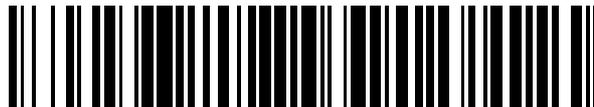


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 648 971**

51 Int. Cl.:

B01D 53/22 (2006.01)

B01D 63/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.11.2013 PCT/EP2013/075172**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.06.2014 WO14086689**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2013 E 13796117 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017 EP 2925425**

54 Título: **Sistema y procedimiento para la separación de gas a través de membranas**

30 Prioridad:

03.12.2012 EP 12008078

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

09.01.2018

73 Titular/es:

**SOL S.P.A. (50.0%)
Vía Gerolamo Borgazzi, 27
20900 Monza (MB), IT y
TECHNORES S.R.L. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**BECCALLI, MASSIMO;
VALTOLINA, DANIELE y
CARNEVALE, STEFANO**

74 Agente/Representante:

TORNER LASALLE, Elisabet

ES 2 648 971 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

Sistema y procedimiento para la separación de gas a través de membranas

5 La presente invención versa sobre un dispositivo y un procedimiento para la separación de gas a través de membranas. Las técnicas utilizadas en el estado de la técnica para la separación de gas, en particular, para la producción de oxígeno molecular (O_2) de concentración elevada, consisten principalmente en la separación criogénica del oxígeno del aire y en la separación por medio de procedimientos de vacío conocidos como VSA (adsorción de oscilación al vacío).

10 El primer procedimiento permite que se obtenga oxígeno líquido con concentración elevada, hasta 99,9%, mientras que el procedimiento de adsorción al vacío permite que se obtenga O_2 con una concentración de hasta 95%. Sin embargo, ambos procedimientos se caracterizan por un consumo elevado de energía y costes significativos de diseño y de explotación de las instalaciones, haciendo que solo sean de interés para grandes instalaciones.

Para solucionar los anteriores problemas, se han desarrollado sistemas en función del uso de membranas selectivas, que permiten la separación, por ejemplo, del oxígeno, lo que tiene como resultado flujos permeados con una pureza elevada, comparables a los sistemas descritos anteriormente.

15 De manera análoga a los procedimientos de separación de oxígeno, se conocen otras membranas selectivas, por ejemplo, las utilizadas para capturar CO_2 presentes en flujos de gas de síntesis por medio de la separación del hidrógeno molecular (H_2).

20 Las membranas se incluyen en sistemas, o dispositivos, en los que se hace fluir una mezcla de gas que ha de ser permeado en un lado de dichas membranas, en condiciones seleccionadas de presión y de temperatura y posiblemente con una diferencia en potencial entre los lados de las membranas; las membranas permiten que solo atraviesen algunos gases presentes en las mezclas, tales como oxígeno, hidrógeno y/u otros gases y, por lo tanto, permiten la separación de un gas, al que se denomina permeado. Dichos sistemas forman eficazmente medios de producción de dichos gases.

25 Se conocen y se utilizan ITM (membranas de transporte de iones) a nivel industrial para la separación de oxígeno. Dichos tipos de membrana también han sido desarrollados recientemente para la separación de otros gases, principalmente hidrógeno.

Las membranas de transporte de iones ITM son producidas por medio de materiales cerámicos de estado sólido que se caracterizan por velocidades elevadas de difusión de iones y/o de electrones.

30 También se conocen membranas electrolíticas sólidas que utilizan la tecnología SEOS (separación del electrolito sólido y del oxígeno), que consiste en la separación de oxígeno por medio de membranas cerámicas con una conductividad elevada de iones. También se conocen membranas obtenidas de materiales conductores mezclados, en las que tanto los electrones como los iones migran a través del material y, en este caso, se determina la separación del oxígeno, hidrógeno y/u otros gases de las mezclas mediante la diferencia en la presión parcial del gas que ha de ser permeado entre las superficies opuestas de la membrana, en ausencia de un potencial externo.

35 En general, la separación de oxígeno, hidrógeno y/u otros gases tiene lugar con eficacia industrialmente interesante a temperaturas muy elevadas, por encima de $600^\circ C$. Esto quiere decir que el flujo de gas del que se han de separar el oxígeno, el hidrógeno y/u otros gases debe calentarse hasta la temperatura operativa de la membrana para evitar que la corriente de flujo que rodea la membrana la enfríe, provocando una reducción en la eficacia de separación. La membrana y su recipiente o soporte son calentados, por lo tanto, a temperaturas muy elevadas; por esta razón, los dispositivos de este tipo utilizan juntas metálicas particulares para el cierre hermético entre la membrana y el soporte, creando superficies de contacto metal/cerámica/metal sujetas a características mecánicas y térmicas de expansión diferentes, con todos los problemas consiguientes.

45 El documento FR 1547549 divulga un aparato para la separación de fluido, en el que si dirige fluido hacia una membrana de malla compuesta por fibras huecas entrelazadas. Se hace pasar el fluido a través de la malla de la membrana, y se atrapa parte de la composición del fluido en las fibras huecas para ser recogida.

50 En "Mixed reforming of heptane to syngas in the $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_3$ membrane reactor" - Catalysis Today, 104, 2005, 149-153, se divulga un aparato para la separación de gas que está compuesto por dos miembros intercalados con una membrana de permeación. Cada uno de los miembros tiene dos cámaras coaxiales dotadas de entradas y salidas, respectivamente. Dependiendo del lado de la membrana, se obliga al fluido que ha de ser permeado o al fluido ya permeado a pasar de las entradas a las salidas en el mismo lado de la membrana. Este sistema sigue adoleciendo de una eficacia reducida.

55 Por lo tanto, en la actualidad los procedimientos para la producción de oxígeno a partir del aire, de hidrógeno a partir del gas de síntesis y/o de otros gases están evolucionando hacia el uso de membranas que, en ciertas condiciones de presión, de temperatura y de diferencia de potencial, permiten la selección de dichos gases de las mezclas de gas en las que se contienen, logrando concentraciones de gran interés para muchas aplicaciones industriales.

Las membranas planas son preferibles dado que son más simples de producir y más sencillas de sustituir en caso de rotura. Sin embargo, sigue habiendo numerosos problemas en la gestión de membranas, incluso las planas. En particular, existen problemas con la eficacia en la separación del gas, en la junta hermética en torno a la membrana y en el coste de las juntas herméticas utilizadas en la actualidad.

5 El objeto de la presente invención es solucionar los problemas mencionados anteriormente y proporcionar un sistema fluidodinámico con capacidad para aumentar la eficacia de separación y favorecer la operación del sistema de cierre hermético en las condiciones operativas y en el inicio y al final de las fases de producción, y que sea, al mismo tiempo, sencillo de producir y fácil de sustituir en caso de rotura de la membrana.

10 Se logran estos y otros objetos mediante un sistema para la separación de un gas, caracterizado según la reivindicación 1. Se enumeran aspectos preferentes en las reivindicaciones dependientes. Un objeto adicional de la invención es un procedimiento para la separación de gases según la reivindicación 13.

15 En particular, el sistema según la invención comprende una membrana plana de permeación del gas dispuesta como una junta hermética entre un primer elemento estructural y un segundo elemento estructural, en el que la membrana de permeación separa un primer entorno que contiene gas que ha de ser permeado, y un segundo entorno que contiene gas permeado. Al menos uno de los elementos estructurales está dotado de dos o más cámaras dispuestas una dentro de la otra, y separadas de la membrana para proporcionar una comunicación fluidica entre las cámaras al menos en las inmediaciones de la membrana, es decir, en el volumen del sistema adyacente a la membrana. Las cámaras están dotadas adicionalmente de al menos una entrada y al menos una salida para el gas, dispuestas de forma que una cámara dotada de una entrada no tenga una salida y viceversa. En la siguiente descripción se definirán las cámaras que tienen una o más salidas como "cámaras de entrada" y se definirán las cámaras que tienen una o más salidas como "cámaras de salida".

20 Los elementos estructurales comprenden medios para crear un movimiento vorticial, o flujo vorticial, al menos en las superficies respectivas de la membrana de permeación. Los referidos medios para crear un vórtice son medios cualesquiera adecuados para dirigir el flujo de gas en una dirección que está inclinada con respecto al plano de la membrana (o con respecto a un eje perpendicular a la membrana), y que es, preferentemente, no radial con respecto al centro de la membrana. El ángulo de la inclinación mencionada es no nulo inferior a 90° , es decir, se encuentra en el intervalo de 0° a 90° , excluyendo los valores 0° y 90° del intervalo. En otras palabras, el valor del ángulo es mayor que 0° e inferior a 90° . Los medios para crear un vórtice pueden comprender al menos uno de: una entrada inclinada, desviadores, o una combinación de los mismos.

30 Según un primer aspecto de la invención, puede proporcionarse una entrada que tiene, al menos en su abertura en la cámara relativa, un ángulo no nulo de inclinación inferior a 90° con respecto al plano en el que se encuentra la membrana plana.

35 Se utiliza la expresión "inclinada al menos en la abertura en la cámara" para indicar entradas que están inclinadas con respecto a la membrana en toda su longitud, y también aquellas realizaciones en las que la inclinación de las entradas está limitada solamente a la porción terminal, o en general, a la porción correspondiente a la abertura en la cámara relativa.

En otras posibles realizaciones según la invención, se proporcionan desviadores de fluido, en concreto desviadores de gas, adecuados para impartirle al gas la inclinación requerida según un ángulo superior a 0° e inferior a 90° con respecto al plano en el que se encuentra la membrana.

40 Estos desviadores de gas están colocados corriente abajo de la o las entradas y corriente arriba de la membrana y, preferentemente, están separados de manera vertical de la membrana; cuando se utiliza un desviador de gas, la entrada puede no estar inclinada. En otras realizaciones, los desviadores de fluido pueden sustituir las entradas, es decir, el desviador actúa como una entrada inclinada.

45 Las expresiones "corriente arriba" y "corriente abajo" hacen referencia al fluido que entra en el sistema desde las entradas. Como resultado, los desviadores de fluido se encuentran "corriente arriba" de la membrana cuando el gas que entra en el sistema pasa por los medios de los desviadores antes de pasar por la membrana.

Según un aspecto preferente de la invención, los desviadores de fluido están colocados al menos parcialmente en el interior de al menos una de dichas cámaras.

50 En general, dado que los desviadores de gas pueden sustituir la función de las entradas inclinadas, están inclinados con un ángulo superior a 0° e inferior a 90° con respecto al plano en el que se encuentra la membrana plana, para desviar el fluido tal ángulo no nulo.

Las paredes de las cámaras cooperan con la o las entradas/el o los desviadores para crear un movimiento vorticial en el interior de un elemento estructural. Para mejorar esta situación, en el caso de los desviadores de fluido, están alojados en el interior de las cámaras de entrada.

Según un aspecto adicional de la presente invención, la inclinación de la o las entradas o del o de los desviadores está comprendida entre 5° y 80°, más preferentemente, se encuentra en el intervalo entre 20° y 60°. Los conductos de salida pueden estar inclinados o no.

5 En general, la disposición de los componentes del sistema, es decir, la disposición del o de los elementos estructurales en las cámaras, de la o las entradas inclinadas y/o del o de los desviadores de gas es tal que se puede generar un régimen estable de movimiento vorticial en la superficie de la membrana cuando el gas impacta la membrana. La definición de "régimen estable de movimiento vorticial" no implica que las líneas de corriente del fluido sean constantes con el paso del tiempo.

10 Preferentemente, las entradas/desviadores imparten al gas una dirección que no es radial con respecto al centro de la membrana, es decir, no desvían el fluido hacia el centro de la membrana.

El régimen de movimiento vorticial generado por los elementos estructurales en la superficie de la membrana y, en particular, en el interior de las cámaras mencionadas anteriormente, ha demostrado ser un sistema fluidodinámico particularmente ventajoso que favorece la permeación del gas mediante la membrana y que aumenta, por lo tanto, la eficacia de todo el sistema.

15 Según un aspecto de la presente invención, ambos elementos estructurales están dotados de cámaras según se han descrito anteriormente.

20 Según un aspecto adicional de la presente invención, el elemento o los elementos estructurales dotados de cámaras tienen, preferentemente, una geometría cilíndrica para minimizar las pérdidas de presión en sus superficies internas que podrían alterar la estabilidad del sistema fluidodinámico. Sin embargo, se puede utilizar una geometría prismática, en concreto con un número de lados superior a 5.

Según un aspecto adicional de la presente invención, hay presentes tres cámaras según se ha indicado anteriormente. Según una realización preferente, una cámara intermedia está dotada de entradas de gas, mientras que una cámara central y una cámara lateral, respectivamente por dentro y por fuera de la cámara intermedia, están dotadas de salidas de gas.

25 Gracias a esta solución, es posible regular la velocidad del gas en distintas áreas de la membrana. En particular, es posible establecer una velocidad de flujo del gas en la cámara externa superior a la velocidad del gas en las otras cámaras, de forma que se reduzca la presión y, por lo tanto, el esfuerzo en la porción externa de la membrana, que es la porción cercana a la conexión con los elementos estructurales.

Según otro aspecto de la presente invención, las cámaras son concéntricas.

30 Según un aspecto adicional de la presente invención, al menos una cámara es anular.

Según un aspecto adicional de la presente invención, la geometría y la disposición de las cámaras en los elementos estructurales son sustancialmente simétricas entre sí con respecto a la membrana.

35 Según un aspecto adicional de la presente invención, al menos dos gases rodean distintas superficies de la membrana de permeación, de forma que no influyan de manera recíproca su estado o su movimiento termofluidodinámico.

La presente invención versa, además, sobre un procedimiento de separación del gas según se reivindica en la reivindicación 13. Se enumera un aspecto preferente en las reivindicaciones dependientes.

40 En particular, por medio de un sistema según se ha descrito anteriormente, en el que una membrana plana de permeación sujeta entre dos elementos estructurales permite el paso selectivo de gas desde un primer entorno hasta un segundo entorno, en al menos un elemento estructural, el fluido entra en al menos una primera cámara y sale de al menos una segunda cámara, en el que dichas cámaras son distintas entre sí y se encuentran en comunicación fluidica entre sí al menos en las inmediaciones de dicha membrana. Preferentemente, las cámaras están dispuestas una dentro de la otra. Además, se suministra gas a al menos una de las cámaras a través de un conducto que le proporciona una inclinación de entrada con un ángulo no nulo inferior a 90°, con respecto a la
45 membrana plana, o los desviadores de fluido desvían el gas con dicho ángulo no nulo. Los valores angulares preferentes para la o las entradas de gas han sido definidos anteriormente.

50 El gas suministrado es el gas que ha de ser permeado en un lado de la membrana, y el gas permeado, o un gas portador del gas permeado, en el otro lado de la membrana. Las paredes divisorias de las cámaras cooperan con las una o más entradas y/o uno o más desviadores para crear un movimiento vorticial en el interior de un elemento estructural, en la membrana.

La invención tiene numerosas ventajas con respecto a la técnica conocida.

El movimiento vorticial que se genera en las cámaras reduce el grosor de la capa límite encima de la membrana y aumenta drásticamente la eficacia de separación del gas. Además, es posible regular la velocidad de los gases (y, por lo tanto, la presión) en el área adyacente a las juntas herméticas, reduciendo, por lo tanto, la presión en dicha área y prolongando la vida útil de las juntas herméticas.

- 5 Se representa una ventaja adicional por el hecho de que el sistema es flexible y se puede aumentar el número de cámaras desde un mínimo de dos cámaras hasta el número requerido de cámaras, y de tubos de suministro de gas, de forma que se permita dimensionar el sistema según el caudal de los gases que han de ser tratados.

Con referencia a las Figuras, se proporciona un ejemplo no limitante, en el que:

- 10 - La Figura 1 es una vista en perspectiva de un sistema de separación de gas según la presente invención;
- la Figura 2 es una vista volteada en perspectiva del sistema de la Figura 1;
- la Figura 3A es una vista en planta de la Figura 2;
- 15 - la Figura 4 es una vista en sección según el plano A-A de la Figura 3, en la que se resaltan los flujos de los gases en el sistema de la presente invención;
- la Figura 4A es un detalle ampliado de la Figura 4;
- 20 - la Figura 5 es una vista ampliada en sección de la Figura 3;
- la Figura 5B es una vista en sección de la figura 5, a lo largo de un plano que cruza una entrada.
- La Figura 6 es una vista en sección en perspectiva de una realización alternativa de un sistema de separación de gas según la presente invención;
- 25 - las Figuras 7A - 7C son vistas esquemáticas en sección de realizaciones adicionales de un sistema según la presente invención dotado de distintos tipos de desviadores de fluido o entradas fluidicas.

30 Un sistema 1 para la separación de un gas que comprende una membrana plana 2 de permeación del gas, denominada en lo que sigue membrana 2, sujeta entre un primer elemento estructural 3 y un segundo elemento estructural 4, denominados en lo que sigue primer elemento 3 y segundo elemento 4. La membrana 2 separa un primer entorno, denominado en lo que sigue cámara de permeación del gas, que contiene el gas 6 que ha de ser permeado, y un segundo entorno, denominado en lo que sigue cámara del gas permeado, que contiene el gas permeado 7. El primer elemento 3 y el segundo elemento 4 comprenden medios para crear un movimiento vorticial

35 al menos en la superficie respectiva de la membrana 2 y, en particular, al menos un elemento estructural está dotado de al menos dos cámaras dispuestas una dentro de la otra, que se encuentran en comunicación fluidica al menos en las inmediaciones de la membrana 2, es decir, adyacente a la misma. En la realización mostrada, los dos elementos estructurales 3 y 4 están dotados de tres cámaras cada uno 23, 24, 25 y 8, 9, 10, respectivamente; según se ha mencionado, hay al menos dos cámaras, y se puede aumentar el número según las dimensiones requeridas para el sistema y la membrana.

40

Una membrana 2 adecuada para su uso con la invención es cualquiera conocida de absorción de iones, o membrana transportadora de iones que opera mediante la aplicación de una presión o diferencia de potencial eléctrico en la membrana, o una combinación de las mismas.

45 El elemento estructural 4 dotado de las cámaras 8, 9, 10 tiene al menos una entrada 11 y al menos una salida 12 para el gas, dispuestas, de forma que la cámara con una entrada 11 no tenga una salida 12 y viceversa, la cámara con una salida tampoco tenga una entrada. En otras palabras, las entradas 11 fluyen al interior de las cámaras a diferencia de aquellas que tienen las salidas 12, de forma que una entrada 11 y una salida 12 no estén presentes de manera simultánea en la misma cámara.

50 En la realización de las Figuras 1-5, ambos elementos 3, 4 están dotados de cámaras, mientras que en la realización de la Figura 6, solo el elemento 4 que define el entorno que contiene el gas permeado está dotado de cámaras. En la Figura 6 se obtiene el movimiento vorticial en el lado del gas que ha de ser permeado mediante irregularidades del elemento estructural con respecto a la membrana.

55 Con referencia a la primera realización de las Figuras 1-5, los elementos estructurales 3 y 4 tienen una geometría cilíndrica, aunque también es posible un elemento estructural con geometría prismática (preferentemente con al menos 5 lados, más preferentemente al menos 7). Sin embargo, la geometría cilíndrica es preferible, dado que ha demostrado ser la más ventajosa para las condiciones fluidodinámicas en el interior del elemento 3 o 4.

En particular, el primer elemento estructural 4 comprende un cuerpo principal cilíndrico 13 y un borde 14 de acoplamiento colocado en uno de los dos extremos del cuerpo cilíndrico 13; de manera similar, el elemento estructural 3 comprende un cuerpo cilíndrico 31 y un borde 19 de acoplamiento.

5 Preferentemente, los cuerpos cilíndricos están conformados de manera complementaria para alojar una membrana 2 en su interior; se sujeta la junta hermética por medio de elementos 17 de junta, colocados, preferentemente, en ambos lados de la membrana, tanto en la cámara de permeación del gas como en la cámara del gas permeado; por ejemplo, los elementos adecuados de estanqueidad son juntas espirometálicas y similares, conocidas *per se* en la técnica. Las juntas adecuadas también son metálicas o metálicas con material de carga cerámico o polimérico resistentes a temperaturas elevadas y muy elevadas.

10 Los elementos 3 y 4 están dotados (Figuras 1 y 2) de al menos una entrada 11 o 21 para el gas respectivo 6 o 7 (Figura 4) y al menos una salida para el gas tratado; en la realización ejemplar mostrada, en cada cuerpo 4 y 3 hay dos entradas 11 y 21 y tres salidas 12 y 22 para los gases.

15 Preferentemente las entradas 11 tienen, al menos en las inmediaciones de sus aberturas en el interior de la cámara relativa, una inclinación no nula inferior a 90° con respecto a la perpendicular al plano en el que se encuentra la membrana 2, o están dispuestas de manera no paralela y no perpendicular con respecto a la membrana 2. En particular, la inclinación α (Fig. 5B) se encuentra en el intervalo entre $0,5^\circ$ y $89,5^\circ$, preferentemente entre 5° y 80° y, más preferentemente, entre 20° y 70° , siendo lo más preferible 30° - 60° .

20 En la figura 5B, para una visualización sencilla, se muestra la inclinación α no directamente sobre la membrana, sino con respecto a un plano 2a paralelo a la membrana 2. En la figura 5B, la inclinación de la entrada 11 es constante en toda su longitud, de forma que se mida el ángulo α con respecto al eje 11a de la entrada 11.

Según se ha mencionado ya, la inclinación α de las entradas puede limitarse únicamente a la porción terminal, o a la porción correspondiente a la abertura a la cámara relativa 9 de entrada. En tal caso, se debería escoger el eje 11a como el eje de la porción de la entrada 11 colocado cerca de la abertura de la cámara 9 de entrada.

25 Si hay más de un conducto de entrada, las inclinaciones respectivas deben ser tales que faciliten la circulación del gas en la cámara cilíndrica de alimentación y, por lo tanto, la inclinación debería, preferentemente, ser tal que los momentos del vector de la velocidad del gas de todos los conductos de entrada con respecto al centro de la base de la cámara cilíndrica de suministro del gas tengan la misma orientación.

30 Simplificando, todas las componentes de las velocidades de entrada del gas en cada conducto proyectadas sobre la base de la cámara de alimentación tienen, preferentemente, la misma orientación para generar una rotación en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario al de las agujas del reloj del gas entrante, según se explica mejor con referencia a la figura 8.

35 La inclinación de las salidas 12 es un aspecto menos importante que el valor de la inclinación de las entradas 11, y puede elegirse según resulte necesario según los requisitos de construcción. En la realización mostrada, las salidas 12 son perpendiculares al plano de la membrana 2. En otras palabras, las salidas 12 son sustancialmente paralelas al eje del cuerpo cilíndrico respectivo 13 o 31.

En la realización mostrada en las Figuras 1-5, el elemento 4 tiene tres cámaras concéntricas 8, 9, 10. Las cámaras 8, 9, 10 están definidas y separadas entre sí por paredes divisorias 15 que se extienden desde los cuerpos cilíndricos respectivos en la dirección de la membrana 2.

40 Con referencia particular a las Figuras 4 y 5, la cámara central 8 es cilíndrica y está conectada con una de las salidas 12, en particular con la salida central, y es una cámara de salida, en el significado definido anteriormente; la cámara cilíndrica 8 de salida está rodeada por una cámara anular 9. La cámara anular 9 está conectada con las entradas 11 y es, por lo tanto, una cámara de entrada. Además, la cámara anular 9 de entrada está rodeada por una cámara anular 10 de salida, conectada con dos salidas laterales 12.

45 En la Figura 5 se muestra la posición de las aberturas de las entradas 11 y de las salidas 12 en el interior de las cámaras 8, 9, 10 en la que, en aras de la simplicidad, se indica la abertura de las entradas 11 por medio de una X mientras que se esquematiza la abertura de las salidas 12 por medio de un punto.

50 Las paredes divisorias 15 están separadas de la membrana y permiten la comunicación fluidica requerida entre las cámaras 8, 9, 10 únicamente en las inmediaciones de la membrana 2, separando dichas cámaras 8, 9, 10 cerca de la superficie 16 de base (Fig. 4A, detalle de la Fig. 4), o de la superficie con las aberturas de las entradas 11 y de las salidas 12.

55 En particular, las paredes divisorias sobresalen una altura H desde la superficie 16, de forma que se garantice un paso del fluido entre la superficie superior de las paredes divisorias 15 y la membrana 2 entre las diversas cámaras 8, 9, 10 con una altura D. Se escoge la relación entre D y H según las características fluidodinámicas requeridas en el sistema 1. En general, H es mayor que D, para evitar interferencias fluidodinámicas entre las salidas 12 y las entradas 11.

Además, la altura H de las paredes cilíndricas que separan las cámaras 8, 9, 10, ya definidas como 15, pueden ser distintas, de forma que la altura de la sección para el paso a través de la membrana sea distinta entre la cámara anular 9 en la que se inyecta el flujo y la cámara cilíndrica 8 que contiene la sección de salida del flujo, y entre la cámara anular 9 y la cámara anular 10 que contiene al menos una salida de flujo.

- 5 Dicha variación en la relación entre H y D puede definirse para obtener el mejor campo fluidodinámico en el interior de las cámaras mencionadas anteriormente. De manera análoga, en el interior del elemento 3, las alturas de las correspondientes cámaras pueden ser distintas.

10 En la realización de las Figuras 1-5, el primer elemento 3 tiene una estructura interna sustancialmente especular a la estructura interna del segundo elemento 4. En particular, el primer elemento 3 tiene un cuerpo cilíndrico 31 que termina en un borde 19 de acoplamiento, adaptado para ser sujetado mediante una conexión estanca a los fluidos con el borde correspondiente 14 del segundo elemento 4.

15 Las aberturas de las entradas 21 y de las salidas 22 están ubicadas en la parte superior del cuerpo cilíndrico 23 del primer elemento 3, y están conformadas de manera análoga a las entradas 11 y a las salidas 12 del primer elemento 4. Por lo tanto, las entradas 21 están inclinadas con respecto al plano de la membrana 2, mientras que las salidas 22 son sustancialmente perpendiculares a la membrana 2.

Además, el primer elemento 3 está dotado de tres cámaras concéntricas 23, 24, 25, análogas y simétricas a las cámaras 8, 9, 10, respectivamente, del segundo elemento 4; en particular, las salidas 22 se abren a la cámara cilíndrica central 23 y a la cámara anular externa 25, mientras que las entradas 21 se abren a la cámara anular intermedia 24.

- 20 Las paredes divisorias 26, conformadas de una manera similar a las paredes divisorias 15, separan las cámaras, mientras que permiten una comunicación fluidica entre las mismas en las inmediaciones de la membrana 2.

Para garantizar el cierre estanco a los fluidos entre los dos elementos 3, 4, se coloca un par de juntas 17 que rodean la membrana 2 en su porción lateral entre los elementos 3, 4. Las juntas 17 son, por ejemplo, juntas espirometálicas.

25 Según puede verse en las figuras, cada uno de los dos elementos 3, 4 está dotado de una entrada adicional 18, 20 para termopares, u otras sondas de medición, adaptados para monitorizar el procedimiento en curso en el interior del sistema 1.

30 En la realización de la Figura 6, el segundo elemento 4' comprende las mismas partes que el segundo elemento 4 de la realización de las Figuras 1-5. A los elementos con la misma función y estructura se les ha designado números idénticos de referencia que los de la realización de las Figuras 1-5, seguidos de un superíndice. Para una descripción de dichos elementos, véase lo que antecede.

El primer elemento 30 consiste en un anillo adaptado para ser sujeto por una conexión estanca a los fluidos con el borde 14' de acoplamiento del segundo elemento 4'. Una pared 28 del primer elemento 30 delimita un área central 29 adaptada para crear un movimiento vorticial cerca de la membrana 2', según se describirá con más detalle a continuación.

- 35 Son posibles realizaciones adicionales, no mostradas en las figuras. Por ejemplo, se pueden simplificar las formas con respecto a las Figuras mostradas. En cuanto a la forma de las cámaras, por ejemplo, es posible proporcionar únicamente dos cámaras una dentro de la otra, preferentemente, una cámara cilíndrica central y una cámara anular concéntrica a la cámara central.

40 También se puede reducir el número de entradas y/o de salidas, en el caso en el que se proporcione únicamente una entrada y únicamente una salida. En la forma más simple posible, una única entrada está conectada con una de las dos cámaras que forman la estructura, mientras que una única salida está conectada con la otra de las dos cámaras.

Las Figuras 7A - 7B muestran dos realizaciones posibles de la presente invención, en las que se realiza el movimiento vorticial gracias a los desviadores de fluido, en vez de a las entradas inclinadas.

- 45 Las Figuras 7A - 7B (y también la siguiente 7C) utilizan el mismo número de referencia de las realizaciones anteriores para los medios que son idénticos a los medios correspondientes mostrados en las Figuras 1 - 5. Las partes del sistema omitidas en las figuras 7A - 7C son idénticas en las realizaciones anteriores.

Las soluciones de las figuras 7A - 7C pueden aplicarse igualmente al elemento estructural 3, o al elemento estructural 4, o a ambos. En las Figuras 7A - 7C, se aplican al elemento estructural 4.

- 50 Se pueden utilizar con la presente invención distintos tipos de desviadores 27a, 27b de fluido conocidos en la técnica.

En la realización de la Figura 7A, la cámara 9 de entrada está dotada de distintas entradas. Se muestra una única entrada 11 en aras de la simplicidad. Se dibuja la entrada 11 con líneas de puntos debido a que se coloca en un plano por detrás del plano de la sección mostrada.

5 La cámara 9 de entrada está dotada de un difusor 28, que tiene una pluralidad de desviadores 27a, en formas de aletas o álabes, inclinados un ángulo α no nulo con respecto a la membrana 2. Según la figura 5B, se muestra el ángulo α con respecto a un plano 2a paralelo a la membrana 2. El difusor puede distribuirse por la totalidad de los 360 grados de la cámara de entrada, o puede colocarse únicamente en áreas angulares limitadas en el interior de la cámara 9 de entrada.

10 Además, los desviadores 27a pueden colocarse a distintas alturas en el interior de la cámara 9 de entrada. Como ejemplo, se muestran con líneas de puntos una segunda posición 29 cerca de la abertura de la entrada 11 en el interior de la cámara de entrada, y una tercera posición 20, que está colocada parcialmente fuera de la cámara.

15 También puede ser posible colocar los desviadores 27a totalmente fuera de la cámara de entrada, si se proporciona suficiente espacio vertical (véase la distancia D en la fig 4A) entre la cámara y la membrana 2. Además, se pueden utilizar más desviadores 27a en serie, por ejemplo, colocando dos o más difusores 28 en serie, como en una turbina axial de múltiples etapas. Se muestran los desviadores 27a como aletas planas, también pueden ser sustituidos por cualquier tipo de álabe o superficie aerodinámica apta para desviar un gas. Es preferible una posición de los desviadores 27a, 27b de fluido en el interior de la cámara relevante, para aprovechar las paredes divisorias 15 que crean un movimiento vorticial en la superficie de la membrana 2. En vez de desviadores colocados en un difusor, la propia cámara puede estar conformada para impartir al gas la inclinación requerida.

20 Como ejemplo, en la figura 7B, la cámara 9 de entrada está dotada integralmente de un desviador 28b, conformado como una rampa en espiral en torno a la cámara interna 8 de salida. En cualquier caso, un desviador similar puede ser un elemento distinto con respecto a la cámara 9 de entrada, apto para ser insertado en la cámara de entrada.

25 En la figura 7B, para simplificar su visualización, solo se muestran una entrada 11 y un desviador 28B que tiene un desarrollo largo en el interior de la cámara 9 de entrada, y que tiene una pendiente constante. Sin embargo, en uso, la cámara 9 de entrada tendrá, preferentemente, más entradas y más desviadores 28, que tienen un desarrollo más corto y más complejo en el interior de la cámara 9 de entrada. Sin embargo, estos desviadores 28 tendrán una inclinación α con respecto a la membrana 2, al menos en su porción terminal, que está comprendida en el intervalo mencionado anteriormente de $0^\circ - 90^\circ$, de forma que se imparta al gas la dirección requerida inclinada con respecto a la membrana.

30 En general, el o los desviadores 27a, 27b de fluido están colocados corriente abajo de la abertura de la entrada en el interior de la cámara y corriente arriba y separados de la membrana 2, dado que es preferible tener cierto espacio entre el o los desviadores 27a, 27b y la membrana 2.

35 En la Figura 7C, la cámara 9 de entrada está llena parcialmente de material, y una pluralidad de entradas 11 cruza la altura H de la cámara 9 llena de material en toda su longitud. Únicamente se muestra una entrada 11, y se representa con líneas de puntos, dado que toda su longitud no cruza el plano de la sección mostrada, y en realidad no sería visible en la vista en sección de la fig 7C. Lo que se muestra es el desarrollo de las entradas 11 en el interior de la cámara 9 de entrada. En particular, las entradas 11 se enrollan en torno a la cámara interna 8 de salida (mostrada con una línea de puntos y rayas) en al menos parte de su longitud y, en particular, al menos en su porción final. El valor de la altura H del material solo es ilustrativo, dado que puede ser distinto. Según una realización
40 posible, se contempla una cámara de entrada llena completamente de material.

Además, aunque no se muestren, las realizaciones de las Figuras 1 - 6 pueden combinarse con las realizaciones de las Figuras 7A - 7C, por ejemplo, para colocar uno o más desviadores de fluido corriente abajo de una entrada inclinada. Finalmente, también se pueden emplear los desviadores de fluido en caso de un número distinto de cámaras.

45 Al igual que las entradas 11, 21, los desviadores 27a, 27b promueven una rotación en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario al de las agujas del reloj del gas en torno al centro de la membrana 2.

50 Para lograr tal resultado, las entradas 11, 21 o los desviadores 27a, 27b inyectan/desvían, preferentemente, el gas en la cámara 9 de entrada en una dirección que no es radial y, preferentemente, tangencial a las paredes. La definición de "radial" y de "tangencial" es evidente para un experto en la técnica y se explicará ahora brevemente con referencia a la Figura 8.

55 En la Figura 8, se muestran esquemáticamente la posición de una entrada 11 y de un desviador 27 (que puede ser un desviador genérico) en el interior de un elemento estructural (que en la Figura 8 es el segundo elemento estructural 4, aunque el siguiente razonamiento también se puede aplicar igualmente al primer elemento estructural 3) y la dirección relevante 31, 32 de inyección/desviación del gas. Obviamente, la dirección 31, 32 es la proyección de la velocidad del gas inyectado/desviado por la entrada 11/el desviador 27 en el plano de la vista mostrada, dado

que es evidente que el gas no fluye en un plano paralelo a la membrana 2, pero está inclinado con respecto a la membrana un ángulo α según se ha divulgado anteriormente (véanse las figuras 5B, 7A - 7C).

5 Los radios R1, R2 conectan el centro C de la membrana 2, respectivamente, con la posición del desviador 27 y de la abertura de la entrada 11 en la cámara 9 de entrada. En el caso de un desviador alargado 27 (por ejemplo, como el desviador 27b en la Figura 7B), el radio R1 está referido a la salida, es decir, a la porción terminal cercana a la membrana 2 del desviador 27.

10 Preferentemente, se alimenta el gas por medio de la entrada 11 o es desviado por el desviador 27 en una dirección 31, 32 que no es radial, es decir, una dirección 31, 32 que no es paralela a los radios respectivos R1, R2. En particular, la dirección 32 en la que se desvía el gas mediante el desviador 32 es perpendicular al radio R1, es decir, paralela a una dirección T1, que representa una línea tangencial a una circunferencia que tiene un radio R1 y un centro C. Se conoce esta dirección como "tangencial".

La dirección 31 de inyección del gas a través de la entrada 11 está inclinada un ángulo β con respecto a la dirección tangencial relevante T2. Según se ha mencionado, según un aspecto preferente, las direcciones 31, 32 son "tangenciales" con el significado definido anteriormente, es decir, perpendicular a los radios relevantes R1, R2.

15 Sin embargo, se contempla un ángulo entre la dirección "tangencial" T1, T2 y la dirección 31, 32 de desviación de inyección del gas. Preferentemente, tal ángulo β es, inferior a 60° .

20 La dirección "tangencial", o no radial, del gas que sale de la entrada 11 o del desviador 27 impactará en las paredes divisorias 15 de la cámara de entrada y el flujo resultante de gas adquirirá el movimiento requerido. Por lo tanto, las paredes divisorias 15 cooperan con las una o más entradas 11, 21 y/o los uno o más desviadores 27a, 27b para crear un movimiento vorticial en el interior de un elemento estructural 3, 4. En el procedimiento de operación de la primera realización de las Figuras 1 - 5, se introduce un gas 6 que ha de ser permeado a presión inclinado un ángulo no nulo de inclinación inferior a 90° con respecto al plano en el que se encuentra la membrana plana 2 a través de las entradas 21 al interior de la cámara intermedia anular 24 del primer elemento 3.

25 En el caso de desviadores 27a, 27b de fluido en el primer elemento 3, se imparte tal inclinación no nula al fluido por medio de los desviadores 27a, 27b.

La inyección 31/desviación 32 del gas 6 realizada por las entradas 21/desviadores 27a, 27b, preferentemente en cooperación con las paredes divisorias 15 de las cámaras 23, 24, 25, permite la creación de un movimiento vorticial en el interior del primer elemento, sustancialmente en toda la superficie de la membrana.

30 El movimiento vorticial citado permite reducir el grosor de la capa límite encima de la membrana 2, promoviendo, por lo tanto, la operación de la membrana 2.

35 Debido a la forma de las cámaras 23, 24, 25, y también a la inclinación de las entradas 21, se genera un movimiento vorticial en el interior del primer elemento 3 al menos en la membrana. La acción de la membrana 2 separa de una forma conocida una porción del gas 6 que ha de ser permeado. Dicha porción del gas es el gas que ha de obtenerse al final del procedimiento, es decir, el gas permeado 7, que es liberado, por lo tanto, de la membrana al interior del segundo elemento 4. El gas 6 que ha de ser permeado es expulsado, por lo tanto, del primer elemento 3 a través de las salidas 22, o de la cámara central 23 y de la cámara anular externa 25.

Una vez que el gas permeado 7 ha sido separado del gas 6 que ha de ser permeado mediante la acción de la membrana 2, debe ser extraído del segundo elemento estructural.

40 Para dicho propósito, se inyecta un gas portador a través de las entradas 11 del segundo elemento 4. En la realización mostrada, el gas portador es igual al gas permeado 7 y proviene, presurizado, de una reserva externa no mostrada en las Figuras.

45 Al igual que en el primer elemento 3, el gas permeado 7 en el elemento estructural 4 puede ser retirado del área encima de la membrana 2 mediante la inclinación de las entradas 11 que inyectan el gas a lo largo de la inclinación α requerida, y/o mediante desviadores 27a, 27b de fluido que desvían el fluido procedente de las entradas hasta la inclinación α apropiada mencionada anteriormente.

En vez del gas permeado 7, es posible inyectar un gas que no se une molecularmente con el gas permeado 7, normalmente un gas inerte.

50 Por lo tanto, se inyecta el gas portador, o el gas permeado 7 o un gas inerte, desde una reserva externa al interior de la cámara intermedia anular 9, de forma que se expulse de las cámaras 8 y 10, a través de las salidas 12, el gas permeado 7 obtenido durante el procedimiento.

Para facilitar la acción de la membrana 2, es preferible diferenciar las presiones entre los dos elementos 3, 4, en particular es preferible tener una presión más baja en el segundo elemento 4, o en el área que contiene el gas permeado 7.

El procedimiento descrito anteriormente también se aplica, con evidentes modificaciones, a la realización que comprende 2 cámaras y/o un número inferior de entradas y/o de salidas. En lo que concierne a la realización de la Figura 6, el procedimiento de expulsión del gas permeado del elemento 4' es análogo al procedimiento descrito anteriormente que concierne el elemento 4 de la primera realización.

- 5 Sin embargo, la alimentación del gas que ha de ser permeado es distinta. En la presente realización, el gas que ha de ser permeado fluye libremente en una dirección principalmente paralela al plano de la membrana 2'.

10 El área central 29, definida por la pared 28, forma una depresión cerca de la membrana 2' que altera el flujo del gas que ha de ser permeado, creando un movimiento vorticial cerca de la membrana. Dicha solución es menos eficaz que la disposición de cámaras, pero permite compartir el mismo flujo de gas que ha de ser permeado entre varios sistemas 1 según la invención.

15 La configuración de múltiples cámaras, con referencia particular a la configuración de tres cámaras, ha demostrado ser particularmente eficaz en la reducción de esfuerzos en la porción más externa de la membrana 2, 2', o en el área cerca de las juntas 17, 17'. Mediante un soporte lógico de simulación fluidodinámica numérica, se ha determinado que la geometría de la presente invención permite un aumento en la velocidad tangencial del fluido en el área más externa de la superficie de la membrana 2, 2', que en la configuración de tres cámaras coincide sustancialmente con la prolongación de la cámara anular más externa en la membrana. Como es sabido, dicha situación tiene como resultado una reducción en la presión estática en el área correspondiente de la membrana 2, 2'.

20 En particular, se ha notado que la velocidad en la superficie de la membrana cerca de la cámara anular más externa alcanza valores iguales o superiores al 50% del valor máximo de velocidad registrado en las cámaras del sistema, alcanzándose dicho valor máximo cerca de la abertura de las salidas 12, 12', 22 en el interior de los elementos estructurales 3, 4', 4.

En último lugar, a continuación se proporcionan algunos valores característicos del procedimiento.

25 La presión del gas 6 que ha de ser permeado se encuentra en el intervalo de 10 a 5000 kPa, preferentemente 500 a 5000 kPa; la presión del gas permeado 7 inyectado en el sistema es, preferentemente, inferior a la presión del gas 6 que ha de ser permeado y, en particular, la presión del gas permeado 7 es inferior a 4900 kPa, preferentemente, en el intervalo de 50 a 4900 kPa. La temperatura operativa es inferior a 1100°C y, preferentemente, entre 450°C y 950°C.

Ahora, se ejemplificará la invención con referencia al siguiente ejemplo no limitante.

Ejemplo 1

30 A modo de ejemplo, se proporcionan a continuación, los datos del sistema en función del uso de la membrana selectiva para gas, utilizada para lograr los objetivos de las reivindicaciones de la presente patente.

35 El sistema en cuestión consiste en una membrana sólida con una geometría circular plana, con un diámetro de 80 mm y un grosor de 2 mm. El radio de la cámara cilíndrica con sección circular central 8 es de 11 mm. El radio externo de la cámara anular 10 es de 33 mm, mientras que los radios interno y externo de la cámara anular 9 de entrada de gas son de 13 mm y de 23 mm, respectivamente. La altura de las paredes de las cámaras 15 es de 10 mm y la altura de la sección para el paso del fluido a través de la membrana D es de 3 mm.

Según se ha descrito, dichas dimensiones geométricas son idénticas para el elemento 4.

40 Se llevaron a cabo los cálculos termofluidodinámicos para la optimización del sistema con un caudal de 15 l/min, una presión absoluta media del gas que ha de ser permeado de 1100 kPa y una presión absoluta media del gas permeado de 100 kPa. Ambos gases fueron considerados a una temperatura de 1000°C.

45 Para llevar a cabo el análisis y la optimización subsiguiente del campo de flujo y el análisis de las propiedades termofluidodinámicas del flujo en el interior de las cámaras para el suministro de la mezcla de gas 6 que ha de ser permeado y del gas permeado 7 de extracción, se utilizaron programas de simulación conocidos en la técnica y disponibles comercialmente. Un programa adecuado es el módulo Flow Simulation del soporte lógico Solidworks de Dassault Systèmes.

Dicho módulo permite la realización de simulaciones termofluidodinámicas numéricas de sistemas reales con un nivel elevado de complejidad, empezando con la geometría del sistema diseñada por medio del soporte lógico Solidworks.

50 El módulo Flow Simulation permite que se realicen dichas simulaciones numéricas resolviendo las ecuaciones de conservación del caudal, de cantidad de movimiento y de energía para flujos reales, es decir, teniendo en cuenta tanto los flujos de elevada turbulencia, como los flujos que rodean superficies caracterizadas por la aspereza de la superficie y flujos sujetos a variaciones en temperatura debidas al efecto del fenómeno de intercambio térmico. Dichas ecuaciones utilizadas en las etapas de cálculo numérico, que son utilizadas por el soporte lógico común de

simulación numérica en el estado de la técnica, están definidas por la aplicación de los principios primero y segundo de termodinámica que se encuentran en la base de los procedimientos termofluidodinámicos.

El módulo Flow Simulation permite llevar a cabo las simulaciones termofluidodinámicas mencionadas anteriormente configurando condiciones límite específicas necesarias para llevar a cabo las simulaciones.

- 5 En particular, en el caso específico del cálculo llevado a cabo con respecto a los recipientes de la mezcla de gas que ha de ser permeado y del gas de ventilación para la extracción del gas permeado, se establecieron las siguientes condiciones límite:
- 10 a) condición límite de entrada: caudal de entrada del sistema. Para la simulación del campo de flujo y la consiguiente optimización termofluidodinámica del sistema objeto de la patente, se utilizó un caudal de 15 l/min a la temperatura de entrada de la mezcla de gas que ha de ser permeado.
- b) condición límite de entrada: temperatura del flujo de entrada del sistema, igual a 1000°C en las simulaciones llevadas a cabo.
- 15 c) condiciones límite de salida: presión de salida del sistema, aproximadamente 1100 kPa. Se optimizó dicho valor para obtener el valor de la presión absoluta de la mezcla de gas que ha de ser permeado de 1100 kPa en la superficie de la membrana de separación.
- 20 d) condición límite en las superficies del sistema: aspereza de la superficie para la simulación de las condiciones reales de flujo.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para la separación de un gas (6, 7), que comprende una membrana plana (2) de permeación del gas sujeta entre un primer elemento estructural (3) y un segundo elemento estructural (4), separando dicha membrana plana (2) de permeación un primer entorno que contiene el gas (6) que ha de ser permeado, de un segundo entorno que contiene el gas permeado (7), comprendiendo dichos elementos estructurales primero y segundo (3, 4) medios para crear un movimiento vorticial al menos en una superficie con respecto a dicha membrana (2) de permeación, caracterizado porque al menos un elemento estructural (3, 4) está dotado de al menos dos cámaras (8, 9, 10, 23, 24, 25) dispuestas una dentro de otra, y separadas de la membrana para proporcionar una comunicación fluidica mutua al menos en las inmediaciones de dicha membrana (2), comprendiendo dichas cámaras al menos una cámara (8, 23) de entrada que tiene al menos una entrada (11, 21) y al menos una cámara (9, 10, 24, 25) de salida que tiene al menos una salida (12, 22) para el gas (6, 7), una cámara (8, 9, 10, 23, 24, 25) dotada de una entrada (11, 21) que está libre de salidas (12, 22), donde dichos medios para crear un vórtice comprenden al menos uno de: una entrada (11, 21) de una cámara (8, 23) de entrada, inclinada un ángulo no nulo (α) de inclinación inferior a 90° con respecto al plano en el que se encuentra dicha membrana plana (2); un desviador de gas inclinado un ángulo no nulo (α) de inclinación inferior a 90° con respecto al plano en el que se encuentra dicha membrana plana (2); o una combinación de los mismos.
2. El sistema según se reivindica en la reivindicación 1, en el que ambos elementos estructurales referidos (3, 4) están dotados de dichas al menos dos cámaras (8, 9, 10, 23, 24, 25).
3. El sistema según se reivindica en la reivindicación 1 o 2, en el que el elemento estructural o los elementos estructurales (3, 4) dotados de dichas cámaras (8, 9, 10, 23, 24, 25) tienen una geometría prismática o cilíndrica.
4. El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que hay presentes tres de las referidas cámaras (8, 9, 10, 23, 24, 25).
5. El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que dichos desviadores de fluido comprenden álabes, aletas, o superficies aerodinámicas aptos para desviar el gas.
6. El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que dichos desviadores de fluido son integrales a una de las cámaras.
7. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos desviadores de fluido están separados de dicha membrana plana.
8. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos desviadores de fluido están alojados en el interior de una de dichas cámaras de entrada.
9. El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que dicho ángulo de inclinación se encuentra entre 20° y 60° .
10. El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que dichas cámaras (8, 9, 10, 23, 24, 25) son concéntricas.
11. El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que al menos una de dichas cámaras (8, 9, 10, 23, 24, 25) es anular.
12. El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que la geometría y la disposición de las cámaras en los elementos estructurales (3, 4) son simétricas entre sí con respecto a la membrana.
13. Un procedimiento para la separación de gas (6, 7) mediante un sistema (1) según cualquier reivindicación 1 a 10, en el que una membrana plana (2) de permeación sujeta entre dos elementos estructurales (3, 4) permite el paso selectivo de gas (6, 7) desde un primer entorno hasta un segundo entorno, caracterizado porque, en al menos un elemento estructural (3, 4), el gas (6, 7) entra en al menos una cámara (8, 9, 10, 23, 24, 25) de entrada y sale de al menos una cámara (8, 9, 10, 23, 24, 25) de salida, siendo dichas cámaras (8, 9, 10, 23, 24, 25) distintas entre sí, estando dispuestas una dentro de la otra y estando separadas (D) de dicha membrana para proporcionar una comunicación fluidica entre sí al menos en las inmediaciones de dicha membrana (2), en el que se desvía dicho gas (6, 7) a una inclinación no nula inferior a 90° con respecto a la membrana plana, por medio de al menos uno de una entrada (11, 21) o de desviadores de fluido, o una combinación de los mismos.
14. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que existe una diferencia de presión entre el gas (6) que ha de ser permeado y el gas permeado (7).
15. Un procedimiento según la reivindicación 13 o 14, en el que las paredes divisorias (15) de las cámaras cooperan con las una o más entradas (11, 21) y/o con uno o más desviadores (27a, 27b) para crear un movimiento vorticial en el interior de un elemento estructural (3, 4).

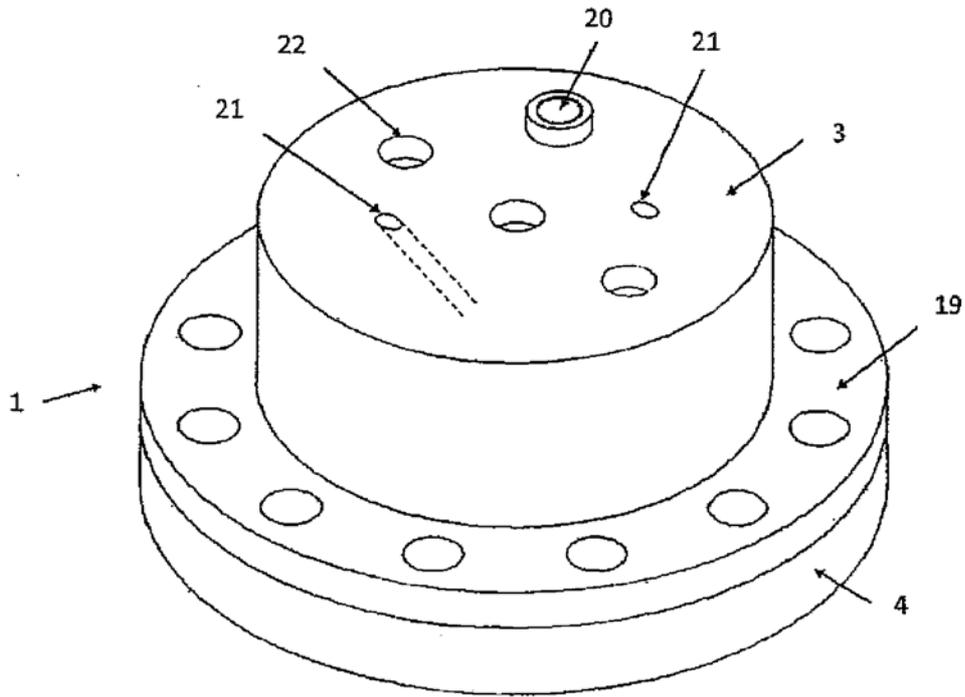


Fig.1

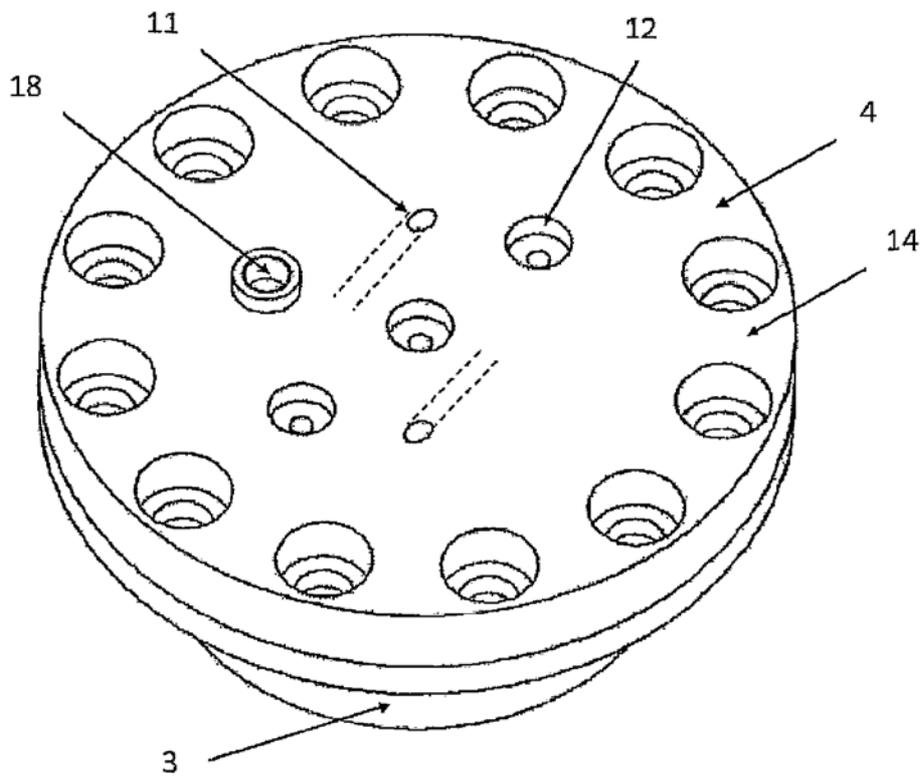


Fig.2

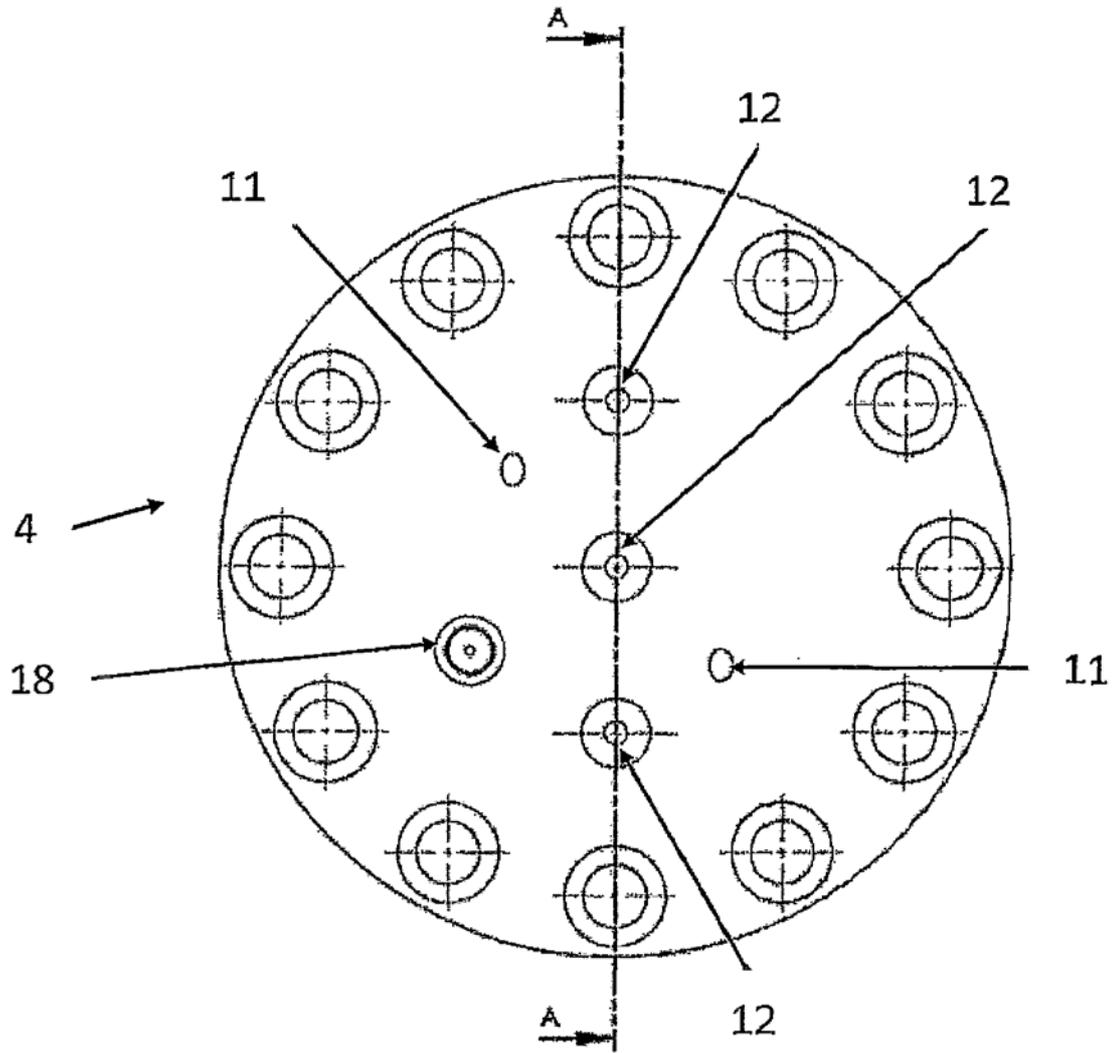


Fig.3

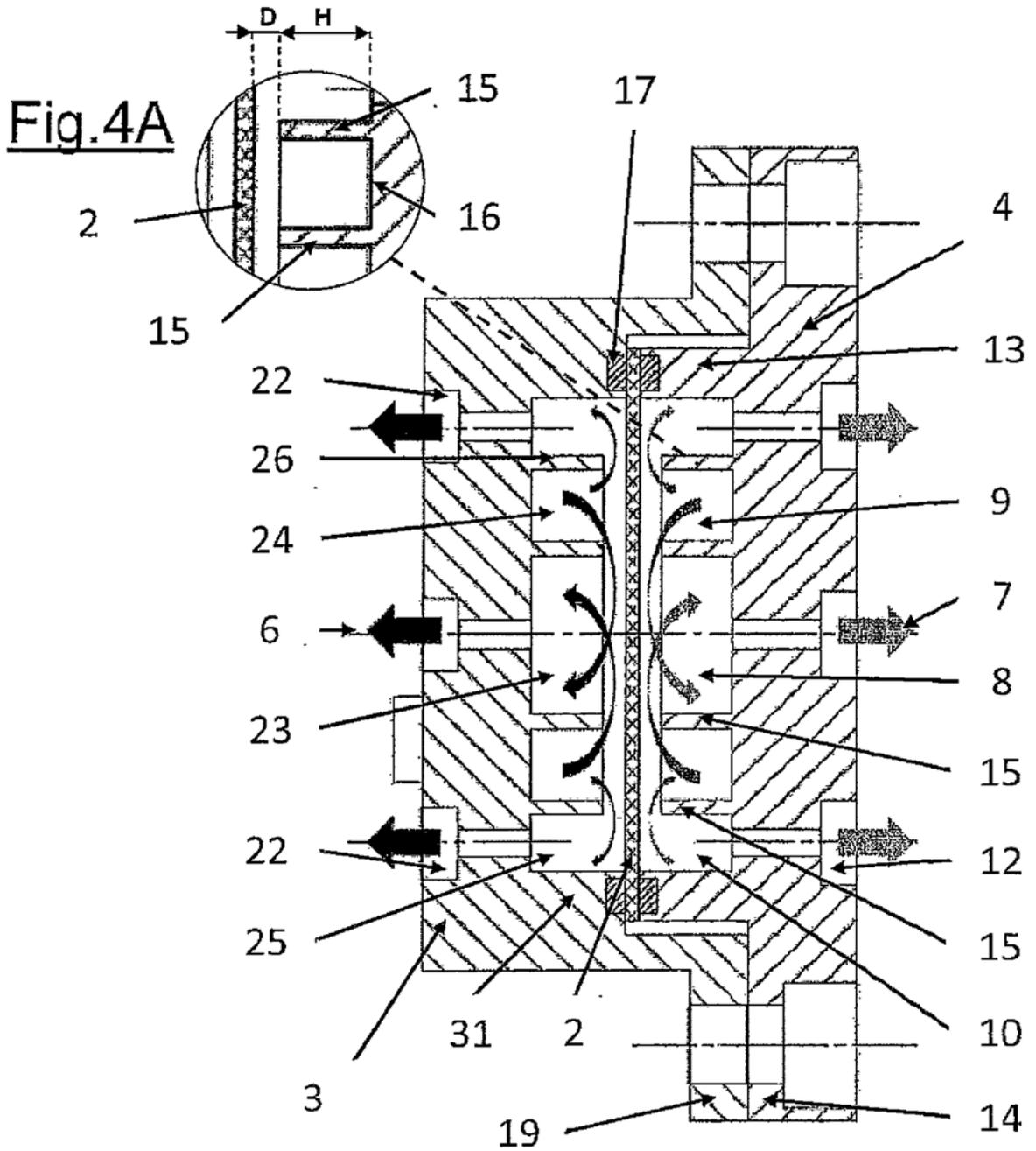


Fig.4

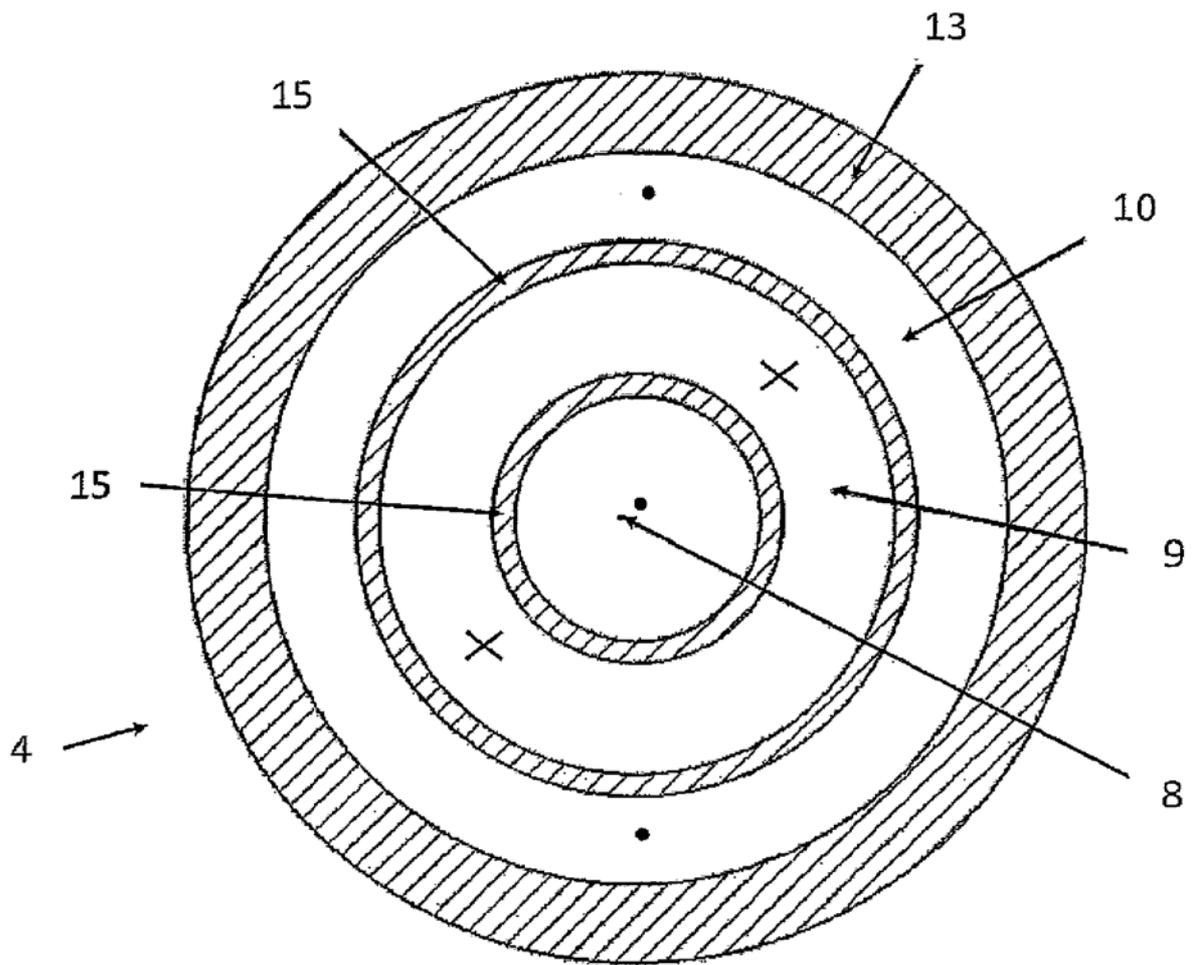


Fig.5

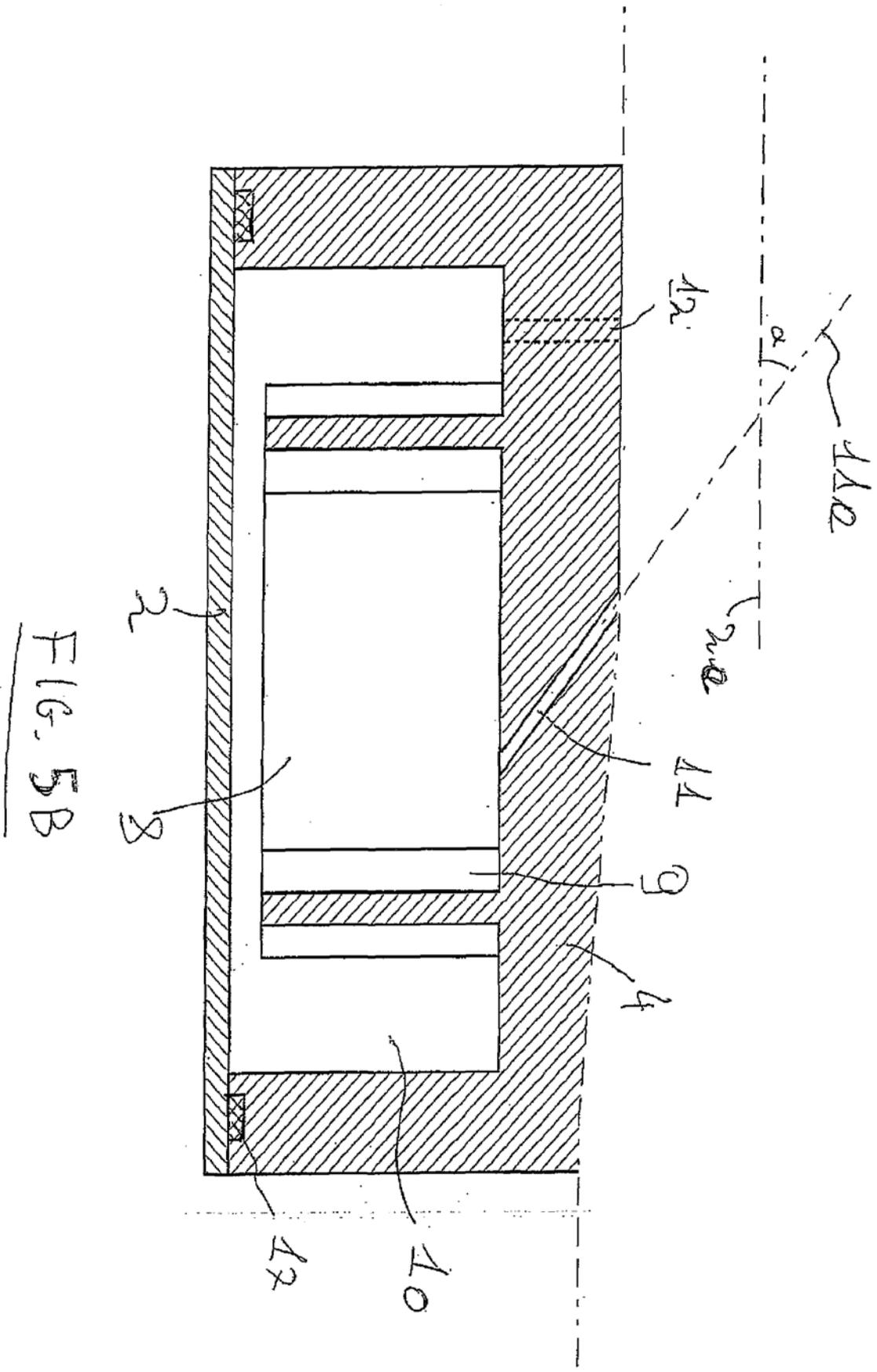
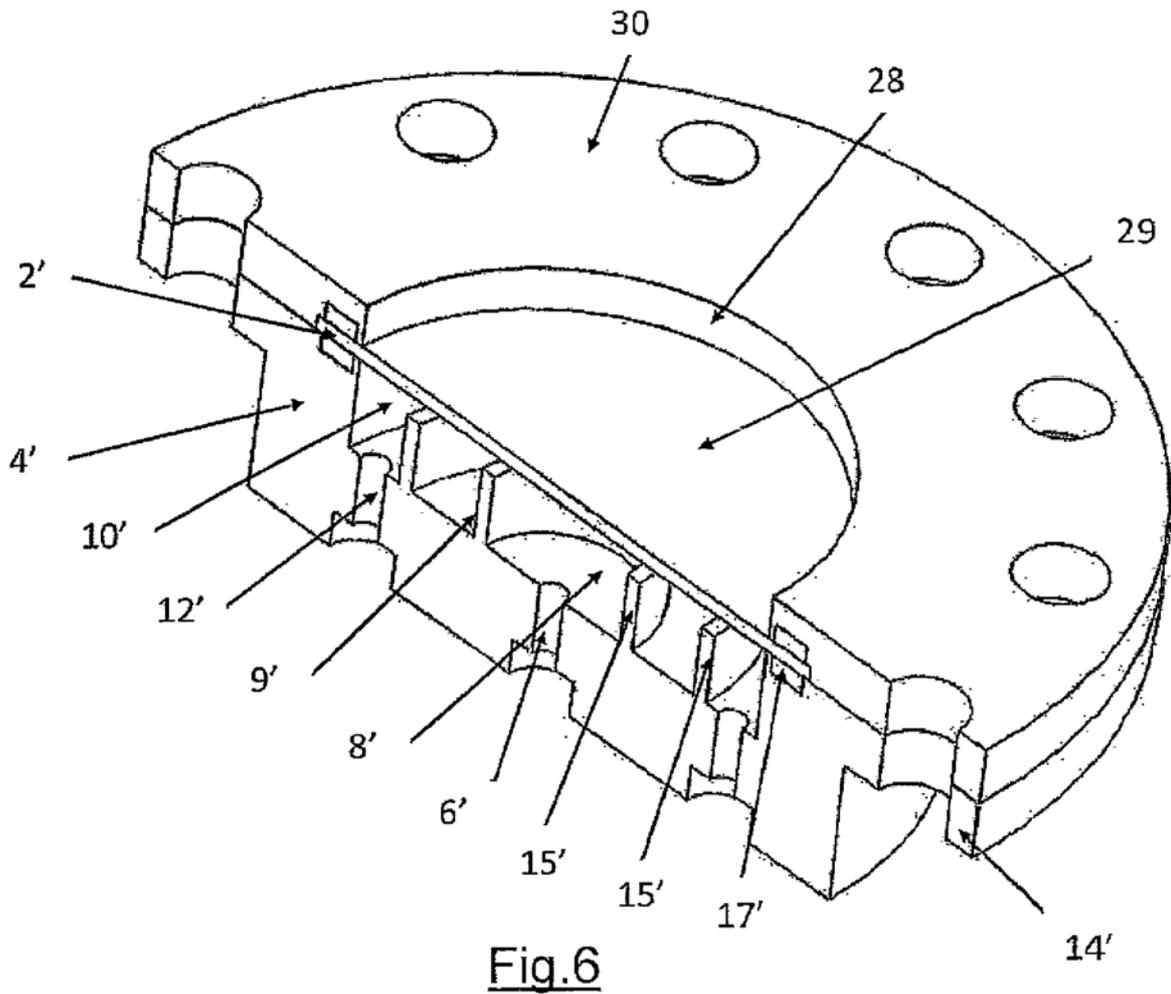
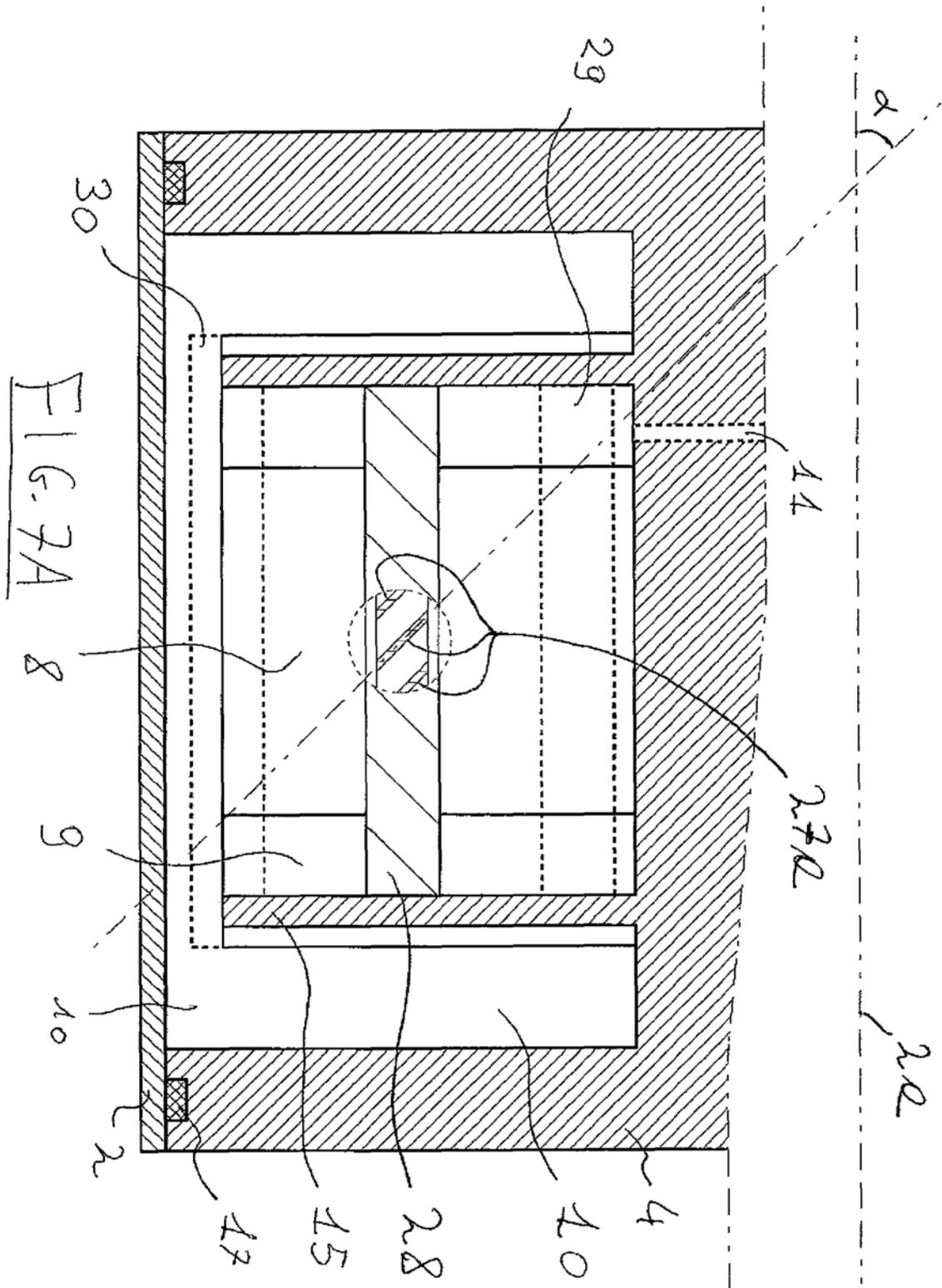


FIG. 5B





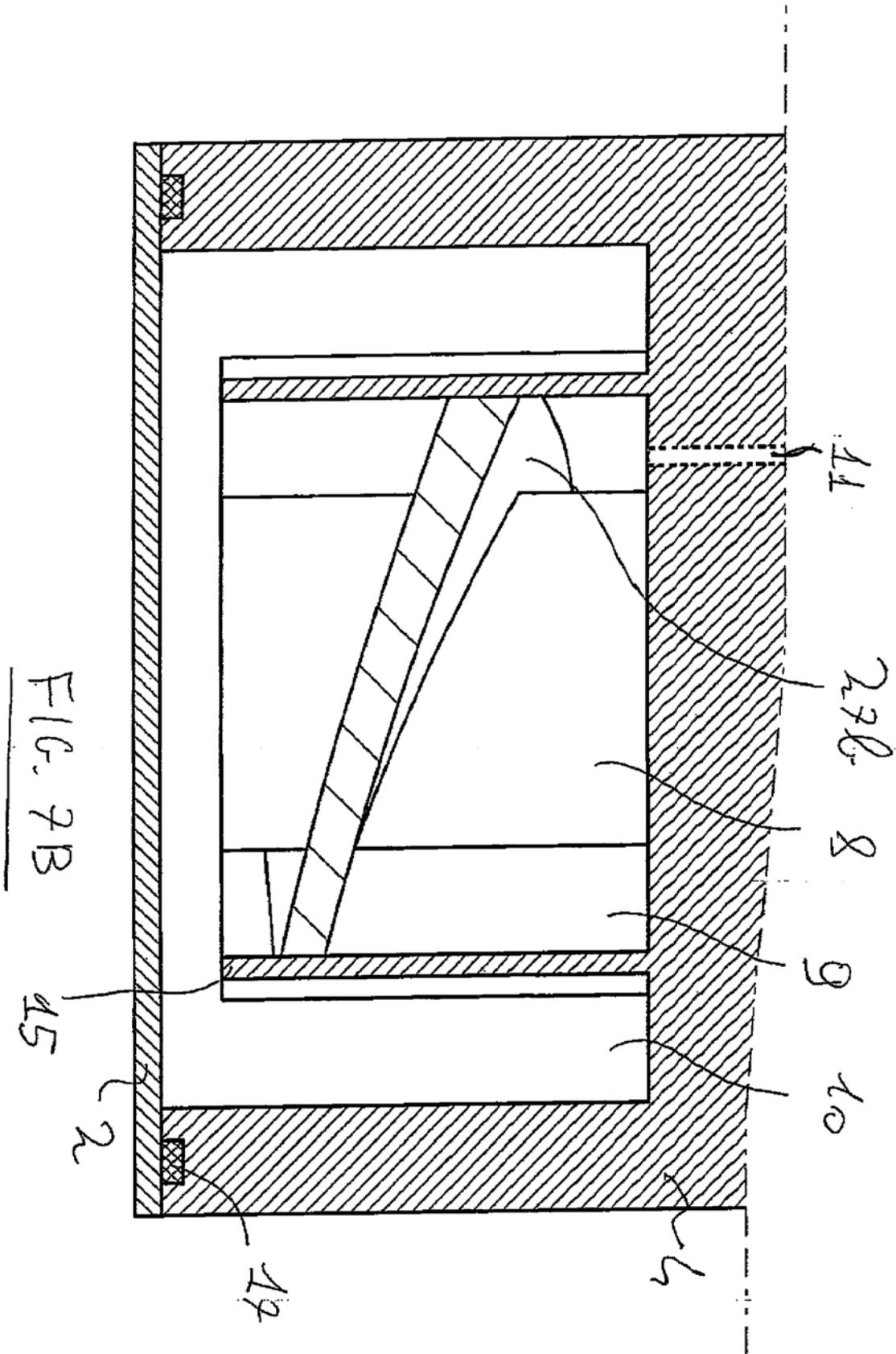
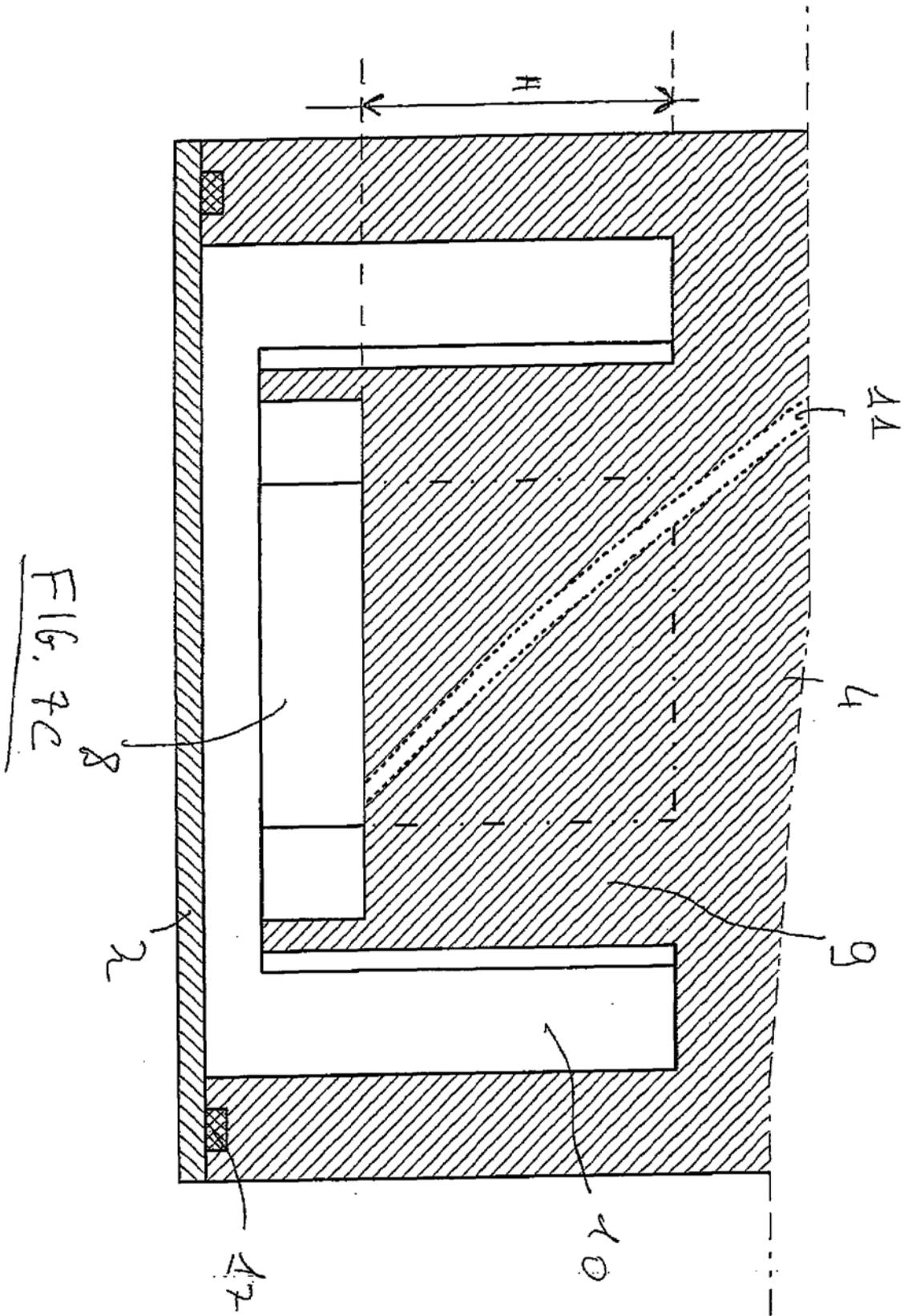


FIG. 7B



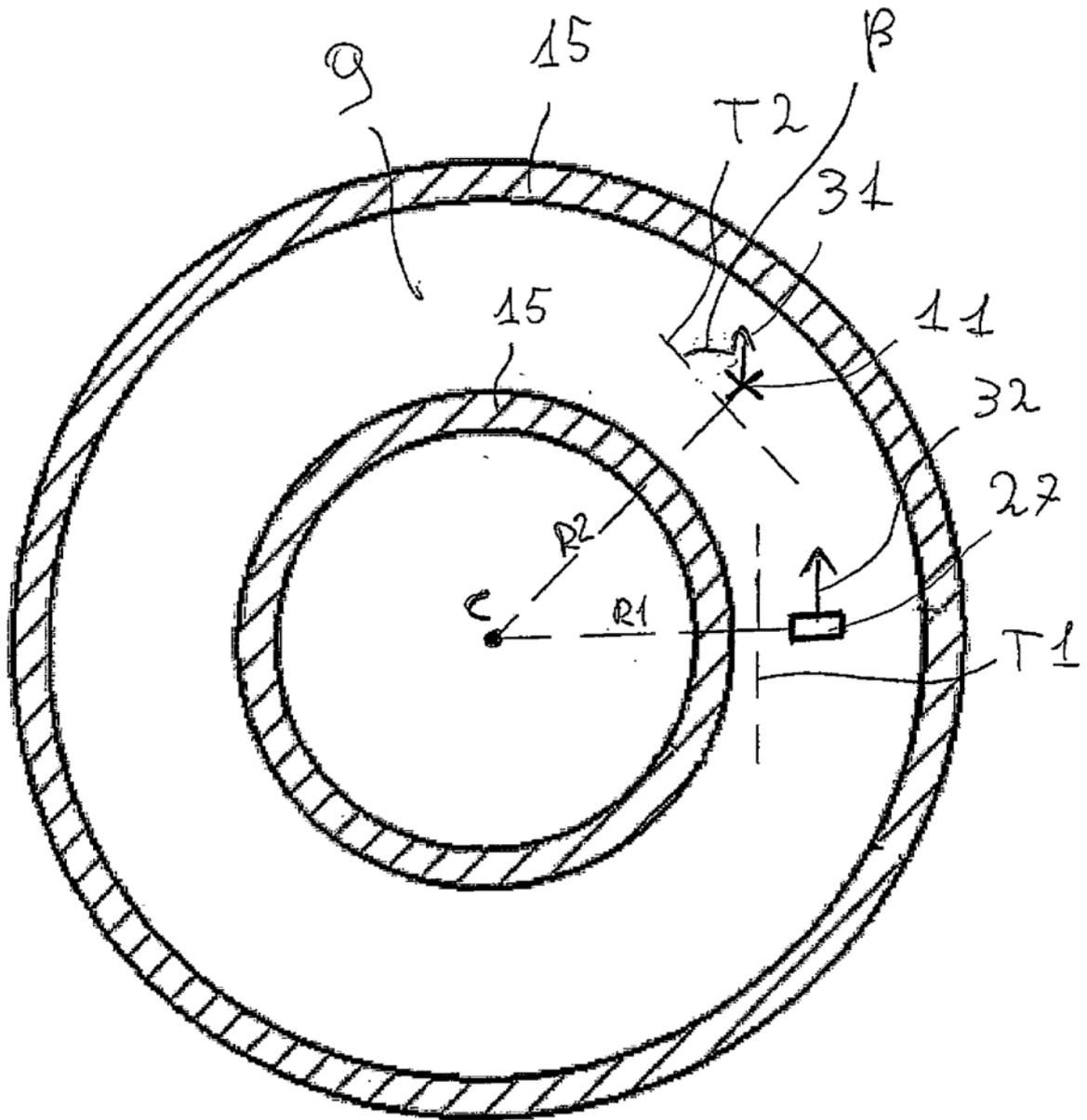


FIG. 8