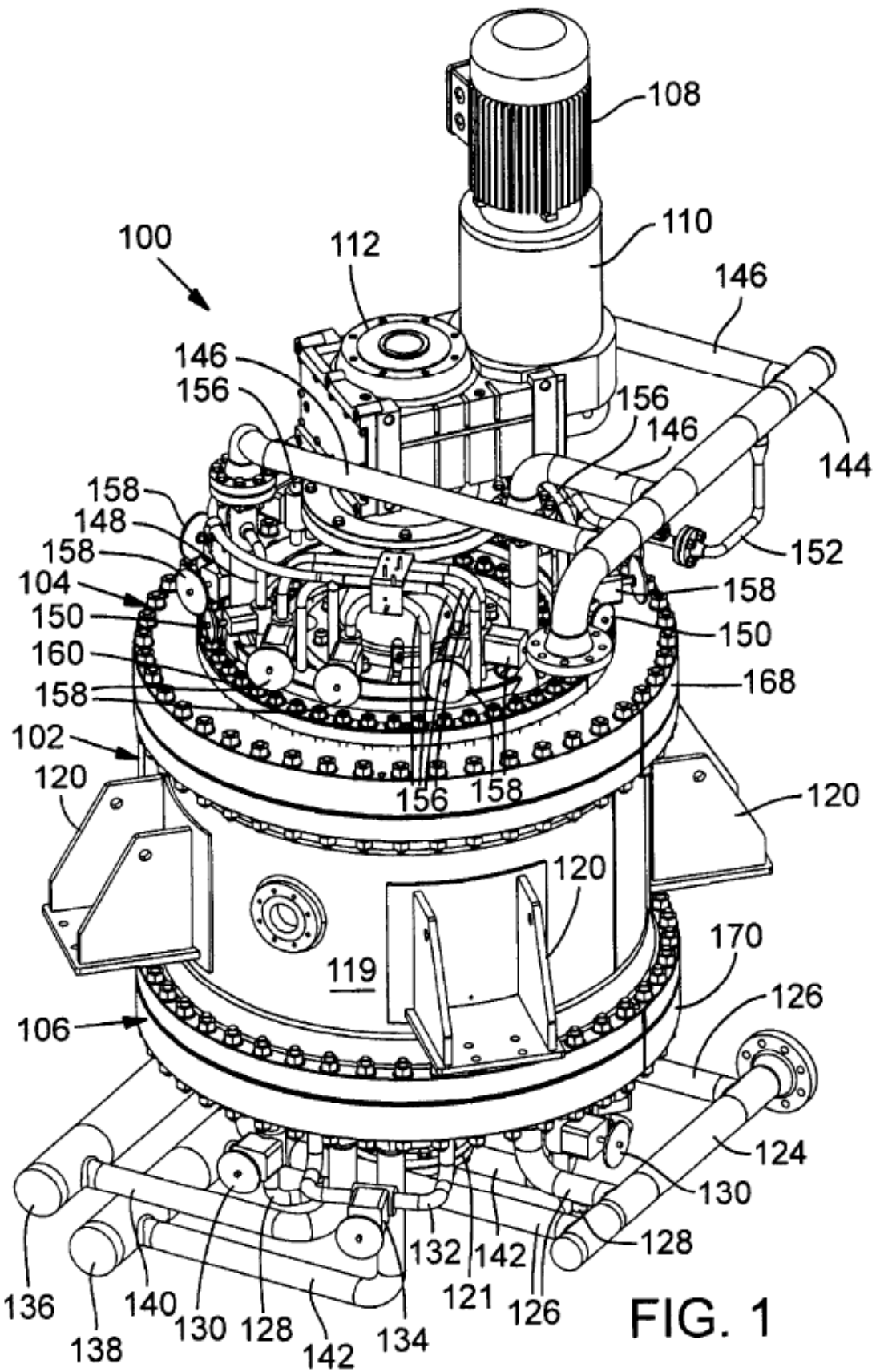
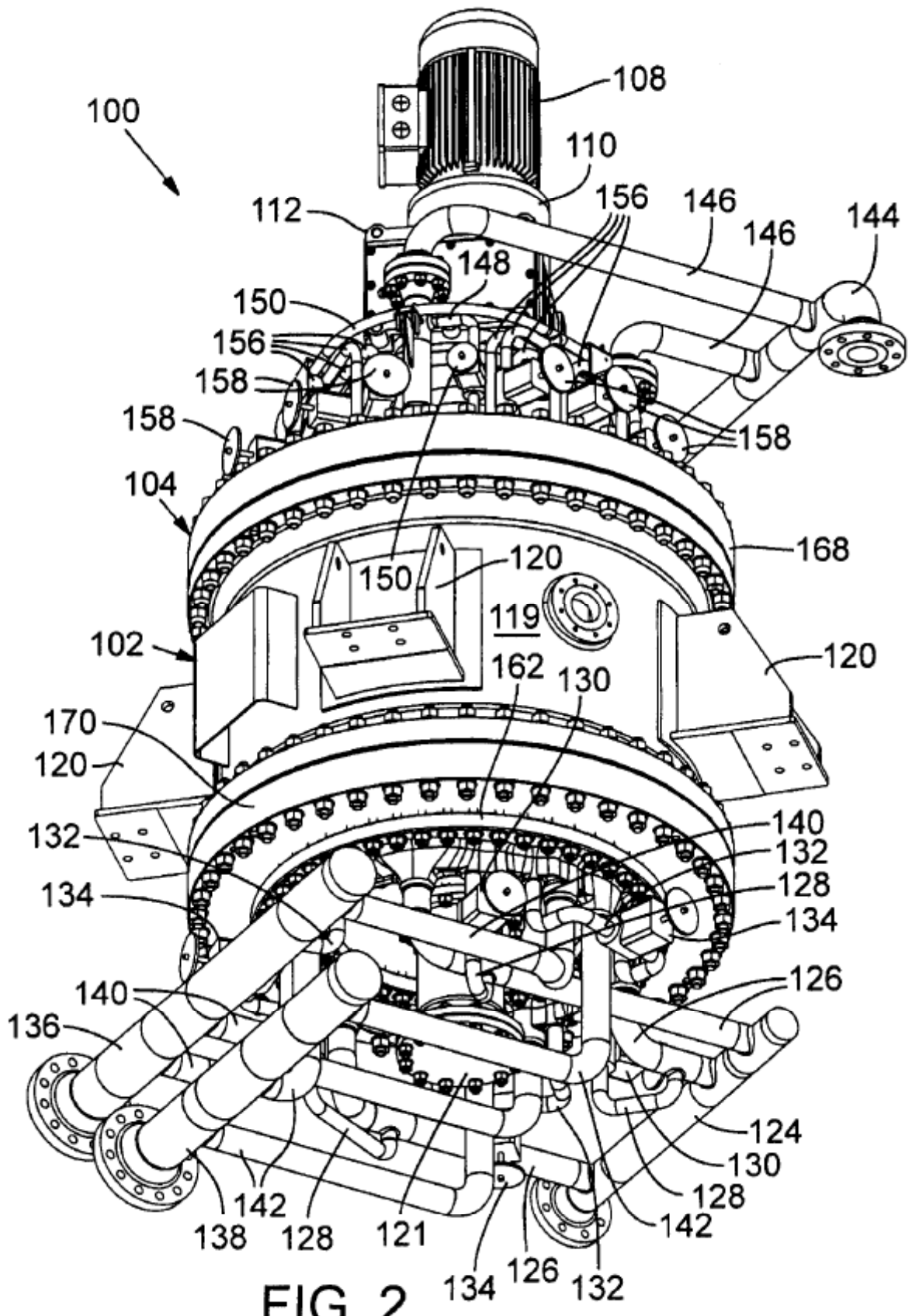


FIG. 1



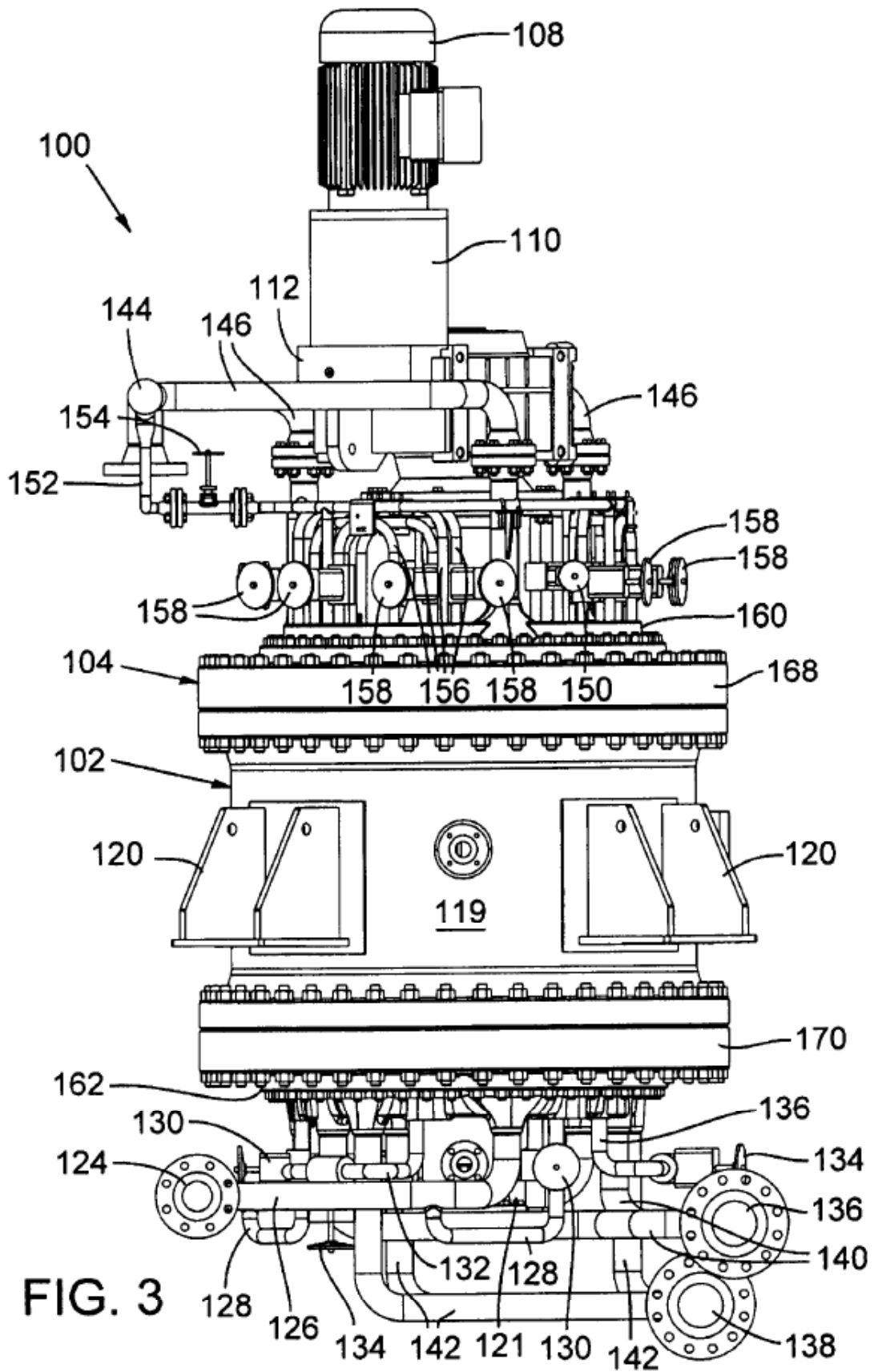
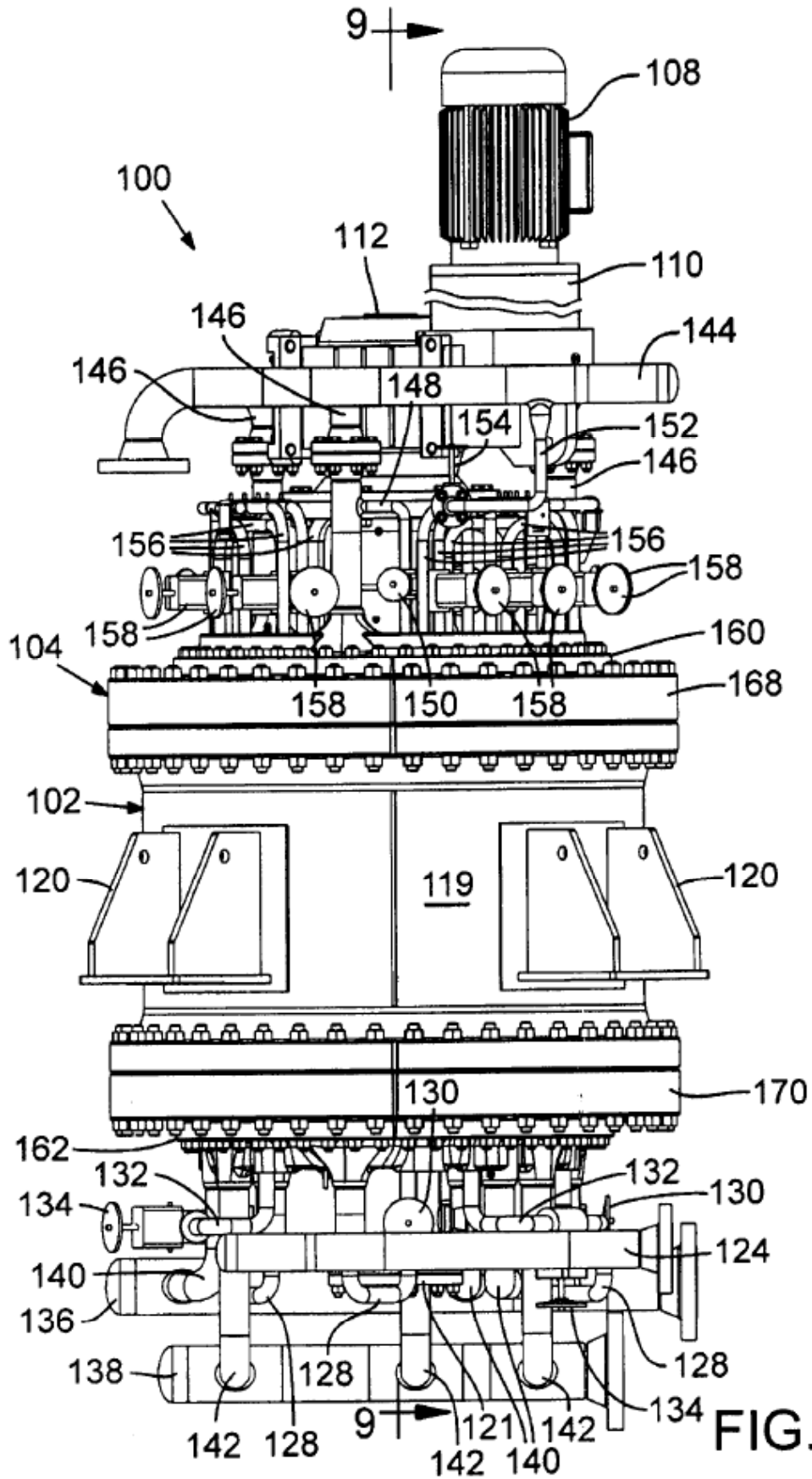


FIG. 3



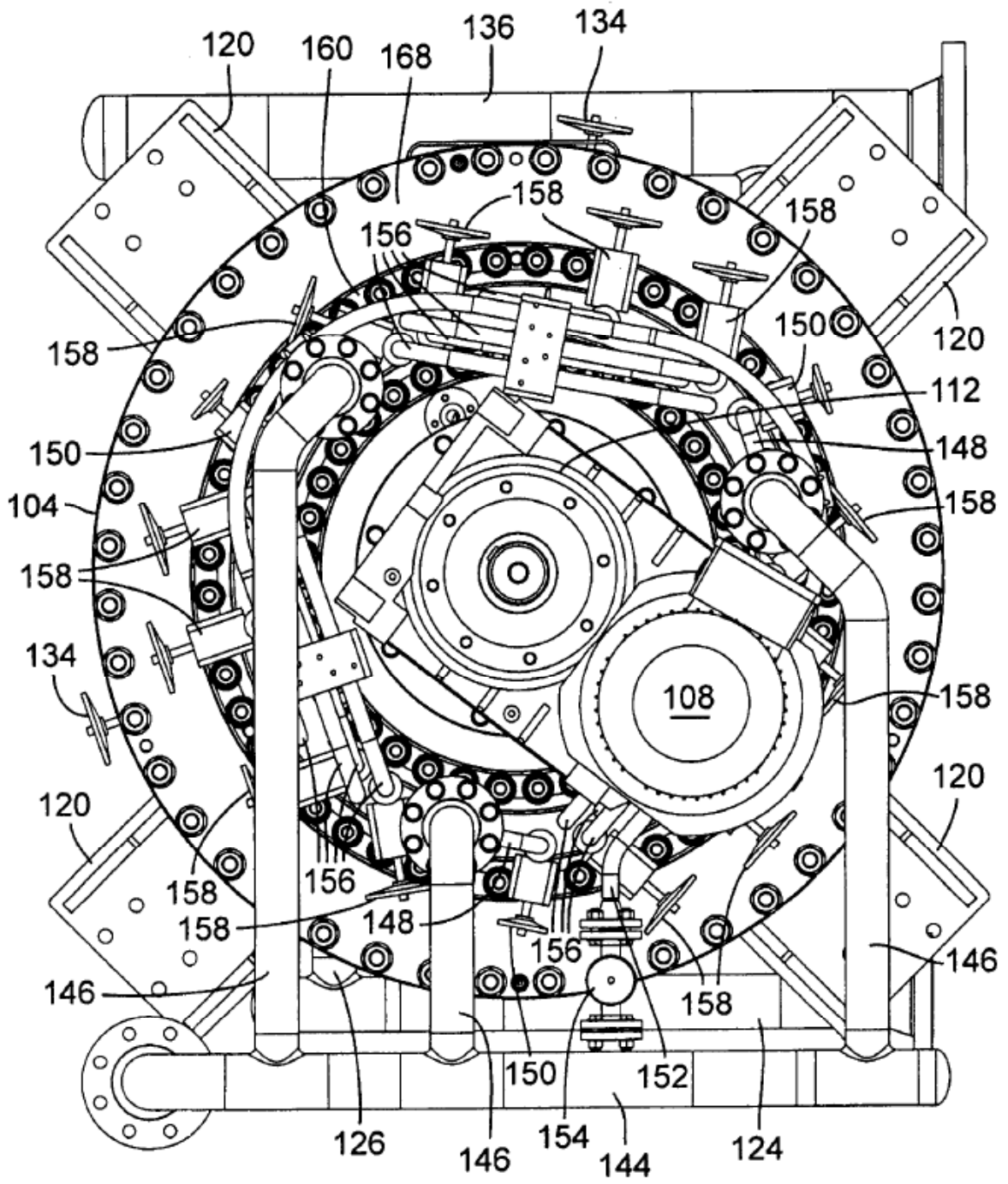


FIG. 5

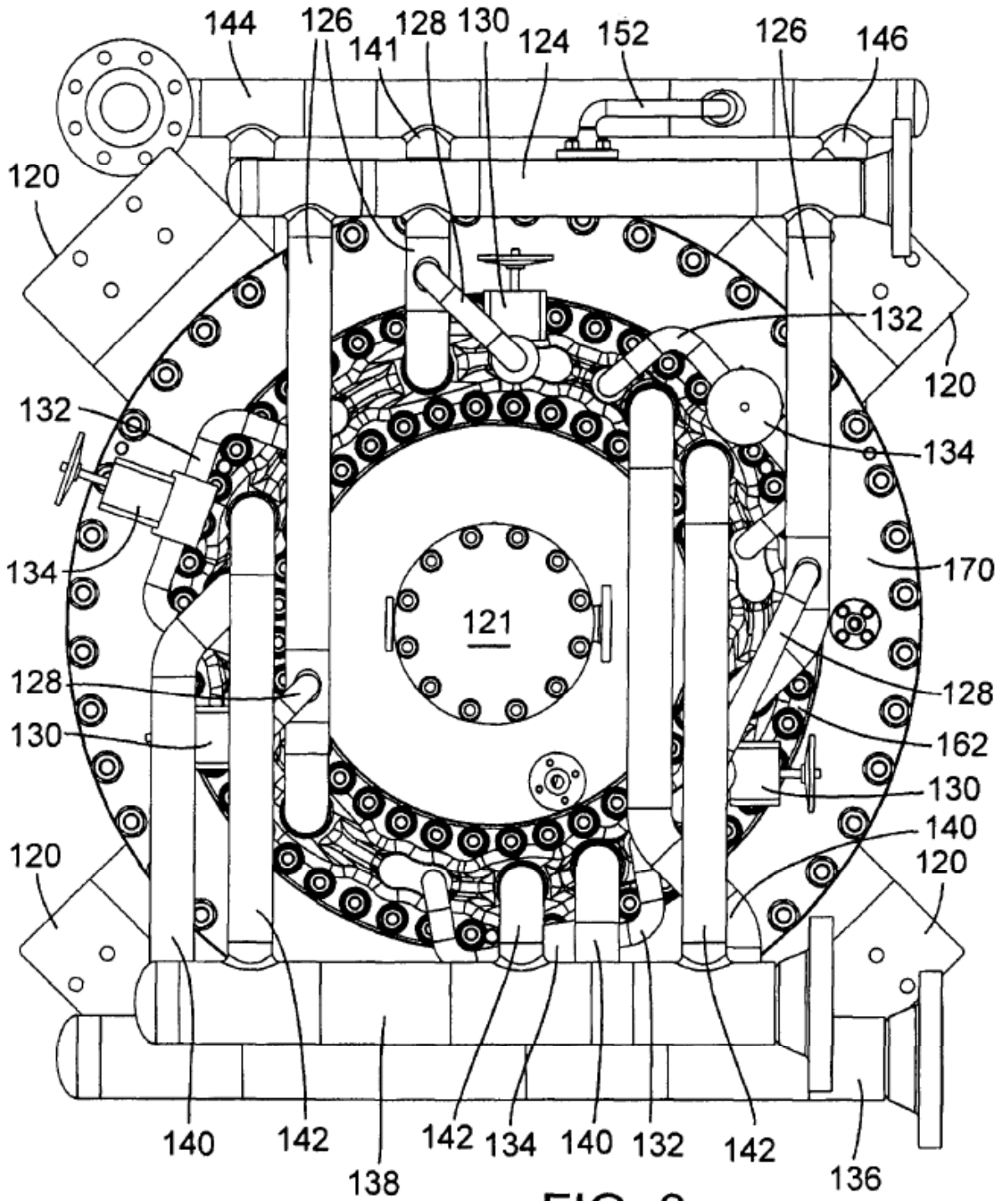


FIG. 6

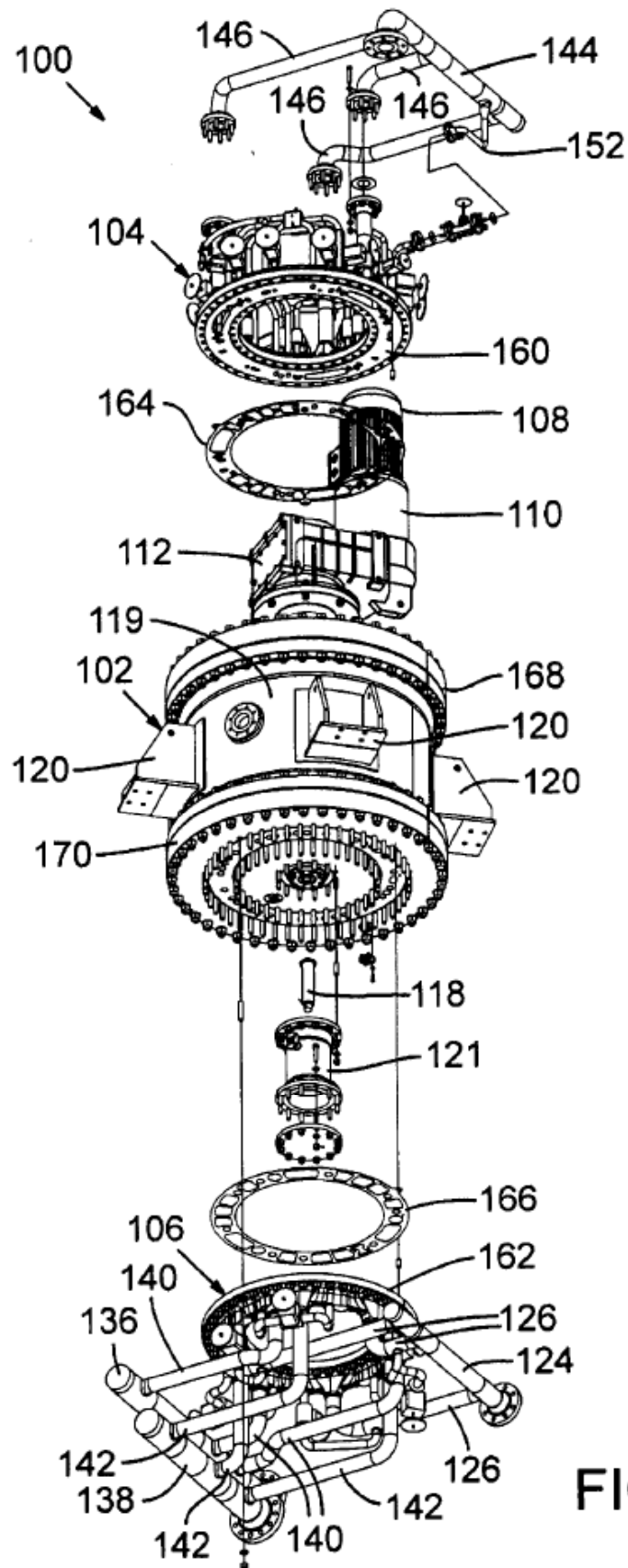


FIG. 7

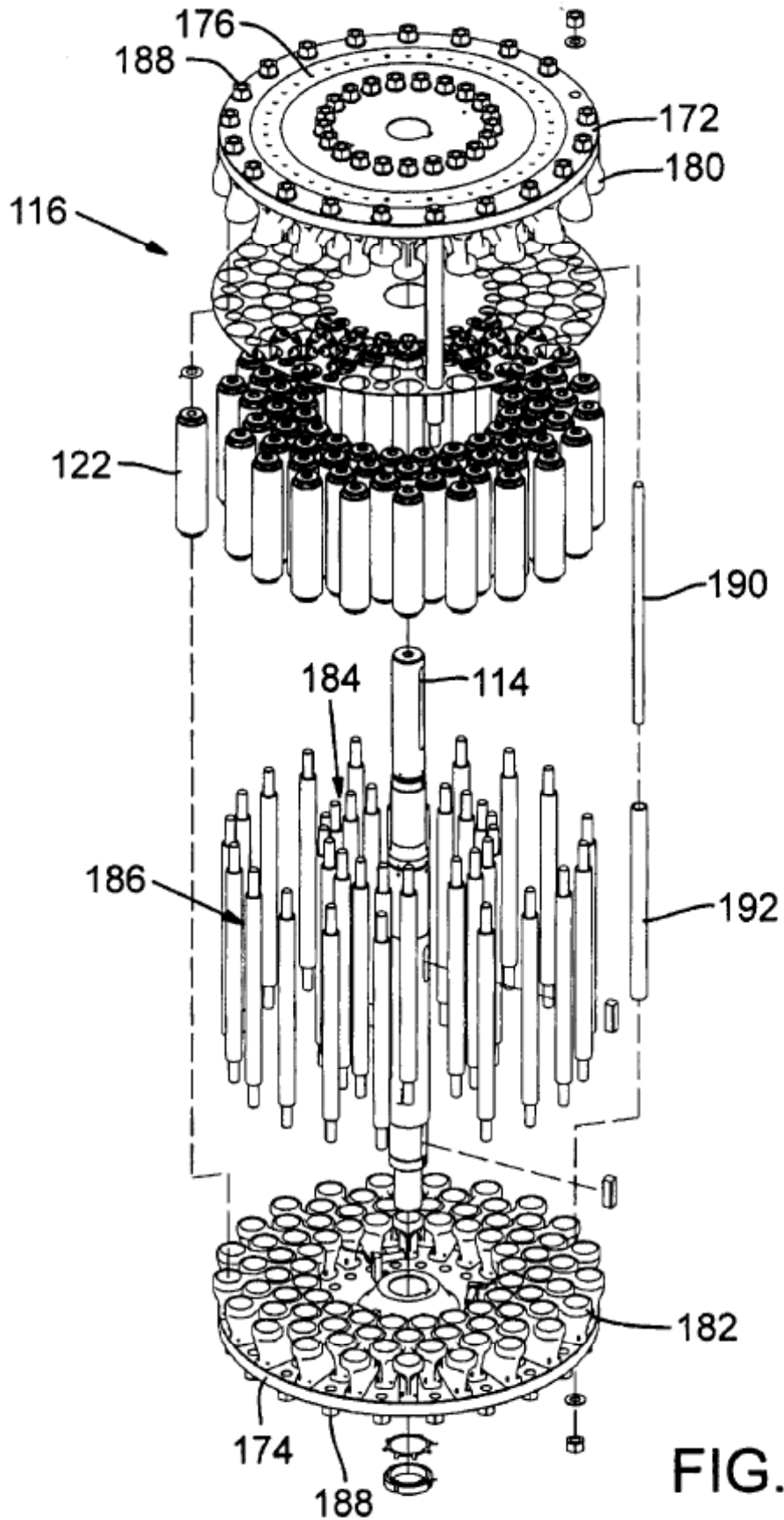


FIG. 8

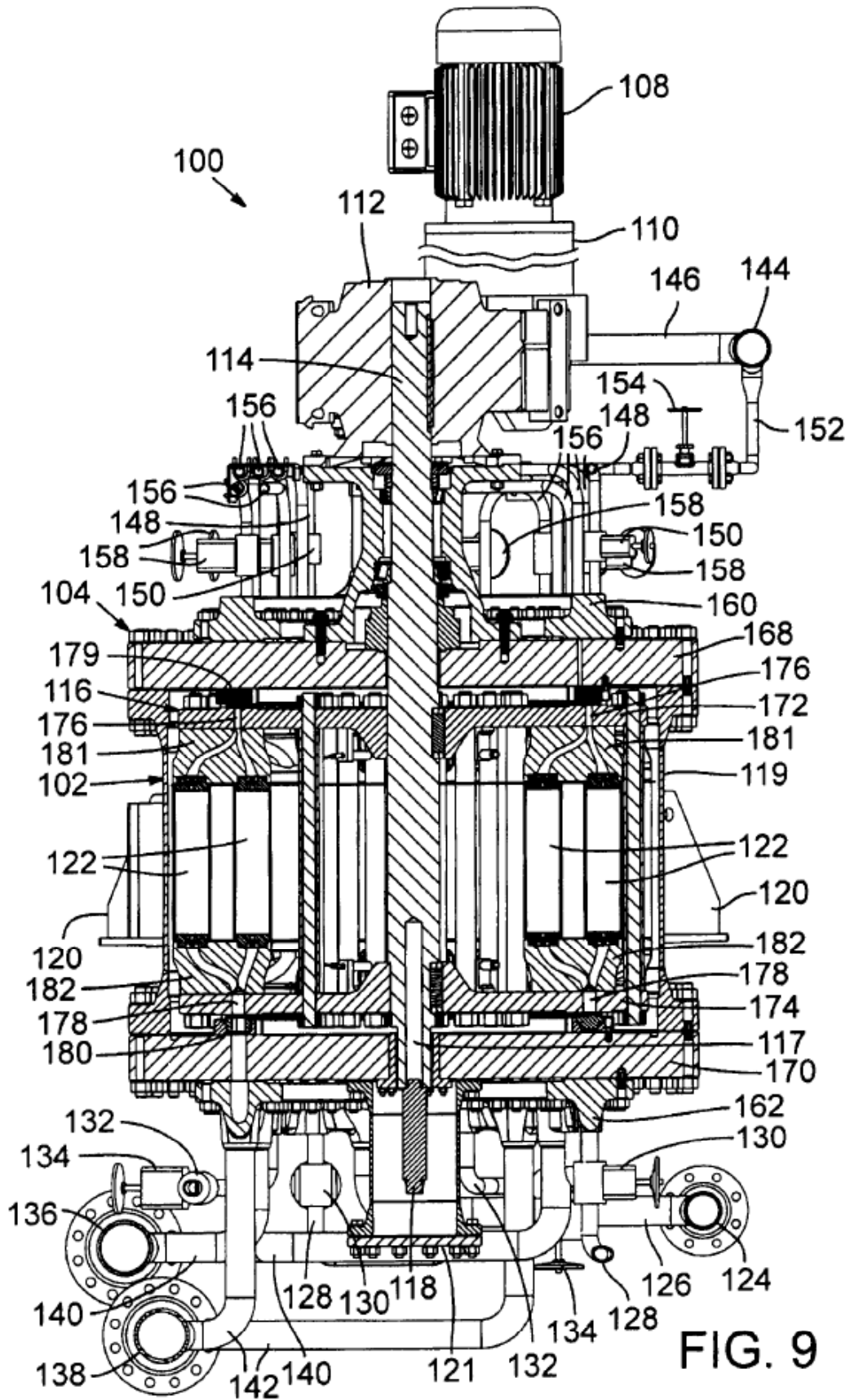


FIG. 9

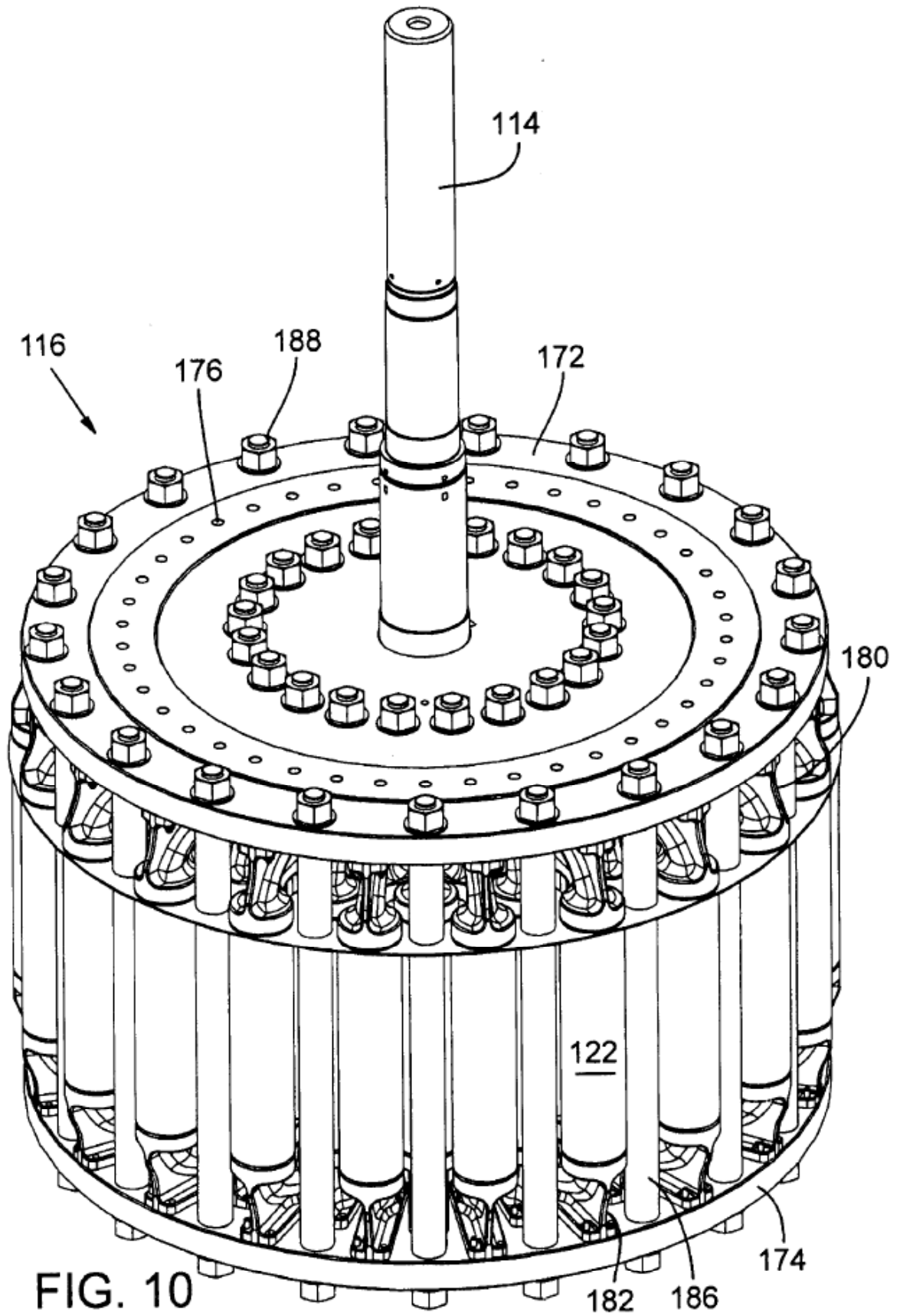
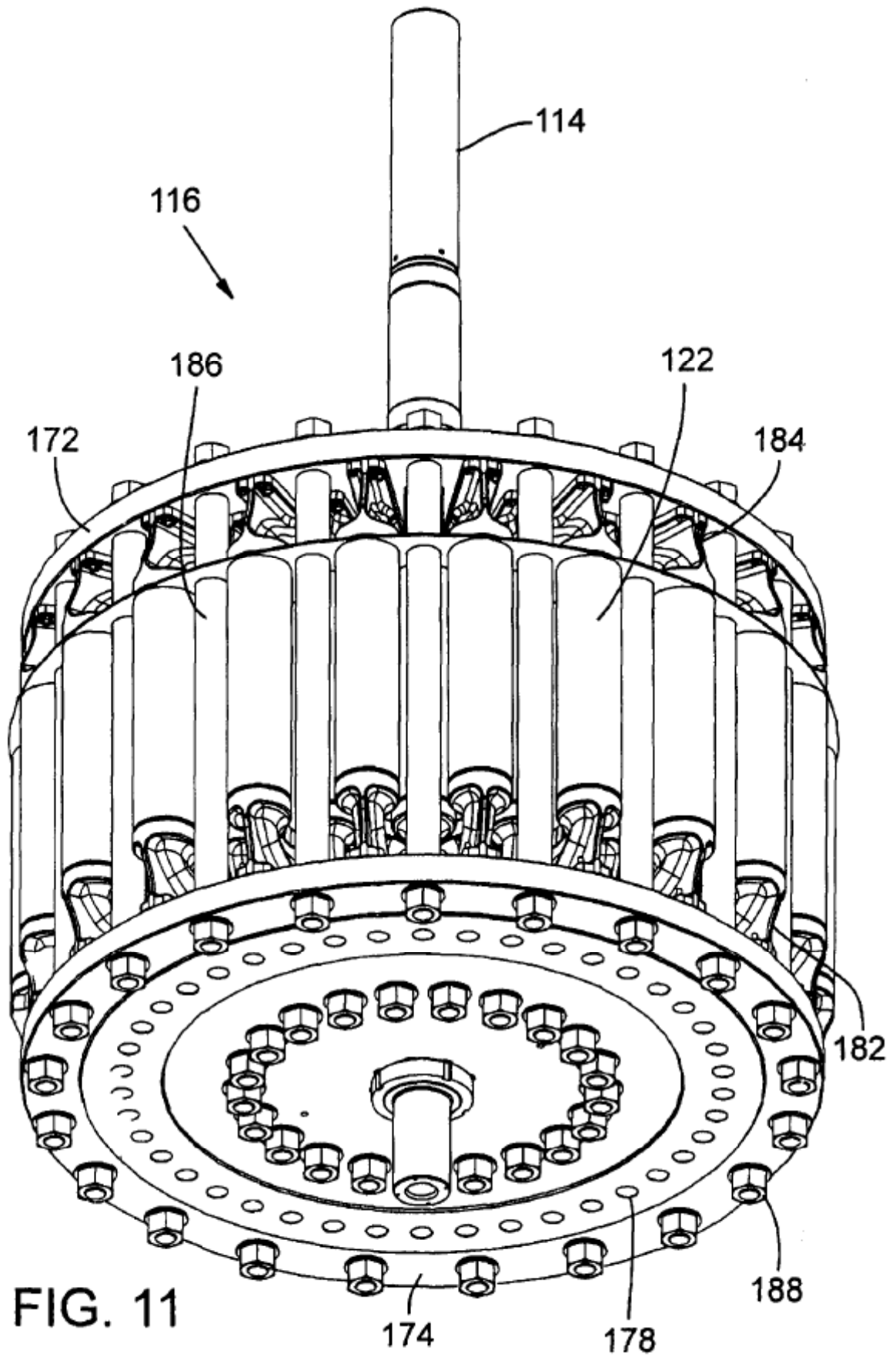


FIG. 10



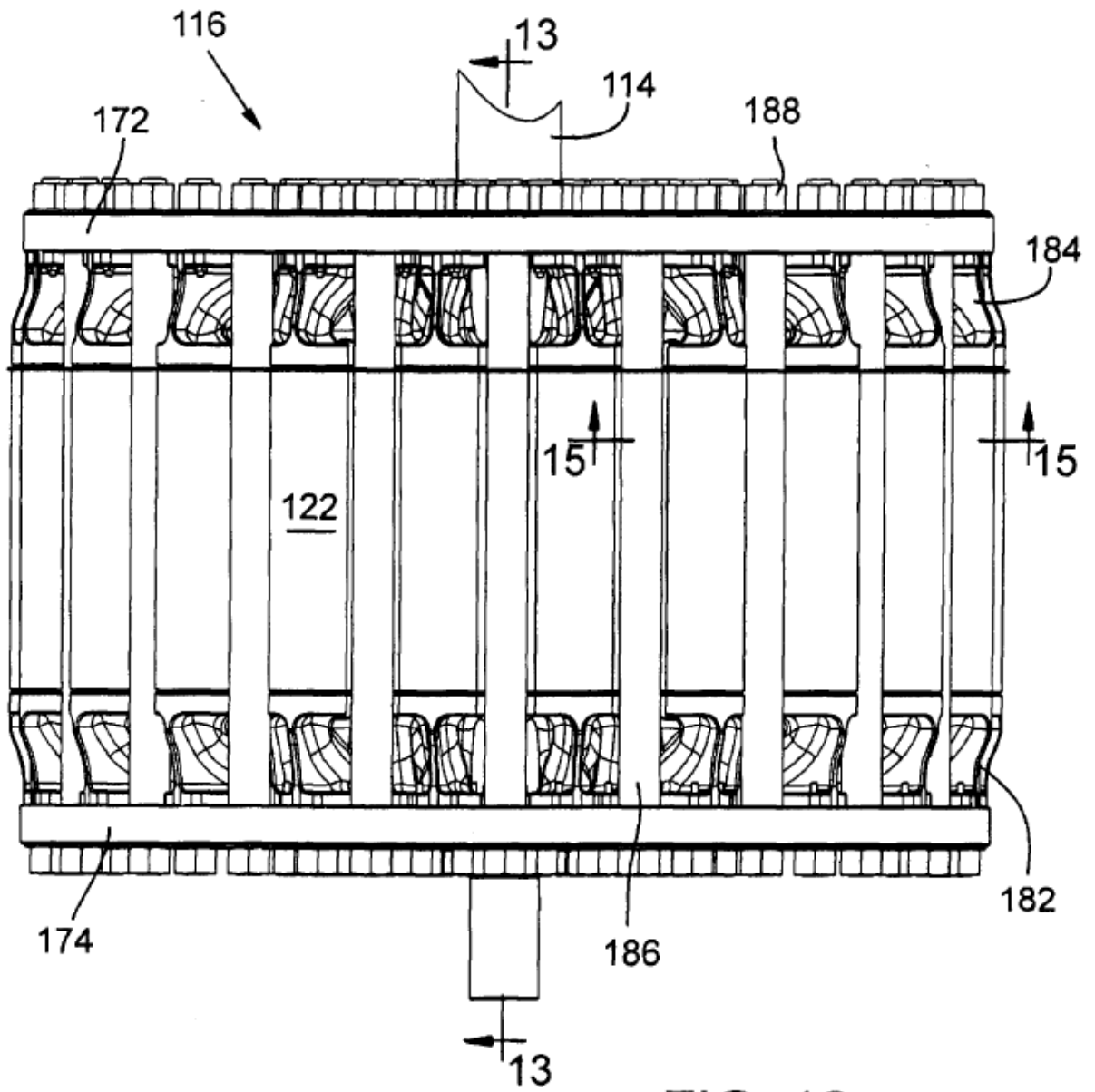


FIG. 12

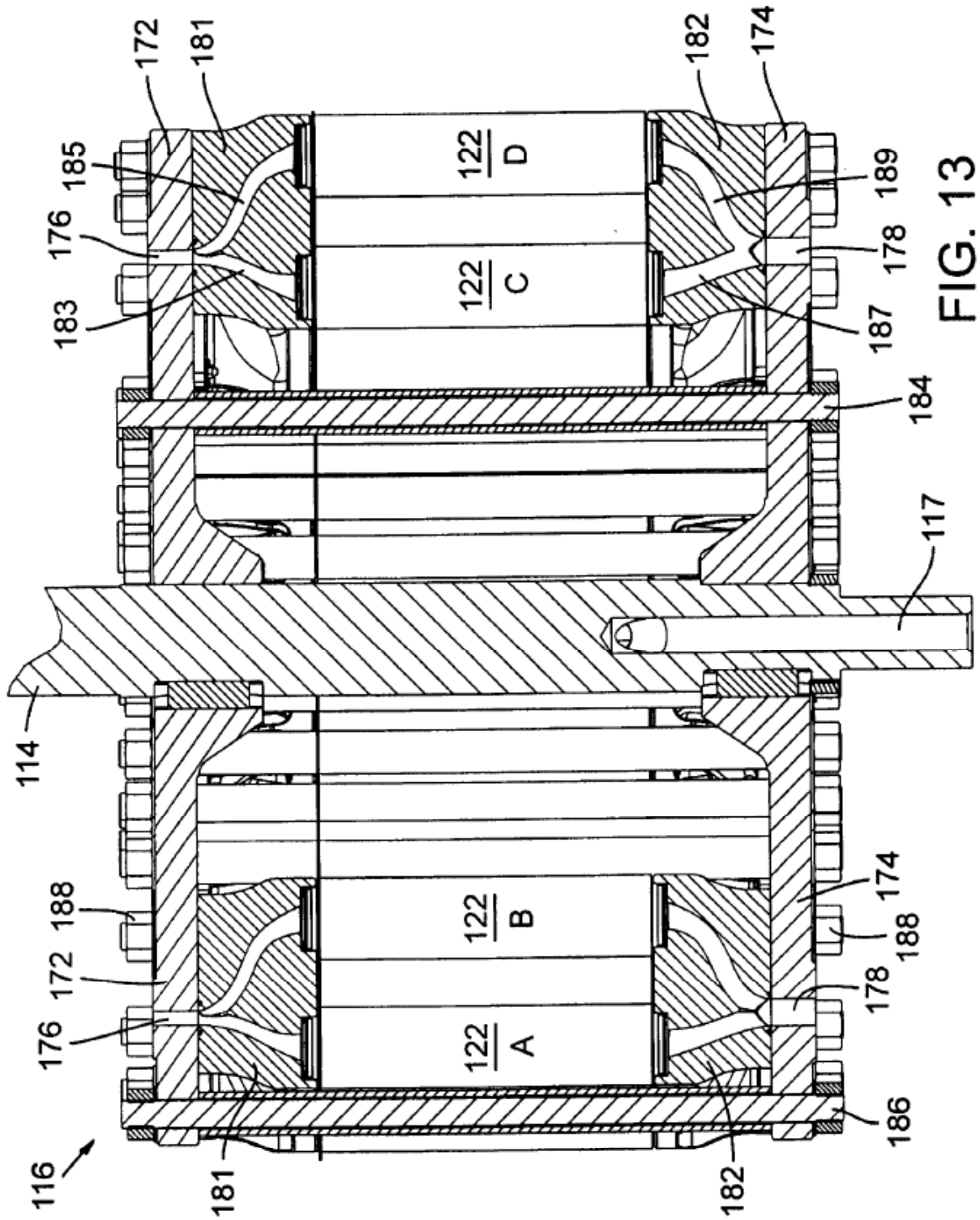


FIG. 13

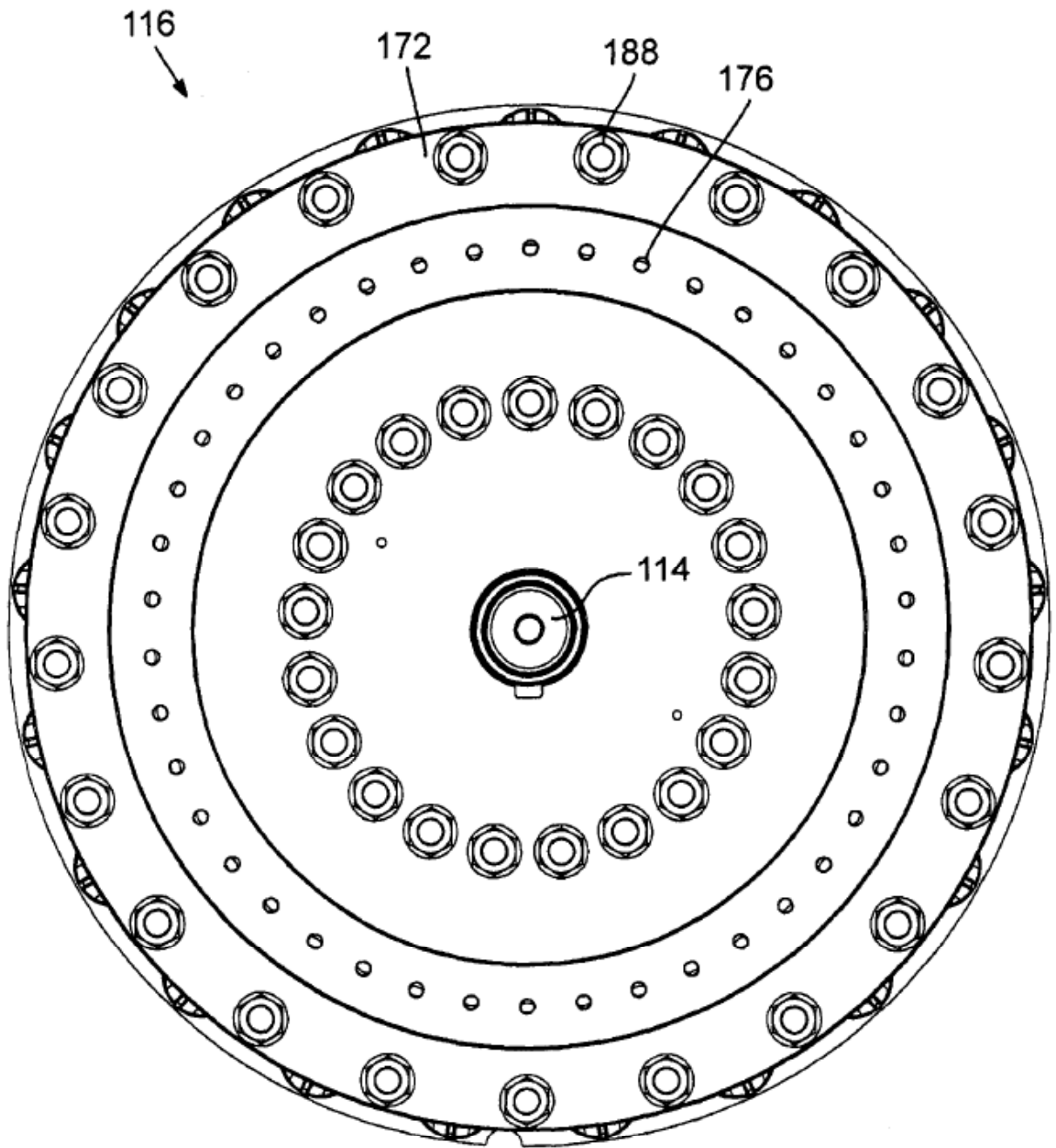


FIG. 14

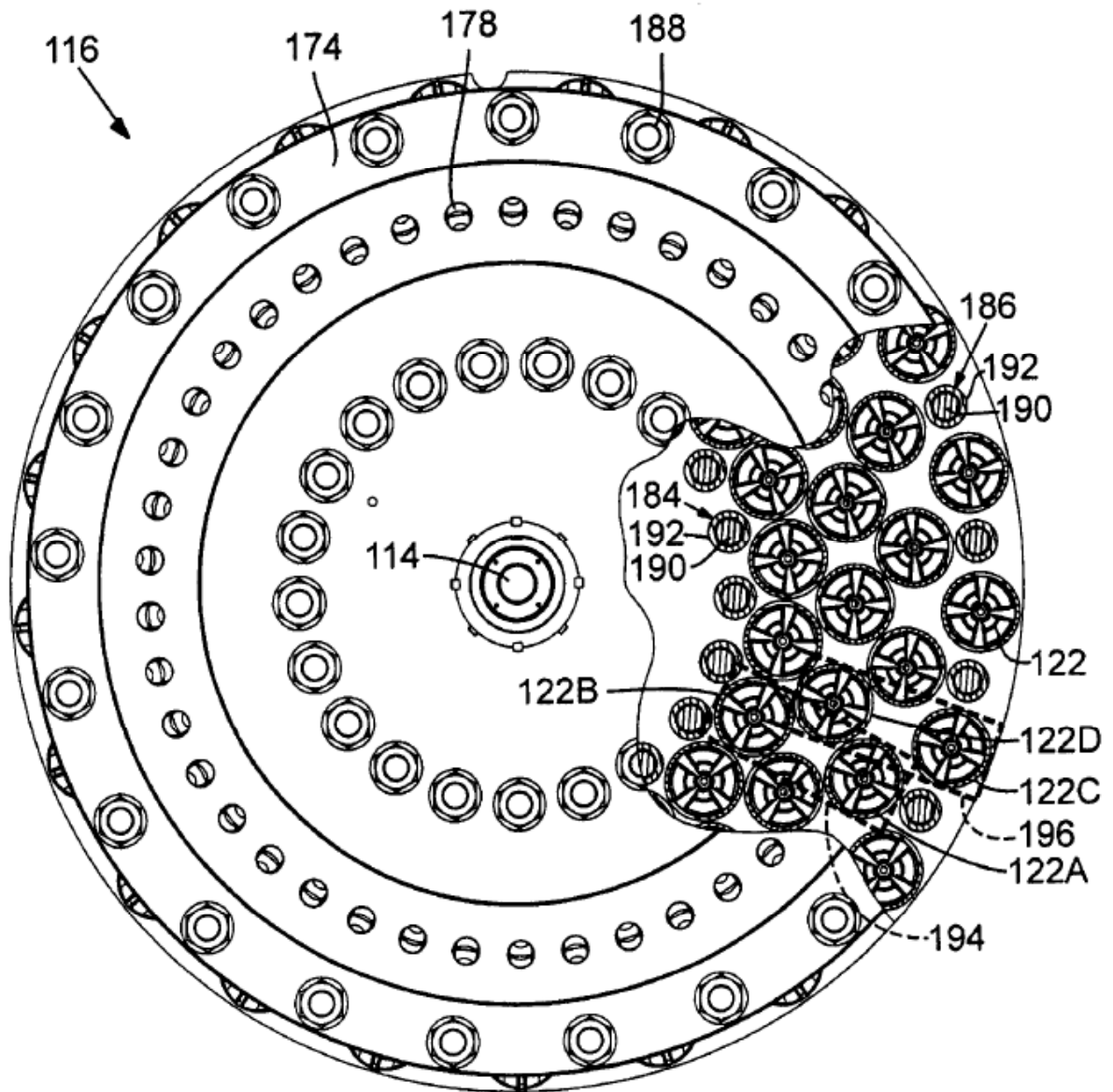
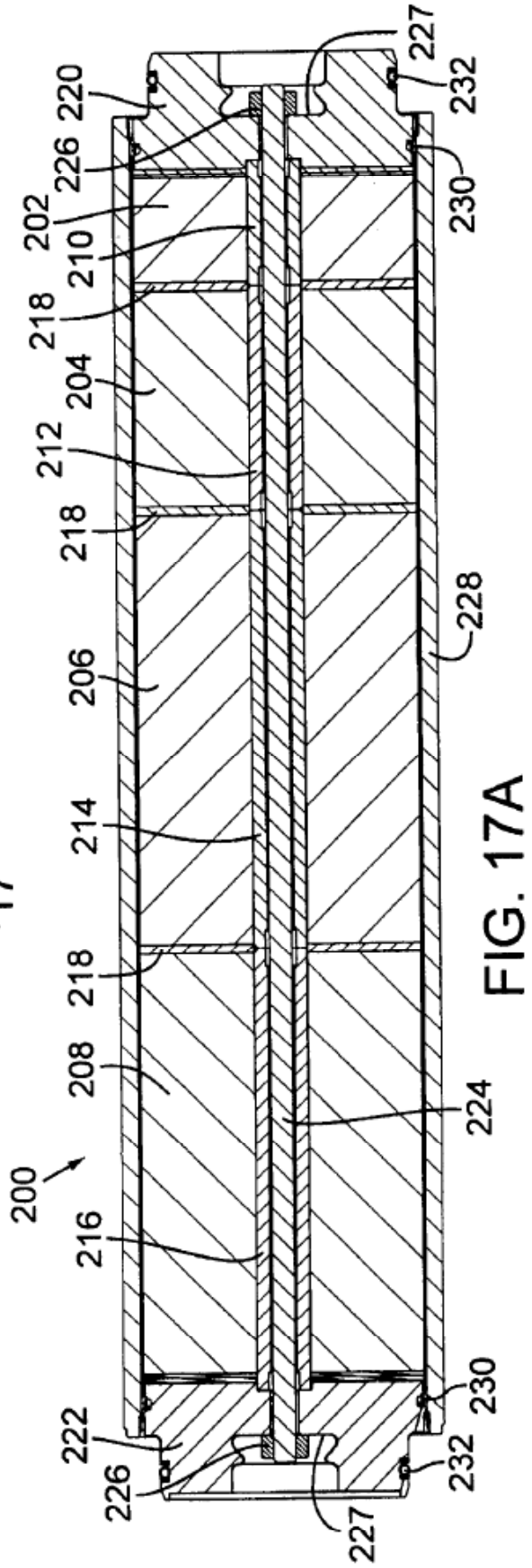
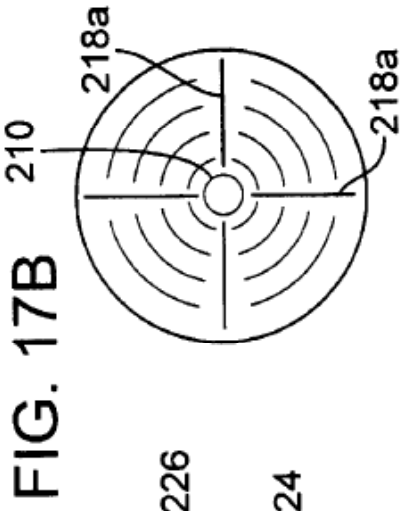
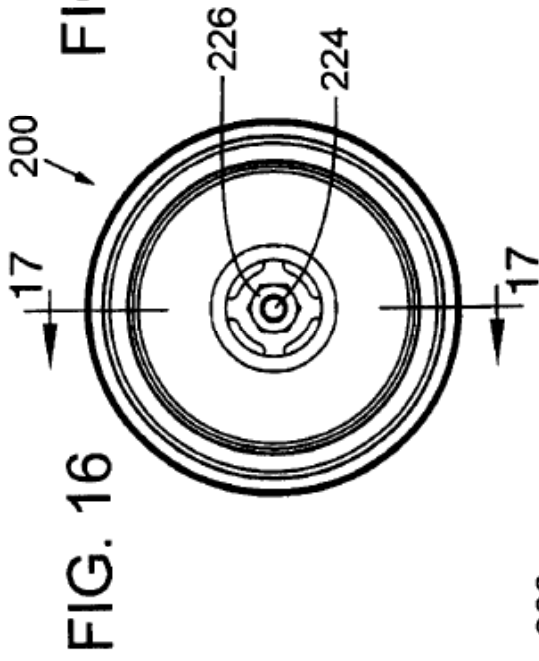


FIG. 15



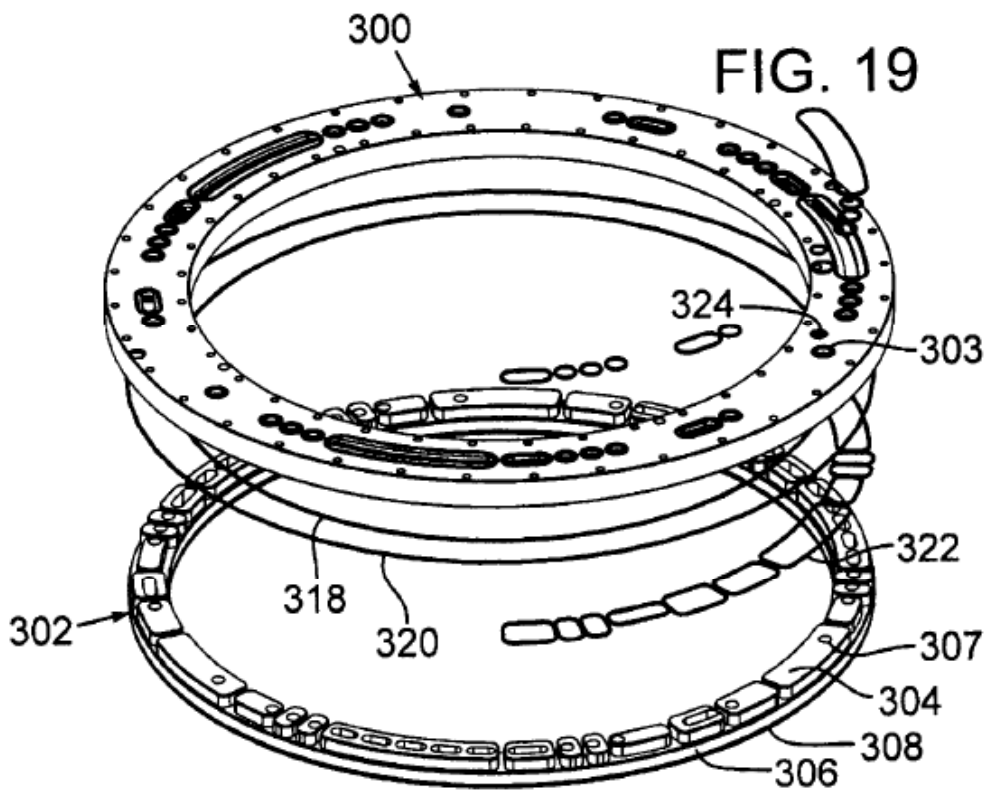
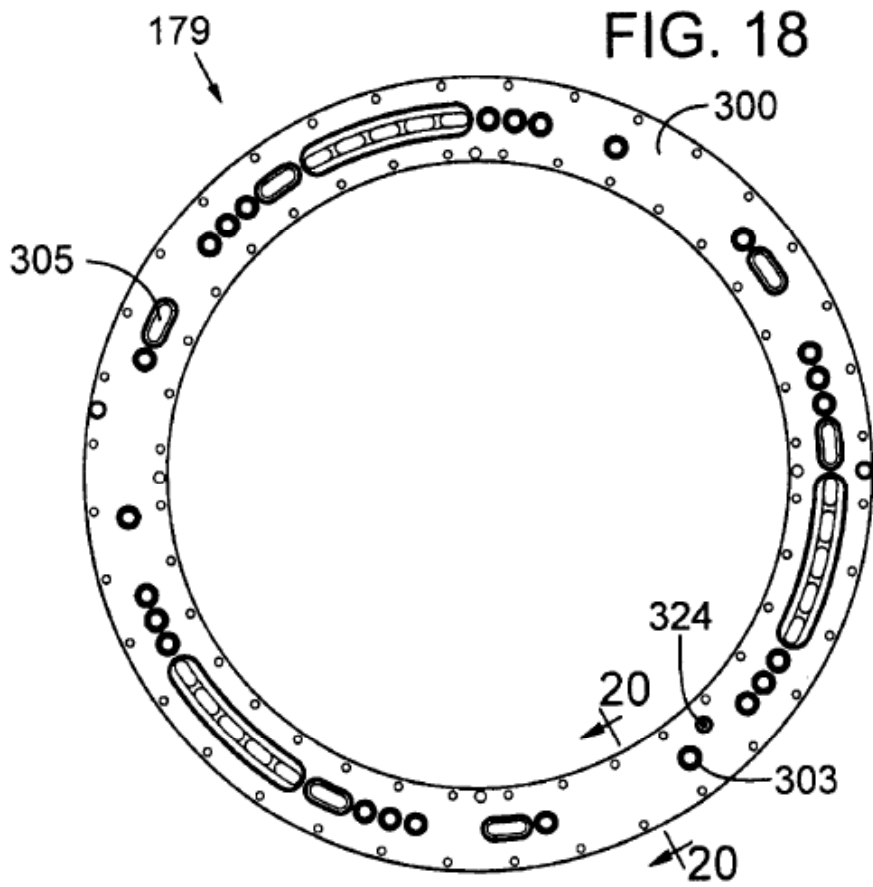


FIG. 20A

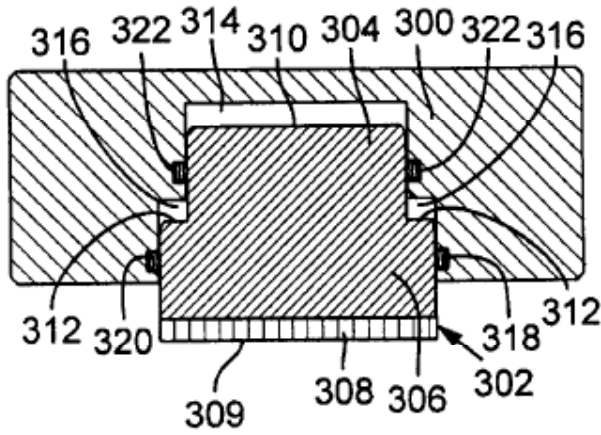


FIG. 20B

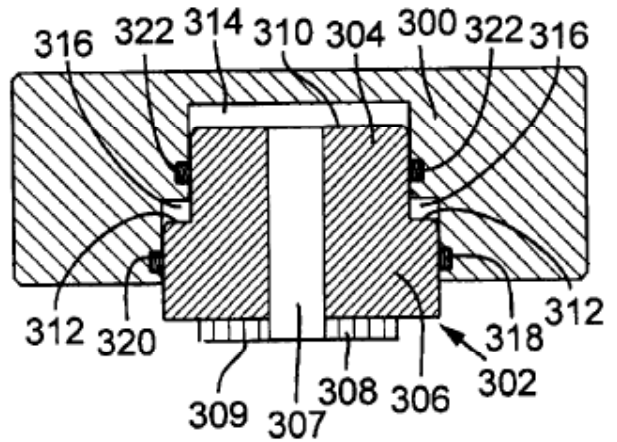
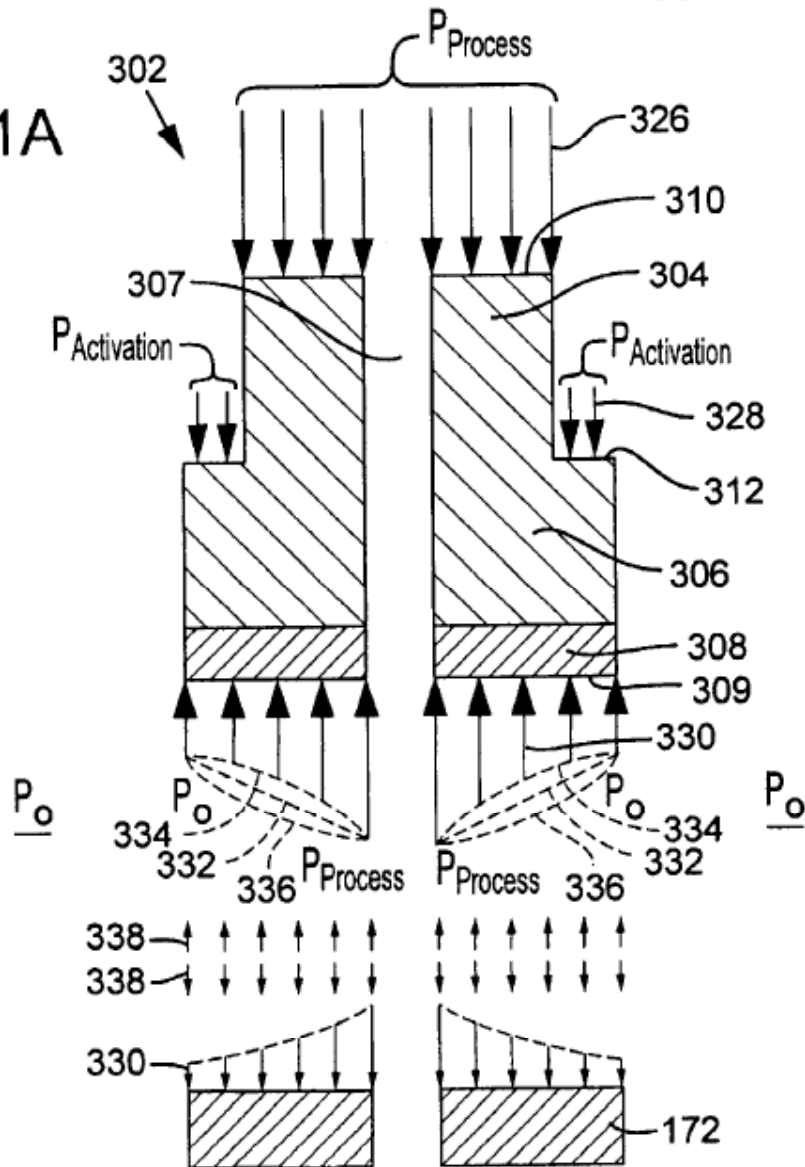


FIG. 21A



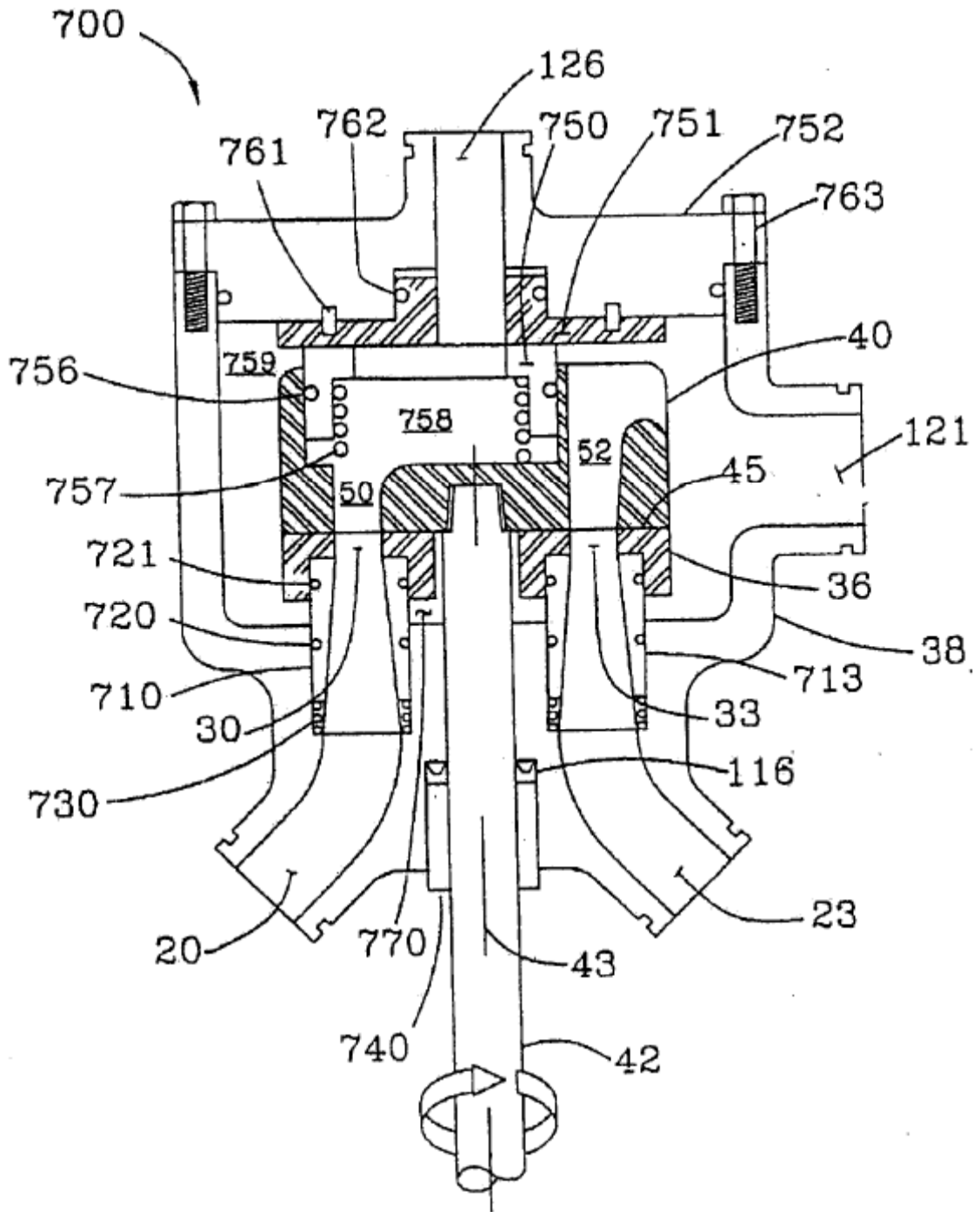


FIG. 21B

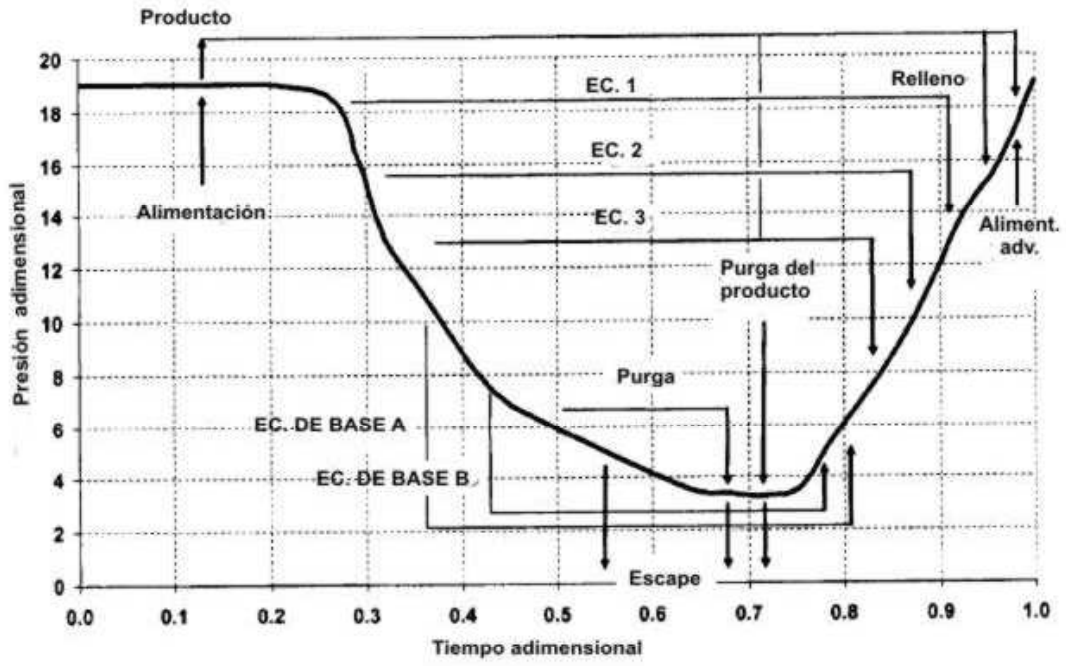


FIG. 22