

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 955 330**

51 Int. Cl.:

B01F 23/40

(2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.03.2014** **PCT/EP2014/056080**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.10.2014** **WO14154761**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2014** **E 14714656 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2023** **EP 2978519**

54 Título: **Dispositivo de filtración y emulsificación**

30 Prioridad:

26.03.2013 DE 202013101302 U

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

30.11.2023

73 Titular/es:

**MST MICROSIEVE TECHNOLOGIES GMBH
(100.0%)**

**Seestraße 334 a
8706 Feldmeilen, CH**

72 Inventor/es:

**LIEBERMANN, FRANZ y
VAN RIJN, CORNELIS JOHANNES MARIA**

74 Agente/Representante:

BERCIAL ARIAS, Cristina

ES 2 955 330 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

Dispositivo de filtración y emulsificación

- 5 La invención se refiere a un dispositivo con al menos un medio de membrana en un recipiente que puede utilizarse del mismo modo constructivo tanto para la filtración como para la emulsificación.

La filtración de líquidos consiste normalmente en la separación de partículas no deseadas de una sustancia no filtrada, por ejemplo líquidos, gases o suspensiones, que recibe la denominación de no filtrado, para producir dos fases: una
 10 sustancia filtrada y purificada, que recibe la denominación de filtrado (en microfiltración) o permeado (en ultrafiltración y nanofiltración), y una fase concentrada, el concentrado (en microfiltración) o retentado (en ultrafiltración y nanofiltración). Durante este proceso de filtración, las partículas presentes en el no filtrado, también denominado líquido de alimentación, tienden a acumularse en una o varias zonas de la superficie del medio filtrante, por ejemplo,
 15 la superficie de la membrana o del microtamiz, en la fase de concentrado o retentado, es decir, en la cara del medio filtrante o del microtamiz orientada hacia el no filtrado. De este modo, se forma gradualmente una torta o capa de cubrición en la superficie de la membrana o del microtamiz. El amontonamiento de partículas o macromoléculas en el no filtrado, también denominado líquido de suministro, crea un atasco, un gradiente de concentración llamado polarización de concentración, en las inmediaciones y sobre las superficies de la membrana o del microtamiz, lo que provoca una degradación del rendimiento del filtro.

20 Los microtamices se definen como membranas de filtración muy planas con porosidades elevadas (>20 %) y/o con poros con una longitud de canal poroso inferior a diez veces o inferior a tres veces el diámetro del poro.

Se conocen varios procedimientos que evitan la acumulación de partículas en el medio filtrante o limpian el medio
 25 filtrante de partículas o capas acumuladas.

Además de la filtración de caudal cruzado, el retrolavado del medio filtrante es una práctica habitual de limpieza de filtros. Durante el retrolavado, un líquido de limpieza, por ejemplo agua desmineralizada (AD) o el propio filtrado, también denominado permeado, se transporta desde la cara de filtrado, también denominada cara de permeado, a
 30 través del medio filtrante hasta la cara de concentrado, también llamada cara de retentado. Para ello, el filtrado (permeado) se somete brevemente a una presión transmembrana (PTM) superior a la necesaria para la filtración. A menudo, para ello es necesario interrumpir el proceso de filtrado. En este caso, el retrolavado tiene lugar después del proceso de filtración. También se conoce el retrolavado con impactos cortos de retrolavado, es decir, una inversión de la dirección del flujo a través de la membrana, mediante la aplicación de una PTM negativa durante el proceso de
 35 filtrado, es decir, sin su finalización. Tales procesos de retrolavado se caracterizan por una estructura relativamente complicada y presentan únicamente un efecto de limpieza limitado en las superficies de membrana o microtamiz. La eficacia de estos procedimientos de retrolavado se ve limitada por (1) frecuencias de retrolavado bastante bajas (1-60 veces por hora) y (2) grandes distancias entre el lugar de activación de los golpes de retrolavado (impactos) y las superficies de membrana, particularmente en instalaciones industriales. Esto último puede dar lugar a martillazos o
 40 retrasos no deseados. Durante los impactos de retrolavado, la filtración no solo se detiene, sino que se revierte, lo que supone que el filtrado ya producido vuelva a perderse.

Un método conocido de filtración de caudal cruzado es la rotación de los discos filtrantes durante la filtración para reducir la formación de una capa de cubrición mediante la aplicación de fuerzas de cizallamiento a la superficie de la
 45 membrana o del microtamiz. Algunos ejemplos de tales sistemas de filtrado se caracterizan por el apilamiento de discos filtrantes con orificios centrales montados sobre uno o varios ejes huecos. La pila de discos filtrantes se hace girar alrededor de su eje.

Sin embargo, incluso estas medidas a menudo no consiguen disminuir suficientemente la formación de una capa de cubrición en la superficie de la membrana o del microtamiz. Una consecuencia de ello es que, poco después de iniciarse el proceso de filtración, el rendimiento de la filtración decae rápidamente en función de la sustancia que se
 50 vaya a filtrar y de las instalaciones utilizadas. Incluso las elevadas velocidades de rotación no suelen ser capaces de eliminar las partículas de los poros del medio filtrante, tal como se representa en la fig. 1. Los poros bloqueados solo pueden abrirse entonces invirtiendo la dirección del flujo.

55 Por lo tanto, es deseable encontrar un método fiable y sencillo para limpiar las superficies de la membrana o del microtamiz y evitar así la formación de una capa de cubrición sobre el medio filtrante durante el proceso de filtración.

Se conocen varias propuestas de solución, por ejemplo, la patente estadounidense n.º 6.217.637 B1 describe un
 60 dispositivo utilizado en el procesamiento textil para separar pequeñas partículas de un caudal de aire. Esto se consigue mediante un sistema de filtrado de dos etapas en el que el tejido de malla se estira sobre tambores o discos filtrantes

giratorios. Para evitar obstrucciones de los tejidos de malla con anchos de malla normalmente en un intervalo de entre 20 y 80 mallas (1,2-0,3 mm de tamaño de orificio), se introduce un método de limpieza mediante vacío en seco caracterizado por que un brazo de vacío (p. 12, fig. 3) genera una presión relativa negativa destinada a eliminar una posible capa de cubrición del tejido de malla. Asimismo, la patente alemana n.º DE 23 51 298 A y la patente estadounidense n.º 4.222.754 describen dispositivos móviles o fijos para el retrolavado de tambores filtrantes mediante boquillas o dispositivos de succión. La limpieza de filtros giratorios mediante dispositivos de succión también se conoce por los documentos CN 202 113 680 U y EP 2 361 665 A1.

Por otra parte, la invención descrita en el presente documento se destina preferentemente a la filtración por membrana de líquidos con membranas de micro, ultra y nanofiltración que presentan un tamaño medio de poro comprendido entre 5 micras y 0,5 nanómetros y se utilizan, por ejemplo, para el fraccionamiento de proteínas, la clarificación de cerveza o la filtración estéril de productos de la industria alimentaria, el sector lácteo, así como la producción farmacéutica y biotecnológica. A diferencia de los dispositivos anteriormente descritos, en la invención descrita en el presente documento no es un tambor, sino un disco o un paquete de discos giratorios los que se limpian simultáneamente. A diferencia de los métodos anteriormente mencionados, la presente invención no implica un retrolavado clásico, sino una inversión de flujo de alta frecuencia, también denominada «inversión de flujo rápida».

Es objeto de la presente invención hacer posible la eficiencia de filtración de dispositivos filtrantes con, en particular, medios filtrantes o microtamices giratorios de una manera económicamente factible, técnicamente innovadora y escalable.

Aquí es donde entra en juego la inversión de flujo rápida. Como ya se ha mencionado al principio, el rendimiento de la filtración por membrana se ve limitado por el ensuciamiento («formación de capas en la membrana por sustancias de origen orgánico en suspensión o disueltas coloidalmente, con un efecto reductor en el rendimiento del filtrado, debida entre otros aspectos a la contaminación microbiana...») Gasper *et al.*, Manual de filtración industrial de sólidos/líquidos, 2.ª edición, Weinheim, 2000) en los poros de membrana, lo que puede provocar que el rendimiento de filtración disminuya bruscamente durante determinado periodo de tiempo. La inversión de flujo de alta frecuencia evita esta merma en el rendimiento de la filtración. Durante la inversión de flujo de alta frecuencia, la presión transmembrana se invierte durante un breve periodo de tiempo, lo que también invierte brevemente la dirección del flujo. Esta inversión de la dirección del flujo limpia no solo la superficie de la membrana, sino también las impurezas de los propios poros de la membrana.

La diferencia decisiva entre la inversión de flujo de alta frecuencia según la invención y el retrolavado clásico, así como el retroimpulso de alta frecuencia anteriormente conocido, es que los dos procedimientos anteriormente conocidos siempre generan una presión desde la cara de la membrana orientada hacia el filtrado, a través de la membrana, hacia la cara del no filtrado, aunque todas las sustancias que restringen o impiden el rendimiento de la filtración se encuentren en la superficie de la membrana orientada hacia el no filtrado o en los poros. De este modo, el poro individual se libera durante un breve periodo de tiempo de una capa de cubrición que puede volver a cerrarse de manera inmediatamente posterior. Comparable a una fina película de plástico estirada horizontalmente (análoga a una biopelícula o una capa de cubrición), en la que se realiza una abertura (poro) con un tubo de aire desde abajo aplicando un impulso de sobrepresión (análogo a un impulso de retrolavado), esta abertura se cierra tras el impulso de presión y la película (biopelícula o capa de cubrición) se deposita sobre la abertura tubular (poro) y la vuelve a obstruir cuando se aplica presión desde la parte superior de la película. Por el contrario, la inversión de flujo de alta frecuencia según la invención se aplica a la superficie de la membrana que da al no filtrado, es decir, directamente donde se forman estas capas. Como resultado, estas sustancias no permeables, que son las causantes del ensuciamiento y el bloqueo de membrana, pueden eliminarse directamente del lugar donde se producen y, sobre todo, por completo, en toda la superficie de la membrana y, por tanto, de forma sustancialmente más eficaz. Por último, a diferencia del retrolavado y el retroimpulso, la inversión de flujo de alta frecuencia extrae las sustancias que forman la capa de cubrición de la superficie de la membrana a través de las ranuras de succión y las transporta fuera, sin limitarse a empujarlas fuera de los poros.

Es objeto de la presente invención proporcionar una inversión de flujo de alta frecuencia por medio de una banda de succión o una placa de boquillas, que hace posible una breve inversión de la dirección del flujo durante el proceso de filtración. Para garantizar una inversión de la dirección del flujo a través del medio de membrana, también denominado membrana o, en el caso de que su caso de aplicación sea la filtración, como medio filtrante, la banda de succión o placa de boquillas genera una presión relativa negativa al menos tan elevada como la presión transmembrana aplicada durante la filtración.

La inversión de flujo de alta frecuencia suele producirse a frecuencias comprendidas entre 1 y 100 Hz. La inversión de flujo de alta frecuencia siempre es necesaria cuando se utilizan filtros de alto rendimiento con capas de membrana especialmente eficientes, que se caracterizan por funcionar a una PTM baja (normalmente < 0,5 bar), cuyo rendimiento

(medido en volumen de filtrado o permeado producido por superficie filtrante, unidad de tiempo y presión transmembrana) disminuye en órdenes de magnitud (bastante más del 90 %) en pocos minutos a pesar de velocidades de desbordamiento de hasta 20 m/s («flujo cruzado»), pero sin utilizar la inversión de flujo de alta frecuencia. Por ejemplo, al filtrar agua potable con una membrana de alto rendimiento, el rendimiento desciende de 36 m³/m²/h/0,2 bar en 9 minutos a pesar del desbordamiento con una velocidad circunferencial de 12 m/s a menos de 300 L/m²/h/0,2 bar (0,3 m³/m²/h/0,2 bar). Este ensuciamiento de membrana no puede revertirse mediante retrolavado o retroimpulso normal, por lo que hasta el momento se consideraba irreversible.

La invención hace posible, por primera vez, reducir al mínimo la pérdida de filtrado, ya que el volumen de líquido necesario para limpiar la superficie de la membrana mediante la inversión de flujo de alta frecuencia disminuye con la tercera potencia a medida que disminuye la distancia entre la ranura de succión y la superficie de la membrana. Esta posibilidad no está disponible con ninguno de los sistemas de retrolavado o retroimpulso conocidos hoy en día.

El dispositivo según la invención es adecuado tanto para la micro, ultra o nanofiltración (es decir, para tamaños de poro de entre 0,5 nm y 5 nm) como para la emulsificación de líquidos. Presenta al menos un medio de membrana giratorio con una cara de filtrado/permeado (en caso de procesos de filtración) o una cara orientada hacia una fase dispersa (en caso de procesos de emulsión) y una cara de concentrado/retentado (en caso de filtración) o una cara orientada hacia una fase coherente (en caso de emulsificación). El medio de membrana se encuentra en un recipiente y puede girar en el mismo. El recipiente presenta al menos un punto de carga para un no filtrado o la fase coherente, al menos un punto de rebosamiento para un no filtrado o una emulsión y al menos un canal giratorio para la descarga del filtrado/permeado o carga de la fase dispersa y un dispositivo de succión. Con ayuda del dispositivo de succión, se puede generar una presión negativa en zonas parciales del al menos un medio de membrana giratorio en el recipiente. La presión negativa puede generarse en pequeños periodos de tiempo, pudiendo aplicarse la presión negativa preferentemente a intervalos. Está prevista la aplicación de una presión negativa con una frecuencia de 1-100 Hz. Se coloca en una cara de no filtrado o en la cara orientada hacia la fase coherente. El dispositivo de succión presenta o es al menos una banda de succión o placa de boquillas dispuesta paralelamente al medio de membrana giratorio. Se monta a una distancia de 0,05-0,5 mm del medio de membrana. De este modo, se puede limpiar una superficie del medio de membrana de las sustancias no permeables que se han acumulado en la cara de no filtrado durante un proceso de filtración o promoverse la formación de gotas de la fase dispersa surgida de una superficie de membrana en la cara orientada hacia la fase coherente durante un proceso de emulsificación.

Sorprendentemente, se comprobó que una optimización del rendimiento de la filtración se consigue limpiando continuamente el medio filtrante o el microtamiz durante la filtración de las impurezas que puedan acumularse en la superficie del filtro o en la membrana. Esta limpieza se lleva a cabo durante el proceso de filtración mediante una o varias boquillas o bandas de succión que ejercen localmente una presión transmembrana (PTM) negativa sobre las superficies de la membrana, lo que también puede denominarse succión del filtrado/permeado a través de las superficies de membrana o microtamiz hacia la cara de alimentación de la carcasa del filtro.

Durante el proceso de filtración se forma una capa mediante un nuevo tipo de retrolavado o un nuevo tipo de retroimpulso, llamado inversión de flujo de alta frecuencia, a frecuencias más altas con volúmenes de filtrado/permeado muy escasos y muy cerca de la superficie de la membrana o del microtamiz, es decir, el lugar de formación de la capa de cubrición, con lo que se puede aumentar de forma sostenible el rendimiento de la filtración.

A continuación se explican y describen los distintos ejemplos de realización de la invención haciendo referencia a las figuras.

Según la invención, en una forma de realización preferida de un dispositivo filtrante que comprende al menos un medio filtrante 3, por ejemplo un microtamiz, una carcasa filtrante y un aparato para hacer girar el medio filtrante 3 en la carcasa filtrante (véase la fig. 2), el medio filtrante se somete a cortos periodos de PTM negativa durante el proceso de filtración de la siguiente manera. Una placa de boquillas o banda de succión 11 se monta en la cara del concentrado o retentado 1 a una distancia 9 de 0,05-0,5 mm del medio filtrante 3 giratorio. La referencia 7 indica el soporte de la banda de succión o placa de boquillas 7. La placa de boquillas o banda de succión 11 se hace funcionar a una presión relativa negativa o succión con respecto a la PTM y aspira así el concentrado o líquido retenido sobre la superficie de la membrana o del microtamiz. Dado que la boquilla o banda de succión 11 está situada cerca del medio filtrante 3 o microtamiz, las partículas y los componentes de la capa de cubrición también se succionan hacia la boquilla o banda de succión 11 con el líquido adsorbido 6, con lo que se consigue una limpieza 10 localmente eficaz del medio filtrante 3, mediante lo cual prácticamente se restablece el rendimiento de filtración original.

La boquilla o banda de succión 11 se monta preferentemente de forma que durante una rotación completa del medio filtrante 3, la succión se aplique sobre toda la superficie efectiva del medio filtrante 3, con el fin de aspirar la totalidad de las partículas y capas de cubrición acumuladas sobre el medio filtrante 3 a través de las boquillas o banda de

succión 11. La presión negativa que las boquillas o bandas de succión 11 ejercen localmente sobre el medio filtrante 3 debe ser superior a la PTM.

Según la invención, se genera una alta resistencia al flujo entre la cara de no filtrado y la banda de succión 11. De este modo, se puede mantener una presión negativa o de succión suficiente.

Según la invención, se pueden tomar medidas adicionales para generar una velocidad máxima o presión de succión máxima del líquido entre el medio filtrante y la banda de succión 11. De este modo, se genera una fuerza de flotación máxima sobre la capa de cubrición y las partículas en el medio filtrante.

10

La banda de succión 11 próxima al medio filtrante tendrá preferentemente forma de ala (véase la referencia 12 en la fig. 3), de modo que pueda lograrse un flujo más laminar y/o turbulencias y generarse una mejor aspiración o presión de succión.

15 La banda de succión o la placa de boquillas 11 presentan al menos una boquilla o ranura, también denominadas ranura de succión 8, que por lo tanto están montadas en la banda de succión o placa de boquillas 11 en paralelo al medio filtrante 3. La boquilla o ranura 8 debe colocarse lo más cerca posible de este medio filtrante 3.

En particular, la distancia está comprendida entre 0,05 y 0,25 mm. Con una distancia inferior a, por ejemplo, 0,25 mm, se consiguió un rendimiento de succión muy favorable en los ensayos. El líquido 6 requerido que fluye a través de la ranura 8 es escaso.

La placa de la banda de succión o placa de boquillas 11 tiene una anchura total de unos pocos mm a unos pocos cm en paralelo al medio filtrante 3. De este modo se transmite mejor la presión negativa entre la banda de succión 11 y el medio filtrante 3. Cuanto más ancha sea la banda de succión 11, mayor será la presión de succión correspondiente. Preferentemente, la anchura total de la banda de succión o placa de boquillas es aproximadamente de 1 a 10 veces la distancia de la banda de succión o placa de boquillas respecto del medio de membrana, en este caso, el medio filtrante. Se puede observar que la anchura total de la banda de succión o placa de boquillas depende de la anchura total del medio filtrante que se va a limpiar. En el caso de medios filtrantes con grandes diámetros, puede ser necesario prever contiguamente varias bandas de succión o placas de boquillas por cada medio filtrante. Se comprobó que una banda de succión o placa de boquillas que sea al menos cinco veces más ancha que su distancia con respecto la membrana funciona de forma especialmente favorable.

Para proteger el medio filtrante o el microtamiz contra el contacto directo con la banda de succión durante la rotación, en una forma de realización preferida el medio filtrante está hundido en un soporte de filtro a una profundidad de entre 10 y 500 mm, preferiblemente a una profundidad de entre 50 y 200 mm.

Preferentemente, las bandas de succión 11 o las boquillas 8 en forma de ranura están dispuestas radialmente con respecto a un medio filtrante 3, por ejemplo, un filtro redondo o un disco de microtamiz, y perpendicularmente al eje de rotación. La anchura de la ranura 8 no debe ser demasiado pequeña para evitar una caída de presión no deseada en la propia banda de succión, por otro lado, la anchura de la ranura 8 tampoco debe ser demasiado grande, porque entonces la resistencia al flujo entre la banda de succión y el medio filtrante se vuelve menor. Normalmente, la ranura 8 presentará una anchura de entre 50 mm y 10 mm, y preferentemente de entre 200 mm y 1 mm.

La banda de succión o placa de boquillas 11 paralela tiene entonces una anchura de unos pocos milímetros a unos pocos centímetros y es, por tanto, siempre más ancha que la anchura de la ranura 8. En una realización preferida, la anchura total de la banda de succión/placa de boquillas 11 es al menos 10 veces la anchura de una ranura de succión 8. En la realización de las figuras 2 y 3, el soporte 7 determina la anchura de la ranura de succión 8. La banda de succión propiamente dicha se indica mediante la referencia 11. Asimismo se aspira la capa de cubrición, que se retira entonces a través del soporte 7 en la forma de realización presentada. La banda de succión 11 es más ancha que la ranura de succión 8.

Garantiza elevadas fuerzas de cizallamiento; en consecuencia, su distancia con respecto al medio filtrante 3 debe ajustarse lo más pequeña posible.

55

Según la invención, durante el proceso de filtración se consigue un flujo inverso, generado a través de las boquillas o bandas de succión, mediante la aplicación de una presión negativa relativa que es suficiente para eliminar las partículas empujadas mediante la PTM hacia el medio filtrante 3 o microtamiz. Normalmente, se genera de esta manera una presión negativa local dirigida de 10 a 500 milibares. A este respecto no es necesario detener el proceso de filtración, como ocurre con algunos procedimientos de retrolavado clásicos. Cuanto más cerca se monte la banda de succión con respecto al medio filtrante 3, en particular la membrana, mayor será exponencialmente la presión de

60

succión. La succión se concentra específicamente en un segmento de membrana muy estrechamente delimitado, lo que, por una parte, minimiza la pérdida de filtrado (pérdida de permeado) y, por otra, desarrolla en este punto un impulso de inversión de flujo no atenuado de máxima eficacia. La elevada eficacia se debe a que los sistemas de retrolavado normales están situados a mayor distancia con respecto a la membrana, lo que provoca pérdidas por elasticidad o dispersión.

Una característica esencial de esta invención es que la presión negativa ejercida localmente en la cara de no filtrado o concentrado o retentado 1 se ejerce a través de ranuras 8 (boquillas) en la

10 banda de succión o placa de boquillas. Este cambio de presión, desde la sobrepresión relativa, la PTM, a la presión negativa relativa en la superficie del medio filtrante 3, es preferentemente de corta duración y se produce, por ejemplo, varias veces en un segundo. Estas fases de cambio de presión, consistentes en PTM - presión negativa - PTM pueden producirse de forma muy rápida, breve y en secuencias frecuentes.

15 Es evidente para el experto en la materia que el rendimiento de la filtración puede depender del tipo de material del no filtrado, del dispositivo de filtración, de la velocidad de rotación, del medio filtrante 3 seleccionado, etc. En consecuencia, el experto en la materia podrá entender la invención como una indicación relativa y tomar las medidas necesarias para adaptar la invención a sus necesidades y condiciones. Por ejemplo, los ensayos de la solicitante han demostrado mejoras en el rendimiento de la filtración de 1,5 a 60 veces en comparación con la filtración en las mismas
20 instalaciones, pero sin aspiración según la invención.

Se obtuvieron resultados favorables cuando el medio filtrante 3 se ajustó a una velocidad de rotación media de entre 1 y 100 Hz, y la duración de la presión negativa ejercida localmente fue periódica y durante menos del 1 % del tiempo total de rotación. Durante el tiempo de rotación restante (>99 %), el medio filtrante local limpiado de este modo
25 contribuye al rendimiento operativo del procedimiento de filtración. A modo de ejemplo, puede mencionarse una anchura de ranura 8 de 1 mm con una circunferencia del medio filtrante giratorio de 10 cm.

Una ventaja particular de la presente invención es la sencilla escalabilidad del dispositivo según la invención. La fig. 6 muestra una vista general de la estructura de un sistema más grande que consta solo de dos elementos básicos con
30 un orificio central que se pueden acoplar juntos, apilados en un eje hueco 19 giratorio y sellados con una tapa 50 mediante tirantes 51. Los dos elementos básicos son el elemento interno giratorio de soporte de membrana (fig. 7), que no es visible en el dibujo general (fig. 6), y el elemento estático de succión por impulso visible en la fig. 6, que también tiene una función de protección de la membrana. El dispositivo completo de la fig. 6 se indica mediante la referencia 18.

35 El elemento de succión por impulso se indica mediante la referencia 37 y se describe con más detalle en la fig. 9. Los dos elementos básicos, el elemento de soporte de membrana 60 (véase la fig. 7) y el elemento de succión por impulso 37 (véase la fig. 9), están apilados alternativamente sobre un eje hueco giratorio 19 (véase la fig. 10) y fijados mediante tirantes (51), en particular cuatro tirantes.

40 El elemento de soporte de membrana 60 (véase la fig. 7) es giratorio. Gira durante el funcionamiento. Sobre el mismo se sostiene el medio de membrana, por ejemplo, la membrana filtrante o una membrana a través de la cual se produce la emulsificación. El medio de membrana no se ilustra en la representación de las figuras 7 y 8. El elemento de soporte de membrana 60 se caracteriza por un orificio central 20 y paredes de soporte de membrana filigranas 21 con
45 espesores de pared entre 0,1 mm y 1 mm, que desvían el caudal de filtrado/permeado a través de aberturas 22 en la pared cilíndrica del orificio central 20 hacia el eje hueco 19 (véase la fig. 10) en el centro. Las paredes de soporte de membrana 21 están dispuestas a una distancia 23 (véase la fig. 8) comprendida entre 0,1 cm y 10 cm. Siguiendo la forma de una envolvente circular 24, tal como se ilustra en la fig. 8, se extienden desde el orificio central 20 con un ángulo β 25 comprendido entre 1° y 89° con respecto a una tangente aplicada a la circunferencia del orificio central, hacia el borde exterior del elemento de soporte de membrana 60. La estructura del elemento de soporte de membrana
50 60 es simétrica con respecto al eje del orificio central 20, tal como se ilustra en la fig. 7; por lo tanto, las mismas paredes de soporte de membrana 21, también llamadas elementos de perfil, están situadas tanto en la cara frontal 27 como en la cara posterior 28 del elemento de soporte de membrana 60. Un anillo de disco de membrana puede montarse a ambos lados mediante un anillo de estanqueidad exterior 29 y un anillo de estanqueidad interior 30. El
55 medio de membrana que se sostiene en el elemento de soporte de membrana 60 se denomina anillo de disco de membrana. El medio de membrana presenta un orificio central. El anillo de disco de membrana no se ilustra en las figuras.

La unidad formada por el elemento de soporte de membrana 60 y el medio de membrana o el anillo de disco de
60 membrana también se llama disco de membrana en el presente documento.

El medio de membrana, por ejemplo una membrana, se fija entre el borde exterior interior, indicado por el anillo de estanqueidad exterior 29, y el borde interior exterior, indicado por el anillo de estanqueidad interior 30, del elemento de soporte de membrana 60, que están dispuestos de forma plana con respecto a las paredes de soporte de membrana 21, mediante un anillo plano cada uno (interior y exterior) en el elemento de soporte de membrana 60 y se sellan cada uno (interior y exteriormente) mediante una junta tórica.

Alternativamente, el elemento de soporte de membrana 60 puede estar realizado en vidrio y unido de manera estanca a una membrana de microtamiz mediante adhesión anódica y sellado a la misma, con lo que se omiten así juntas adicionales.

En la forma de realización representada, los elementos de soporte de membrana 60 giratorios individuales presentan cuellos 31 simétricos al eje de rotación, en cuyo extremo exterior se acoplan entre sí y se sellan mediante una junta tórica 32 contra el canal de filtrado que atraviesa el orificio central 20. Mediante la colocación de pernos de unión adecuados entre los elementos individuales, en una forma de realización alternativa se puede prescindir por completo de un eje hueco 19.

El elemento de succión por impulso 37 (fig. 9) es estático, es decir, no es giratorio. Presenta un orificio central 33 ligeramente mayor que el elemento de soporte de membrana 60 (véanse las figs. 7 y 8) y se solapa con la circunferencia del elemento de soporte de membrana 60 giratorio, con el fin de proporcionar el diámetro necesario para la carga, el rebosamiento y la aspiración del no filtrado, que depende del modo de funcionamiento y del tipo de líquido que se vaya a filtrar. Sirve además como cubierta protectora para el medio de membrana, como una membrana, y presenta varios orificios 34, normalmente 2-50 orificios, en el borde exterior para la entrada del no filtrado. Otros orificios 35, que están unidos a las ranuras de succión 36 a través de los orificios transversales 35a, garantizan la retirada de las capas de cubrición que se forman en la superficie de la membrana a través de las ranuras de succión 36. El efecto de succión lo generan una o más bombas (no representadas) dispuestas en la cara de salida de los orificios 35. Estas ranuras de succión 36 se utilizan para la inversión del flujo de alta frecuencia y el número de orificios 35 y 35a depende del número de ranuras de succión. Las ranuras de succión 36, normalmente dos, cuatro, seis u ocho, están dispuestas radialmente a 90° con respecto al orificio central 33 y están situadas a una distancia de 1 mm a 0,01 mm paralelamente a las superficies de membrana. De forma similar al elemento de soporte de membrana 60, el elemento de succión por impulso 37 también está construido de la misma manera en relación con el eje central; así, los orificios 34, 35, las ranuras de succión 36 y las bandas de succión 38 están situados tanto en la cara delantera 39 como en la cara posterior 40 del elemento de succión por impulso 37. A lo largo del borde exterior pueden acoplarse entre sí varios elementos de succión por impulso 37. En el borde exterior del un elemento de succión por impulso 37 hay un surco 41 en el que puede colocarse una junta tórica y acoplarse con el elemento de succión por impulso, y así sucesivamente.

El eje hueco 19 de la fig. 10 está caracterizado por orificios 42 en la pared tubular para la derivación del filtrado y un mecanismo de arrastre 43 para transmitir la rotación a los discos de membrana. Se denominan discos de membrana elementos de soporte de membrana con medio de membrana incorporado, por ejemplo, el anillo de membrana descrito anteriormente. La pieza contrapuesta del mecanismo de arrastre 43 es la hendidura 26 en el elemento de soporte de membrana 60. El eje hueco 19 es giratorio o se hace girar durante el funcionamiento. Los mecanismos de arrastre 43 engranan con las hendiduras 26 de cada elemento de soporte de membrana 60 y también los hacen girar. Los mecanismos de arrastre 43 arrastran, por así decirlo, los elementos de soporte de membrana 60.

Por último, de acuerdo con la invención, esta puede funcionar en sentido inverso para fabricar emulsiones utilizando la misma estructura descrita anteriormente sobre la base de la filtración. Es objeto de la presente invención hacer posible la eficiencia de emulsificación de los dispositivos con, en particular, membranas o microtamices giratorios de una manera económicamente factible, técnicamente innovadora y escalable.

Un ejemplo de realización de un dispositivo de emulsificación se describe a continuación con referencia a las figuras 11 y 12.

Según la invención, la fase dispersa se introduce en los elementos de soporte de membrana 144 (véanse también las figs. 7 y 8) a través del eje hueco 147 (véase también la fig. 10). Mediante la rotación del eje hueco 147 y de los elementos de soporte de membrana 144 se produce una fuerza centrífuga que empuja continuamente la fase dispersa a través de los poros del medio de membrana, que aquí se muestra en forma de discos de membrana 146, preferentemente discos de microtamiz (con diámetros de poro que disminuyen radialmente hacia el borde exterior de la membrana para compensar las presiones que aumentan radialmente hacia el borde exterior de la membrana a medida que la membrana gira), hacia la fase coherente (continua) sin presión. En las bandas de succión 138 hay montadas ranuras de succión finas 136, con una anchura comprendida entre 0,2 mm y 10 mm, en particular entre 0,5 mm y 2 mm. Mediante la rotación (flecha en la fig. 11) de los discos de membrana 146, la fase dispersa forma

- gotas con cuellos de gota crecientes en e inmediatamente sobre la superficie de membrana al salir a través de los poros de membrana (según v. Rijn, Tecnología de membrana por nano y microingeniería, Elsevier, 2004, p. 347 y ss.). Cuanto más largos se vuelven estos cuellos de gota, más grandes se vuelven las gotas de la fase dispersa de la emulsión, al tiempo que la distribución del tamaño de las gotas se vuelve más amplia e incontrolable. Estas gotas de
- 5 la fase dispersa se empujan directamente sobre la superficie de la membrana por la fuerza de cizallamiento rotacional a la que se ven sometidas tras salir de los poros de membrana. La aplicación de una succión concentrada en un pequeño segmento de la superficie giratoria de la membrana, generada por las ranuras de succión 136 estáticas de la superficie de la membrana, hace que las gotas de la fase dispersa que se forman en la superficie de la membrana se levanten de la superficie de la membrana poco después de salir de los poros de la membrana y antes de que
- 10 puedan formarse cuellos más largos, donde son sometidas a fuerzas de cizallamiento sustancialmente mayores, separadas de los cuellos y arrastradas hacia las ranuras de succión. Esta separación tiene lugar preferentemente en periodos de tiempo breves de 1 a 100 Hz. La emulsión resultante se extrae mediante una bomba mediante los tubos de succión 135.
- 15 El tamaño de las gotas y la amplitud de la distribución del tamaño de las gotas de la fase dispersa en la emulsión dependen del diámetro de los poros de la membrana, de la velocidad de rotación, del número de bandas de succión y de la succión aplicada (potencia de la bomba de succión). El canal de carga 148 sirve para alimentar continuamente el dispositivo de emulsificación según la invención con la fase coherente. La fase coherente se introduce en el recipiente 145 a través del canal de carga 148 a presiones inferiores a la presión de salida de la fase dispersa generada
- 20 por la fuerza centrífuga sobre las superficies de membrana. Los discos de membrana 146 están sellados contra el elemento de soporte de membrana mediante juntas tóricas 129.

Los ejemplos de realización preferidos de la invención se explican a continuación:

- 25 Ejemplo 1: Filtración de leche desnatada: Un microtamiz (medio filtrante) con un tamaño de poro de 0,9 micras y un grosor de membrana de aproximadamente 1 micra y un área abierta de >20 % se monta en un disco giratorio, el soporte de filtro, a una distancia de aproximadamente 5 cm con respecto al eje de rotación. El recipiente de filtro se llenó con leche desnatada a 18-23 °C y se ajustó una PTM constante de 0,1 bar mientras el disco con el medio filtrante se hacía girar a una velocidad constante de 20 ciclos por segundo. La capacidad inicial de filtración o flujo de filtración
- 30 era de unos 8.000 l/m²/h, pero descendió a menos de 500 l/m²/h en pocos segundos. Tal reducción del rendimiento de filtración es típica del estado de la técnica en el caso de un aparato de filtración en el que se utilice este tipo de medio filtrante Cuando la banda de succión o placa de boquillas según la invención se utilizaba de tal manera que el medio filtrante se limpiaba periódicamente a nivel local, el flujo podía restablecerse a más de 5.000 l/m²/h.
- 35 Sin embargo, si se utiliza desde el principio la inversión de flujo de alta frecuencia con banda de succión o placa de boquillas según la invención, se podrían producir de forma estable cantidades de permeado de 18-30 m³/m²/h durante 4-6 horas a presiones de hasta 0,15 bar como máximo y velocidades de rotación de 10-20 ciclos por segundo. Con este procedimiento, la carga bacteriana de la leche desnatada, medida en UFC (unidades formadoras de colonias), puede reducirse en 4-6 niveles logarítmicos. En este caso, la ranura tiene una anchura de 0,5 mm y una distancia de
- 40 unos 500 mm con respecto al medio filtrante. La velocidad circunferencial es de 2nx5 cm y el tiempo de filtración efectivo es de aproximadamente el 99,7 %.
- Ejemplo 2: Leche entera: Con el dispositivo según la invención descrito anteriormente y un microtamiz como medio filtrante con un diámetro de poro de 0,9
- 45 micras se filtró leche entera con un 3,6 % de materia grasa a 50 °C. Con velocidades de rotación de 20-30 ciclos por segundo y el mismo número de intervalos de retroimpulso, se podrían filtrar de forma estable 9-12 m³/m²/h a presiones de alrededor de 0,2 bar durante más de 4 horas.
- 50 Ejemplo 3, filtración de cerveza: En este caso, un microtamiz (medio filtrante) con un tamaño de poro de 0,6 micras se monta en un disco giratorio a unos 5 cm de distancia con respecto al eje de rotación. El recipiente de filtro se llenó con cerveza sin filtrar a 5 °C y se ajustó una PTM constante de 0,1 bar. La rotación del disco con el medio filtrante se ajustó a una velocidad constante de 10 ciclos por segundo. La capacidad de filtración inicial (flujo) es de unos 12.000 l/m²/h, pero desciende a menos de 1.000 l/m²/h en diez segundos. Si se conectara la aspiración mediante banda de succión
- 55 o placa de boquillas de modo que el medio filtrante se limpiara periódicamente a nivel local, el flujo medio podría restablecerse a un valor de 8.000 l/m²/h. En este caso, la ranura tiene una anchura de 0,8 mm y una distancia de unos 500 mm con respecto al medio filtrante. La velocidad circunferencial es de 2nx5 cm y el tiempo de filtración efectivo es de aproximadamente el 99,5 %.
- 60 Ejemplo 4: Emulsificación: Es conocido que las membranas cerámicas se han estudiado ampliamente para aplicaciones de emulsificación con un dispositivo de membrana no giratorio. Los caudales típicos de la fase de

dispersión de un aceite al crear una emulsión de aceite en agua utilizando una membrana cerámica con un tamaño medio de poro de 0,8 micras son de 30-100 l/m²/h a una presión de funcionamiento de 3-10 bar. El tamaño medio de las gotitas de emulsión es entonces normalmente de unas pocas micras, con una amplia distribución del tamaño de las gotas.

5

Con un dispositivo según la invención, en el que se utilizaron membranas giratorias de microtamiz con poros en forma de ranura con un tamaño de poro de 0,8 micras, fue posible producir flujos de un aceite de girasol en la fase acuosa coherente para producir una emulsión de aceite en agua de 3,000-5,000 l/m²/h a una presión de funcionamiento de solamente 0,3 bar a 40 revoluciones por segundo. Sorprendentemente, se encontraron gotitas de emulsión de un

10 tamaño medio en torno a 1,6 micras, con una desviación estándar de la distribución de tamaños de 0,2 micras.

La figura 4 muestra el flujo cuando se acciona la boquilla o banda de succión y localmente un flujo de presión inverso, según la invención, en función de la presión (o energía) de succión generada a través de la superficie del microtamiz para eliminar partículas y depósitos. De este modo, se pudo alcanzar una capacidad de filtración de cerveza medida

15 en promedio de unos 6.000 l/m²/h (a una PTM de 0,1 bar y 5 °C) y mantenida durante más de 16 horas.

La figura 5 muestra un dispositivo de filtración 81 giratorio en el que varios microtamices 82 dispuestos en cadena giran en paralelo, equipado con una boquilla o banda de succión 83 integrada, con punto de carga, punto de rebosamiento y punto de descarga de filtrado 84, 85 para recoger el caudal de filtrado 86. Se puede observar que el

20 dispositivo de succión presenta varias prolongaciones de succión que se extienden entre los microtamices. Periódicamente, con cada revolución, el líquido de concentrado rico en capa de cubrición se retira directamente de los microtamices 87.

La rápida y elevada eficacia de la inversión de flujo de alta frecuencia se muestra a continuación en la figura 13, donde el ajuste de la aspiración se redujo primero en un 40 %, después en un 60 % y, por último, se volvió a aumentar hasta el 100 %, en función de la capacidad de la bomba para dos líquidos de ensayo diferentes (leche desnatada con distintos contenidos de grasa, llamados «ensayo 1» y «ensayo 2»). Se observa claramente con qué rapidez y fuerza - muy por encima del 90 %- desciende el flujo, especialmente cuando la capacidad de la bomba se reduce al 40 % (véase la referencia 201) y se recupera cuando se restablece la capacidad original de la bomba (100 %) y, por tanto,

30 la succión que actúa sobre la superficie de la membrana (véase la referencia 202), cuando las capas de cubrición vuelven a retirarse eficazmente. El gráfico muestra la rapidez con que se interrumpe el rendimiento de filtración y la eficacia de la inversión del flujo. Si se reduce la potencia de succión en un 60 %, el flujo disminuye en más de un 95 %. En cuanto se vuelve a aumentar la potencia de succión, la capa de cubrición se elimina inmediatamente; se restablece el rendimiento de filtración original (medido en el flujo).

35 La invención ya se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras. Debe entenderse que los ejemplos de realización mostrados en las figuras tienen fines meramente ilustrativos y no constituyen limitación alguna de la invención reivindicada. Muestran:

la figura 1: una sección transversal esquemática de un microtamiz durante la filtración. Se muestra una situación estándar tal y como se produce tras un breve tiempo de filtración. Se ha formado una torta de filtración sobre el medio filtrante que obstruye los poros;

40

la figura 2: vista esquemática en sección de la invención. Se aprecia claramente cómo se limpia la superficie del medio filtrante y se liberan de nuevo los poros obstruidos en comparación con la fig. 1;

la figura 3: una forma de realización alternativa de la invención;

45 la figura 4: un flujo en un dispositivo filtrante según la invención;

la figura 5: otro ejemplo de realización de la invención en forma de una pila de medios filtrantes dispuesta horizontalmente y giratoria, así como un dispositivo de succión diseñado en consecuencia;

la figura 6: un ejemplo de realización del escalado de la invención compuesto por dos elementos básicos multiplicables y acoplables entre sí en una vista en perspectiva;

50 la figura 7: el elemento de soporte de membrana giratorio en vista superior (izquierda), en sección (centro) y en perspectiva (derecha);

la figura 8: el elemento de soporte de membrana con paredes de soporte de filigrana dispuestas en forma de envolvente circular;

la figura 9: el elemento estático de protección frente a retroimpulso y de membrana en vista superior (izquierda), lateral (centro) e inferior (derecha, representación superior), así como en vista en perspectiva (derecha, representación inferior);

55

la figura 10: un eje hueco giratorio como canal de derivación de filtrado/permeado

la figura 11: un ejemplo de realización de un dispositivo de emulsificación (módulo básico) en vista en planta;

la figura 12: el dispositivo de emulsificación de la fig. 11 en sección transversal; y

60 la figura 13: un gráfico que muestra el flujo de filtración a lo largo del tiempo de dos fluidos de ensayo diferentes y en función del rendimiento de bombeo.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la micro, ultra o nanofiltración y/o emulsificación de líquidos
- 5 con al menos un medio de membrana giratorio con una cara de filtrado/permeado o un lado orientado hacia una fase dispersa y una cara de concentrado/retentado o cara orientada hacia una fase coherente, y con un recipiente en el que el medio de membrana es giratorio y que presenta al menos un punto de carga para un no filtrado o la fase coherente, al menos un punto de rebosamiento para un no filtrado o una emulsión y al menos un canal giratorio para la descarga del filtrado/permeado o la entrada de la fase dispersa y un dispositivo de succión, para generar una presión negativa en regiones parciales del al menos un medio de membrana giratorio en el recipiente en pequeños periodos de tiempo, preferentemente a intervalos, a una frecuencia de 1-100 Hz, en una cara de no filtrado o en una cara orientada hacia la fase coherente, presentando el dispositivo de succión al menos una banda de succión o placa de boquillas dispuesta paralelamente al medio de membrana giratorio o siendo uno tal que está montado a una distancia de 0,05-0,5 mm con respecto al medio de membrana, y limpiar así una superficie del medio de membrana de sustancias no permeables acumuladas en la cara de no filtrado durante un proceso de filtración, o en la cara orientada hacia la fase coherente durante un proceso de emulsificación que promueve la formación de gotas de la fase dispersa que surge de una superficie de membrana, presentando la banda de succión o placa de boquillas al menos una boquilla o ranura de succión que tiene una anchura de entre 50 mm y 10 mm, preferentemente de entre 200 mm y 1 mm.
- 20 2. Dispositivo según la reivindicación 1, donde el dispositivo de succión tiene una anchura total correspondiente a un múltiplo de la distancia del dispositivo de succión respecto del al menos un medio de membrana y paralela respecto del al menos un medio de membrana, en particular, que la anchura total es al menos cinco veces mayor que la distancia del dispositivo de succión respecto del al menos un medio de membrana.
- 25 3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, donde la distancia del dispositivo de succión con respecto al medio de membrana está comprendida entre 0,05 mm y 0,25 mm.
4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde varios dispositivos de succión están dispuestos radialmente en paralelo sobre la superficie de la membrana en todo un radio.
- 30 5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el medio de membrana es un microtamiz.
6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el medio de membrana está hundido en un soporte a una distancia comprendida entre 10 y 500 mm, preferentemente entre 50 y 200 mm.
- 35 7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las ranuras o las boquillas están montadas en el dispositivo de succión en varios lados, preferentemente en un ángulo de 180° en la cara opuesta.
- 40 8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el medio de membrana tiene forma de disco, particularmente porque es al menos un microtamiz, y porque el medio de membrana se ha unido y sellado firmemente a un cuerpo de soporte de vidrio mediante adhesión anódica.
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque es escalable a cualquier tamaño deseado con una pluralidad de dos elementos básicos de construcción diferentes que pueden acoplarse entre sí, a saber, un elemento de soporte de membrana sobre el que se apoya el medio de membrana y un dispositivo de succión diseñado como elemento de succión por impulso, donde en particular una pluralidad de elementos de soporte de membrana y una pluralidad de elementos de succión por impulso pueden apilarse alternativamente uno sobre otro sobre un eje hueco, con lo que el dispositivo es ampliable.
- 45 10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado porque el eje hueco es giratorio y presenta mecanismos de arrastre, donde al menos un mecanismo de arrastre engrana con cada elemento de soporte de membrana, de modo que una rotación del eje hueco puede transmitirse a los elementos de soporte de membrana.
- 50 11. Uso de un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores para filtración, en particular para filtrar zumos de frutas, algas, aceites, proteínas, enzimas, extractos, microorganismos, cerveza o leche.
- 55 12. Uso de un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 para diafiltrar fagos, proteínas y enzimas a partir de soluciones nutritivas.
- 60 13. Uso de un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 para emulsionar líquidos.

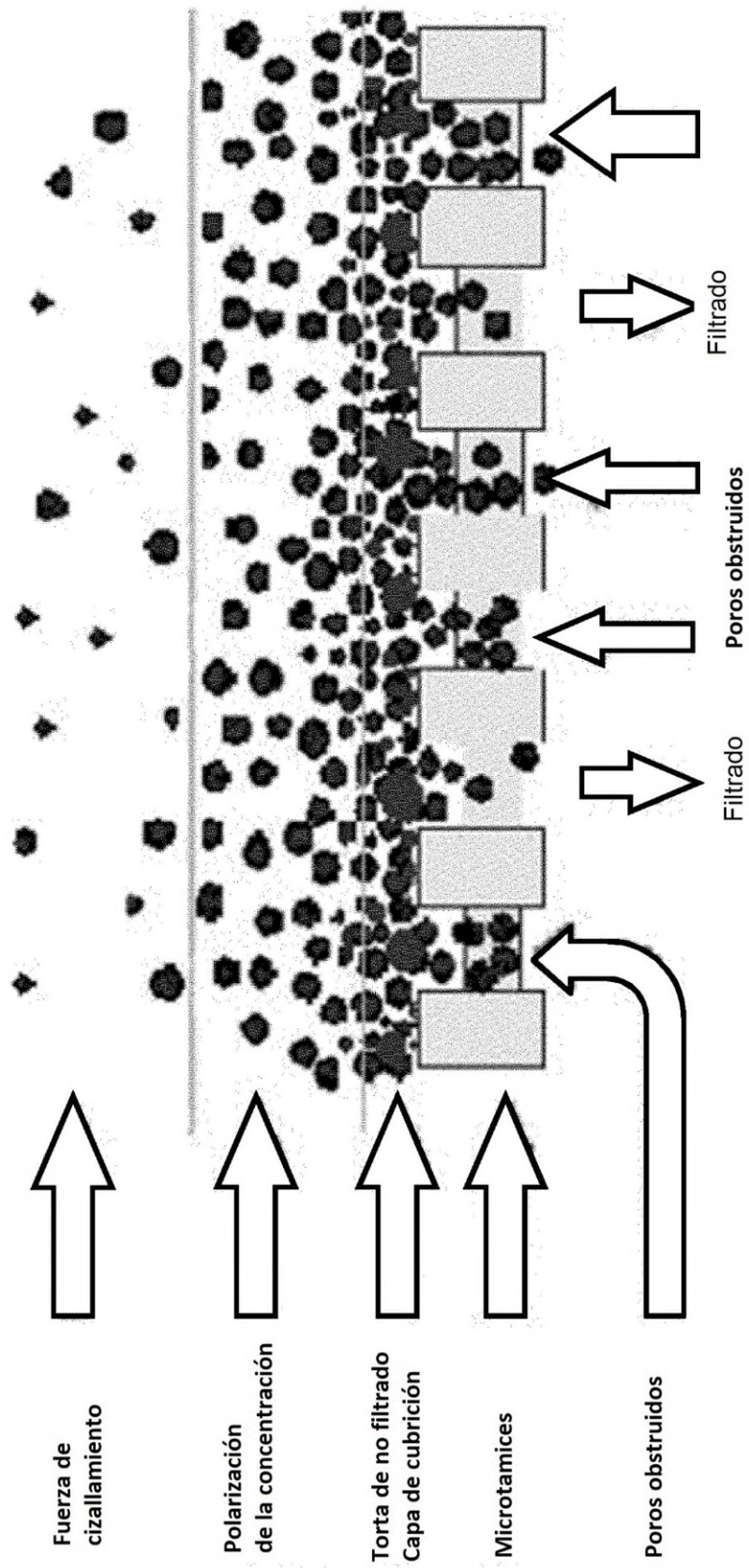
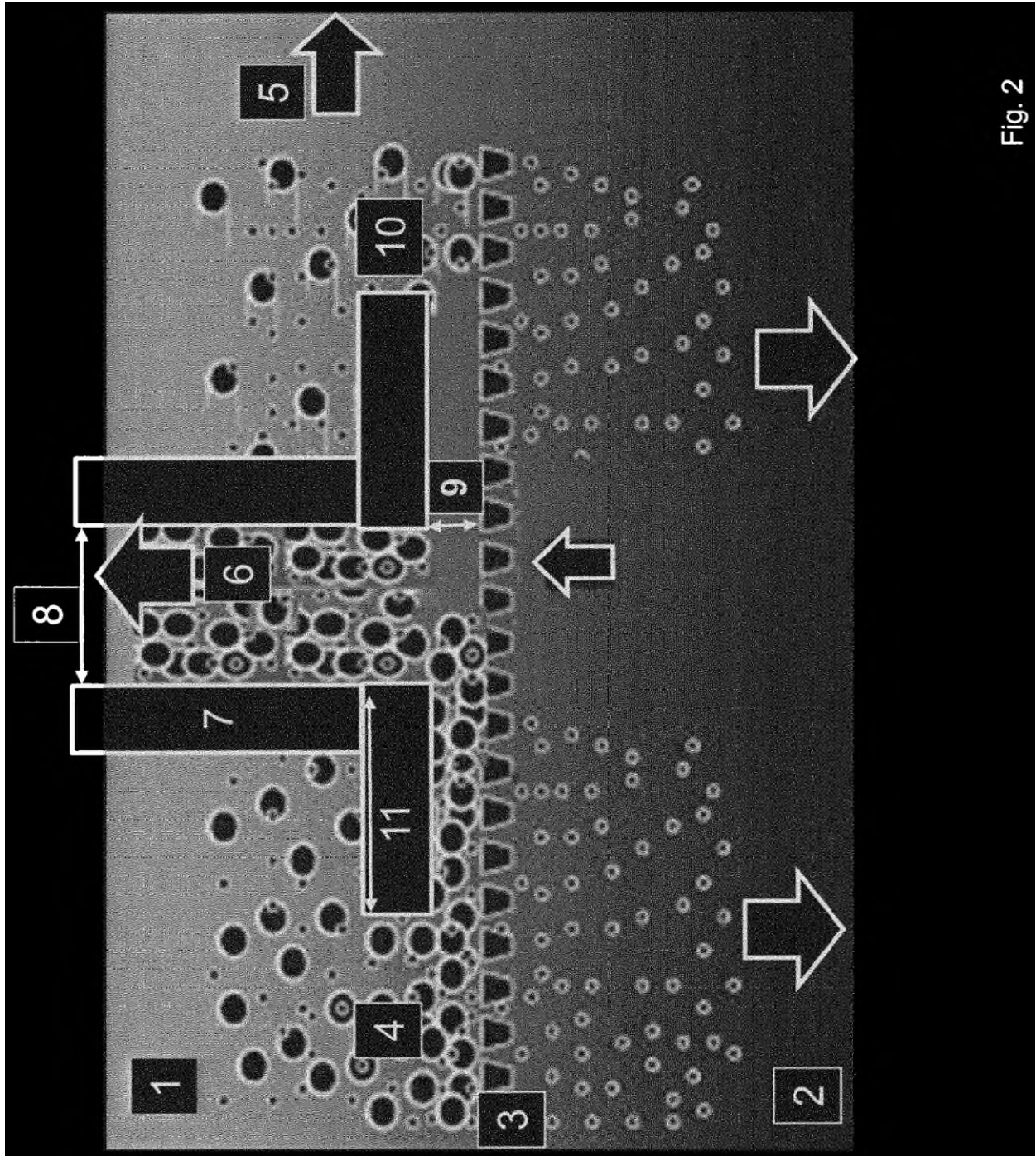


Fig. 1



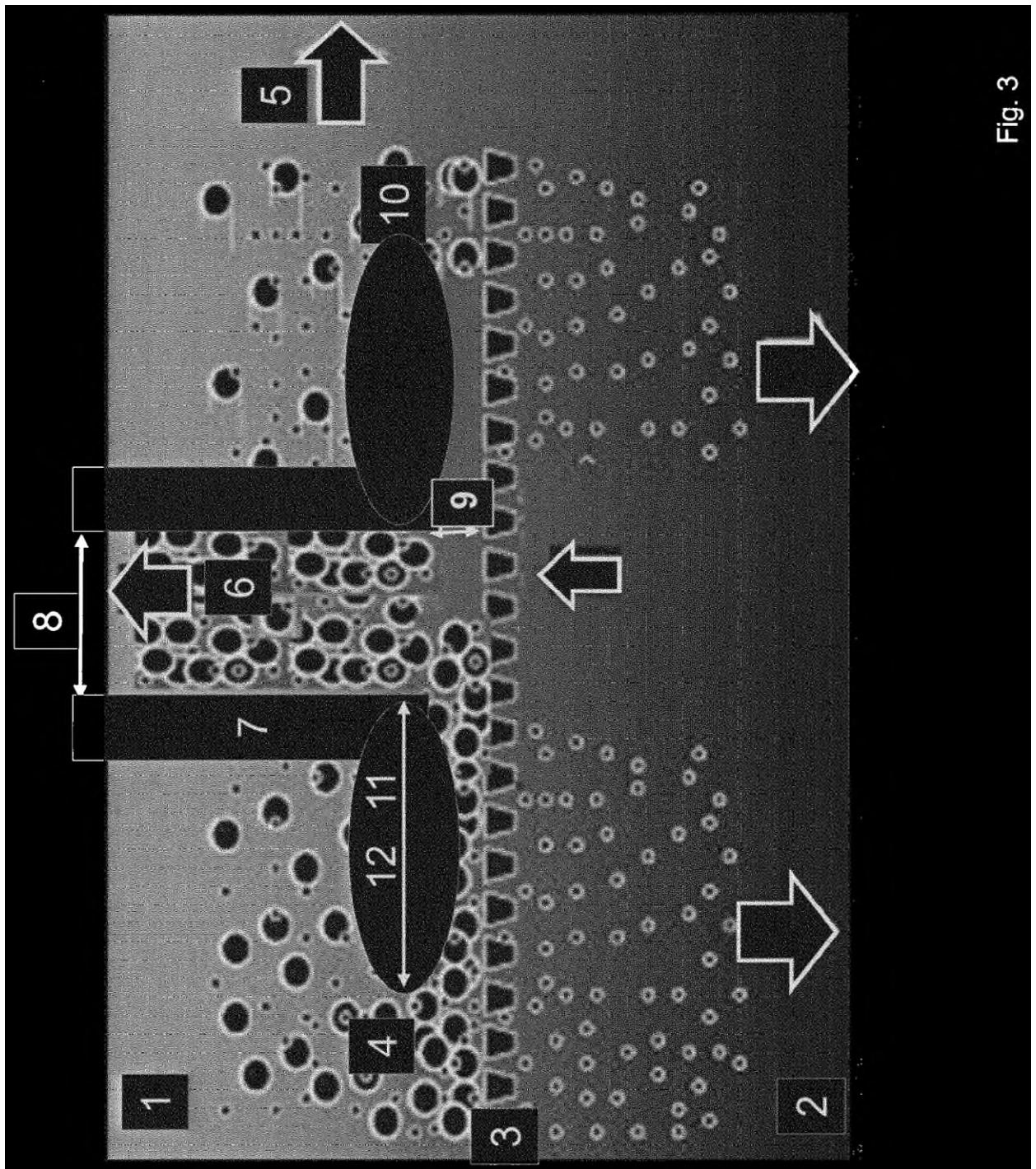


Fig. 3

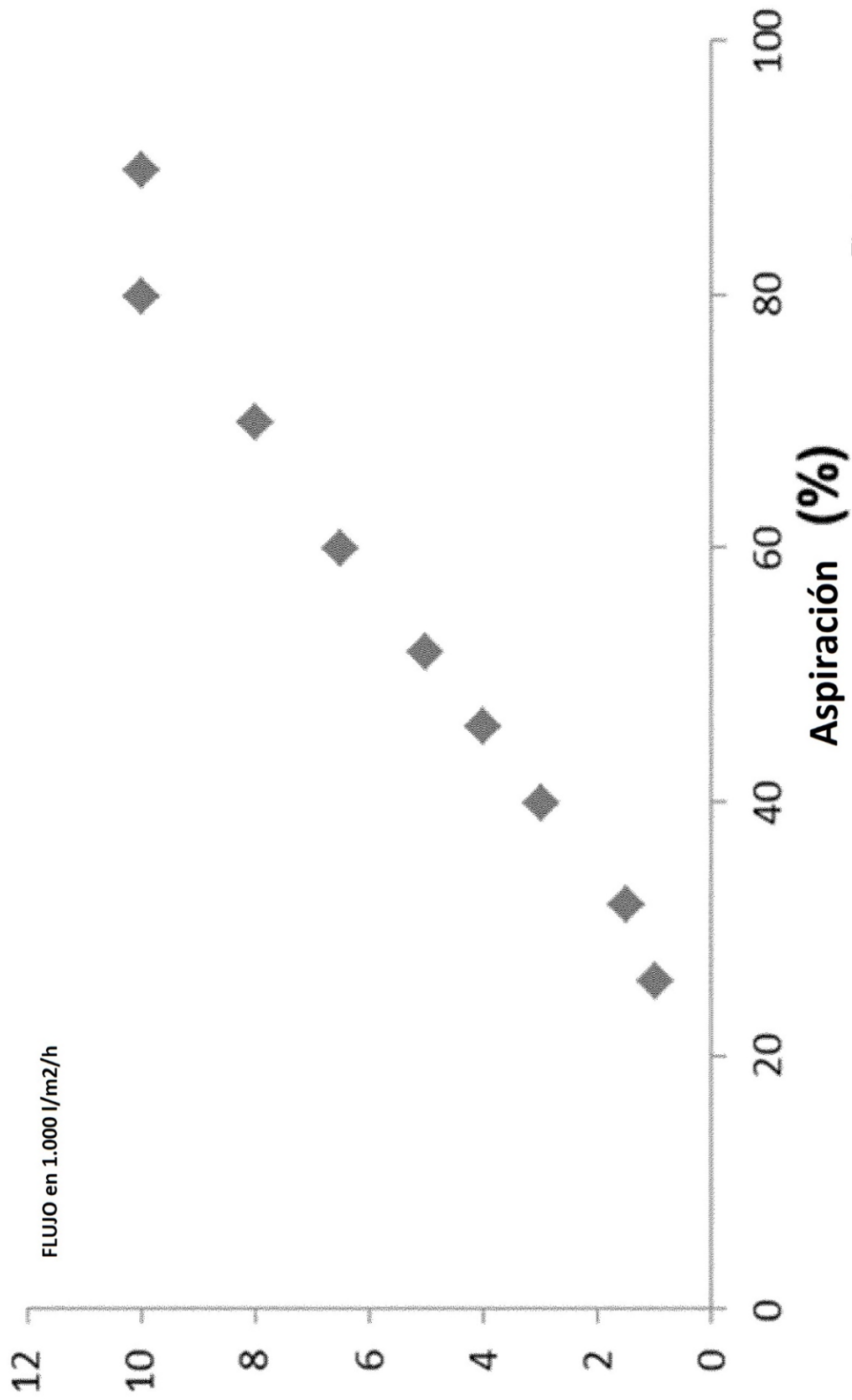


Fig. 4

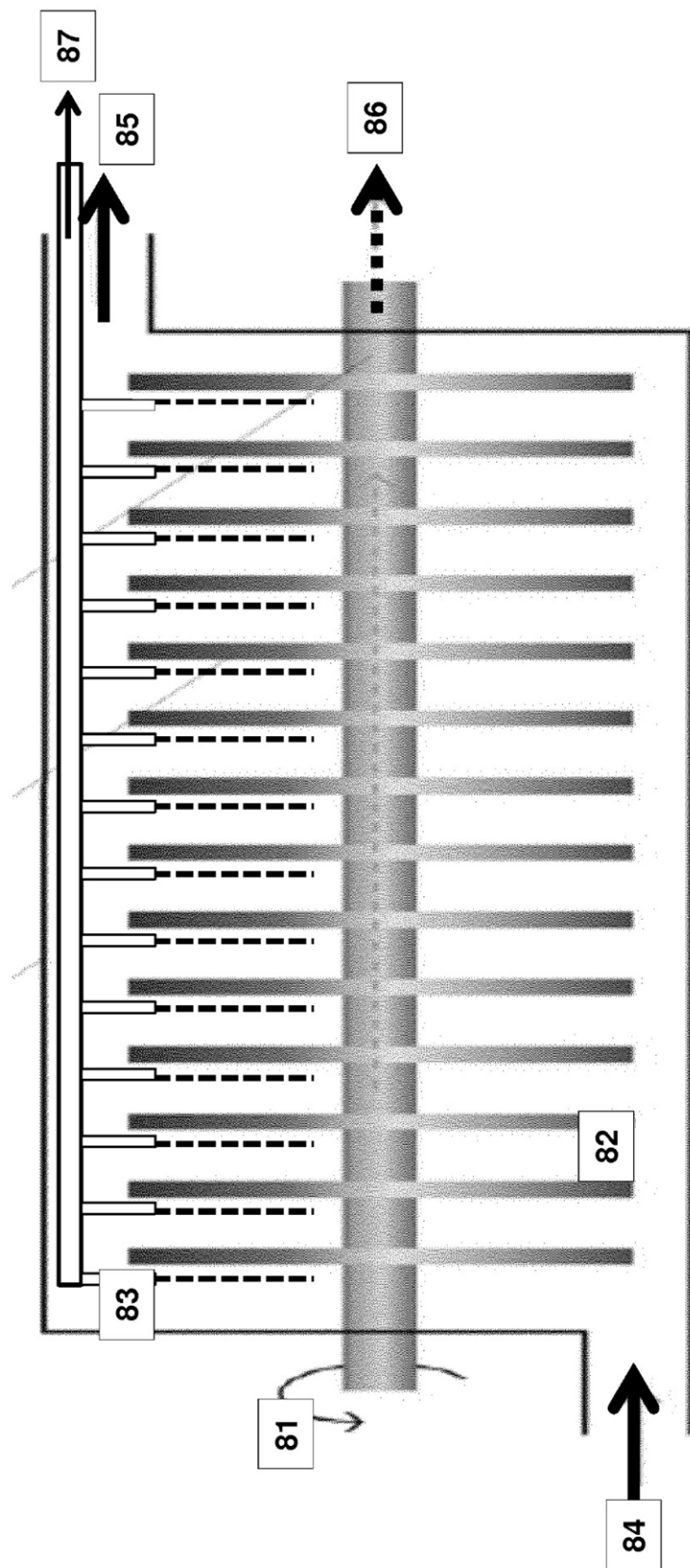


Fig. 5

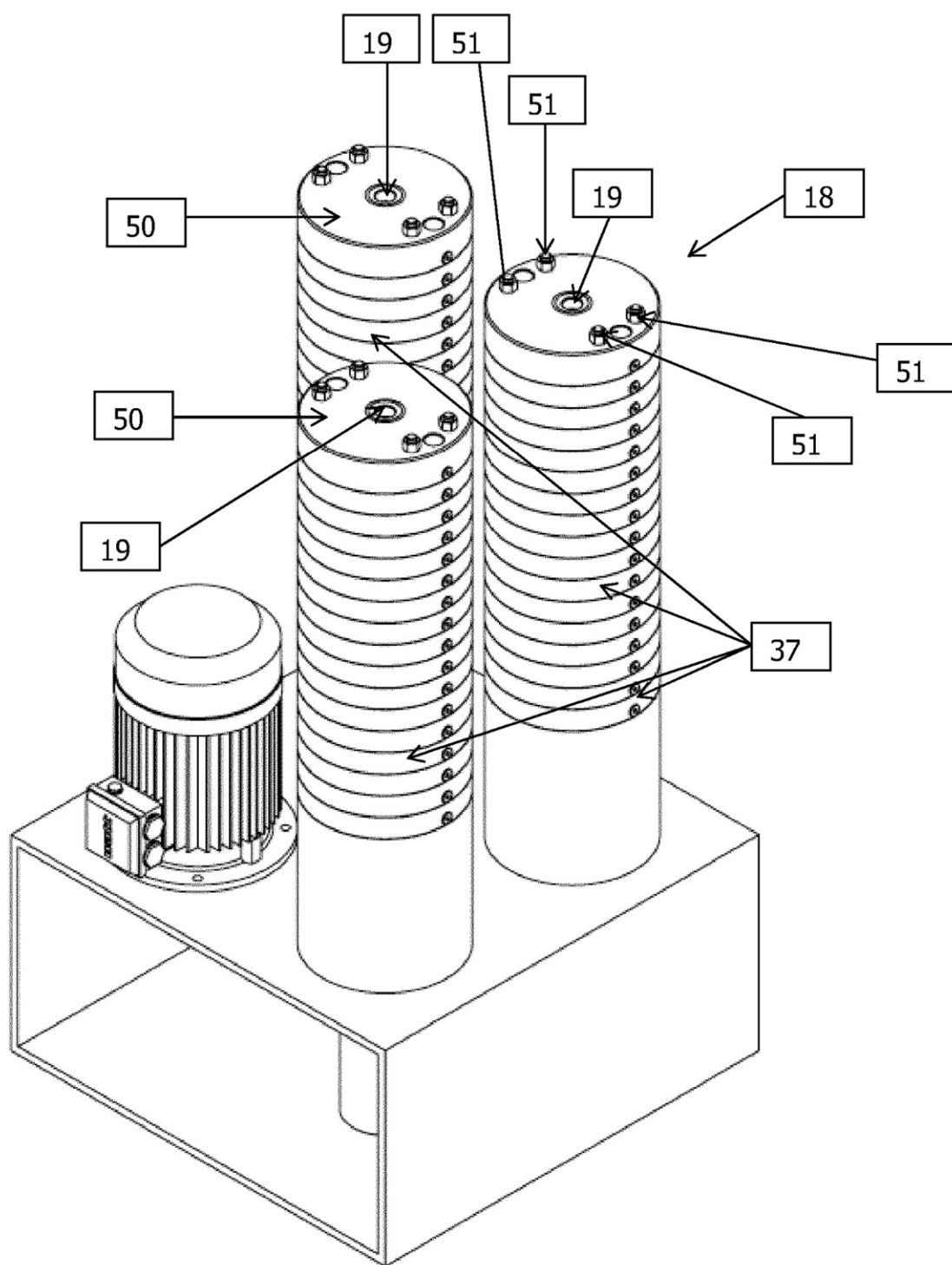


Fig. 6

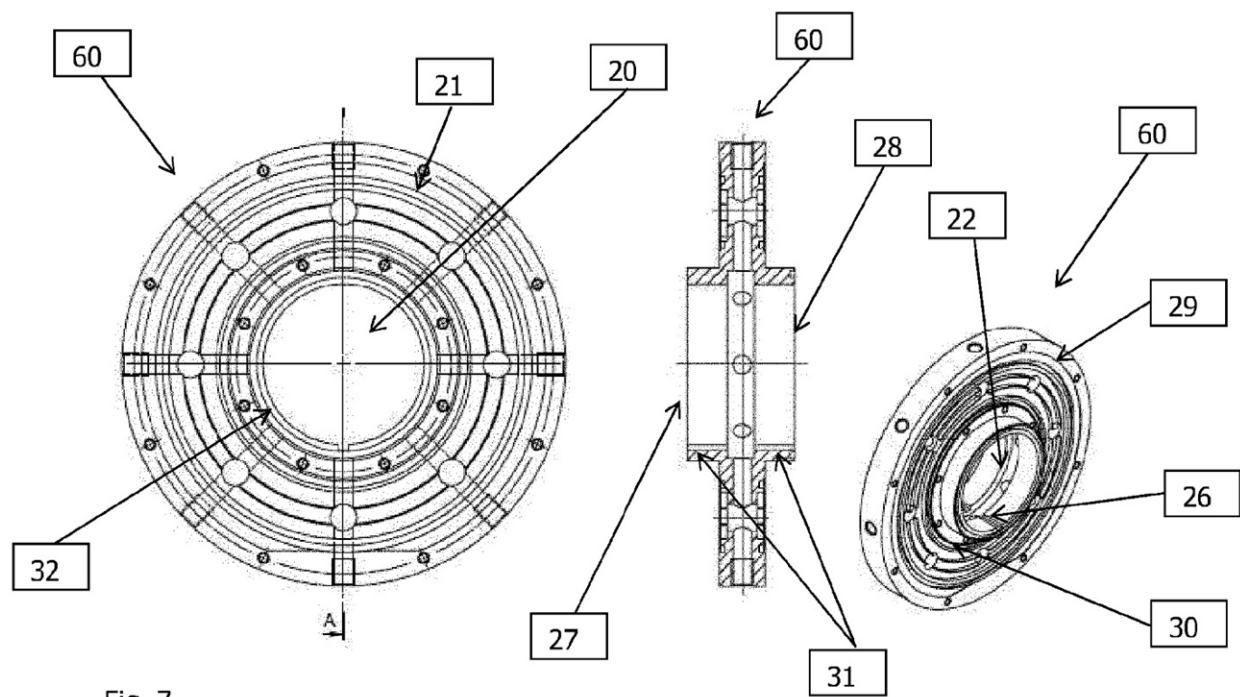


Fig. 7

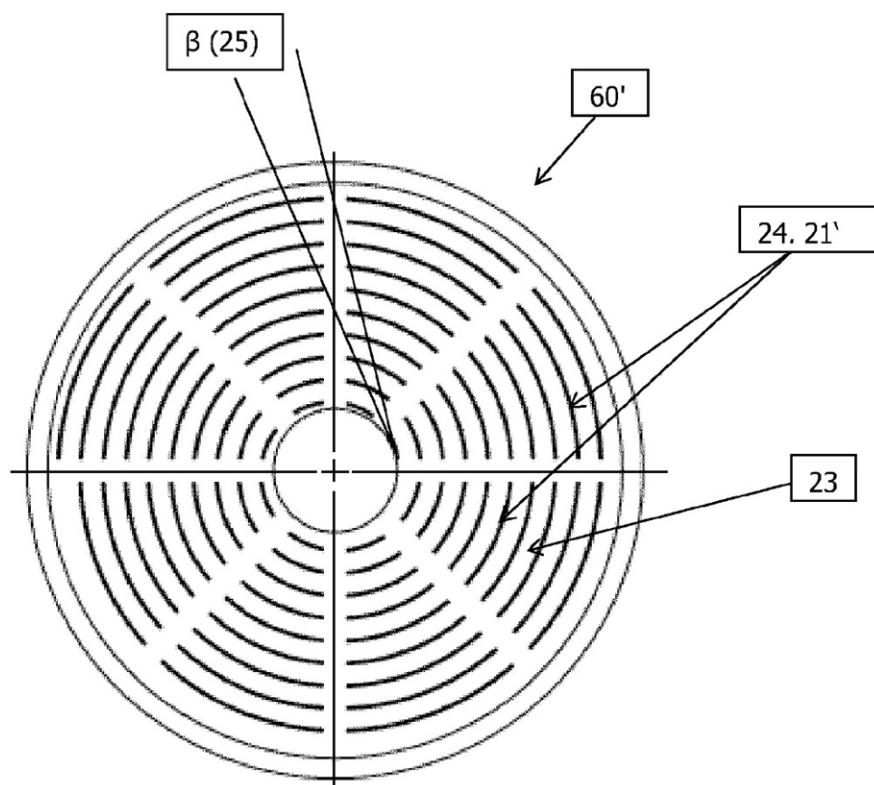


Fig. 8

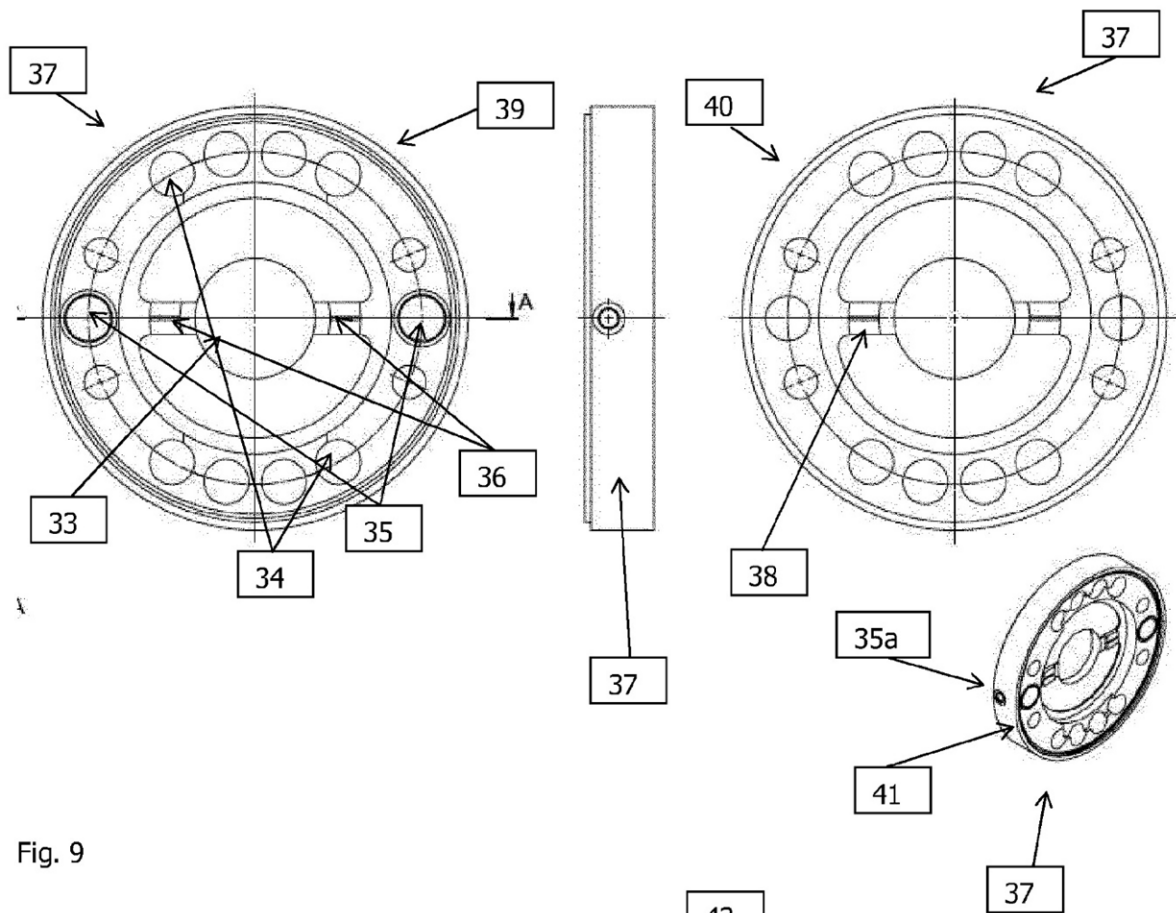


Fig. 9

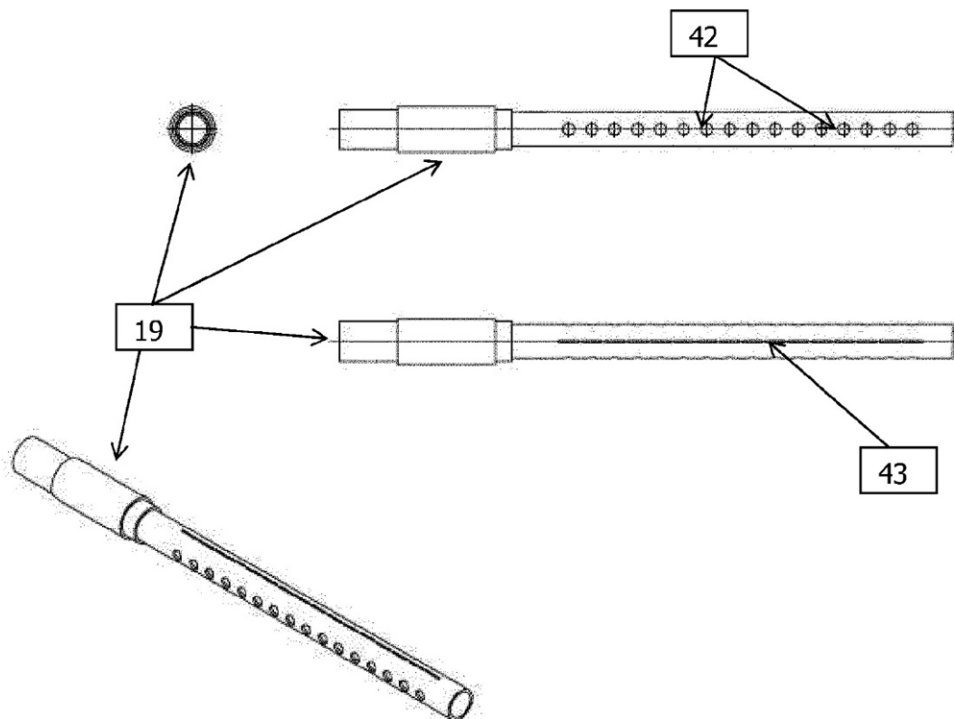


Fig. 10

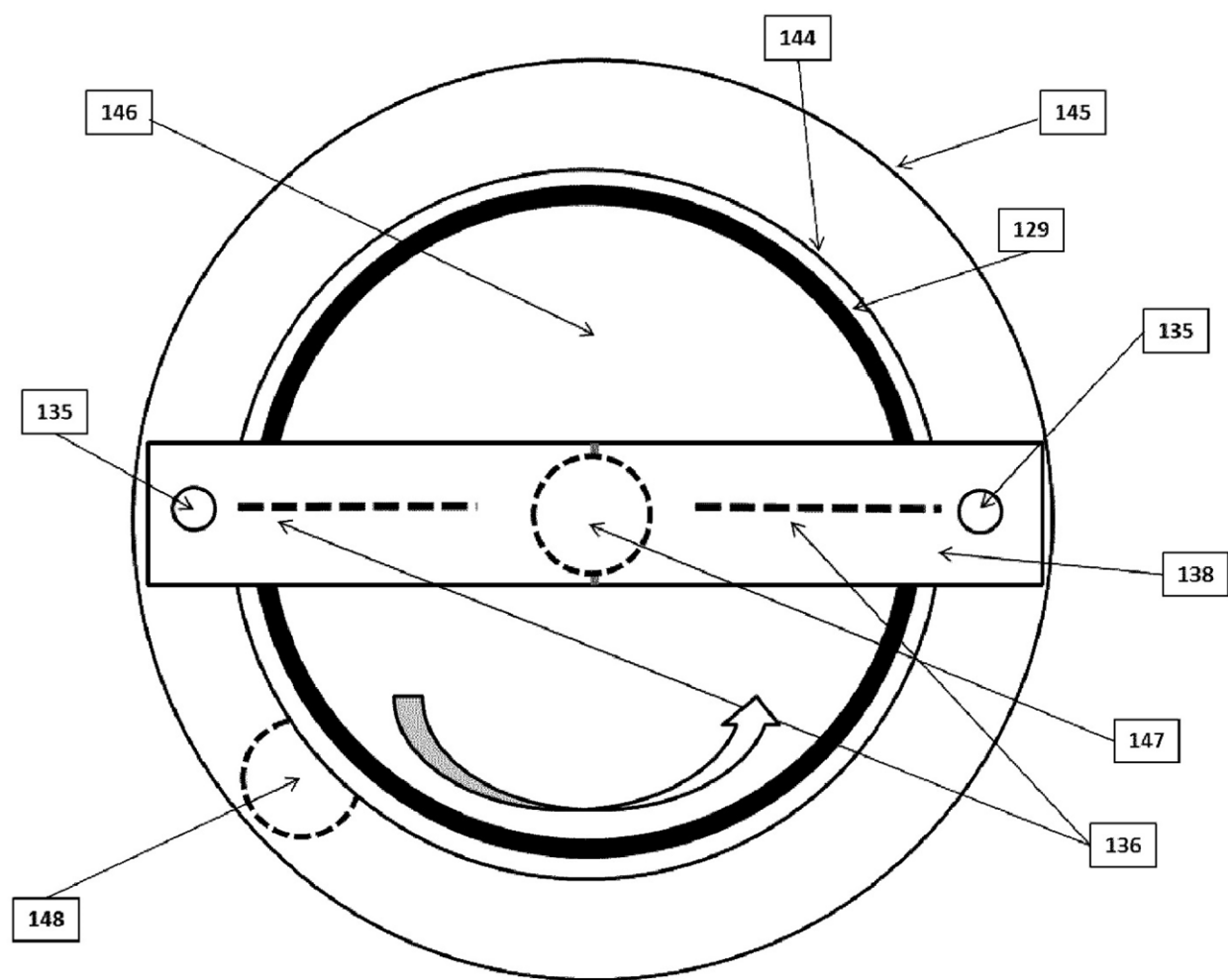


Fig. 11

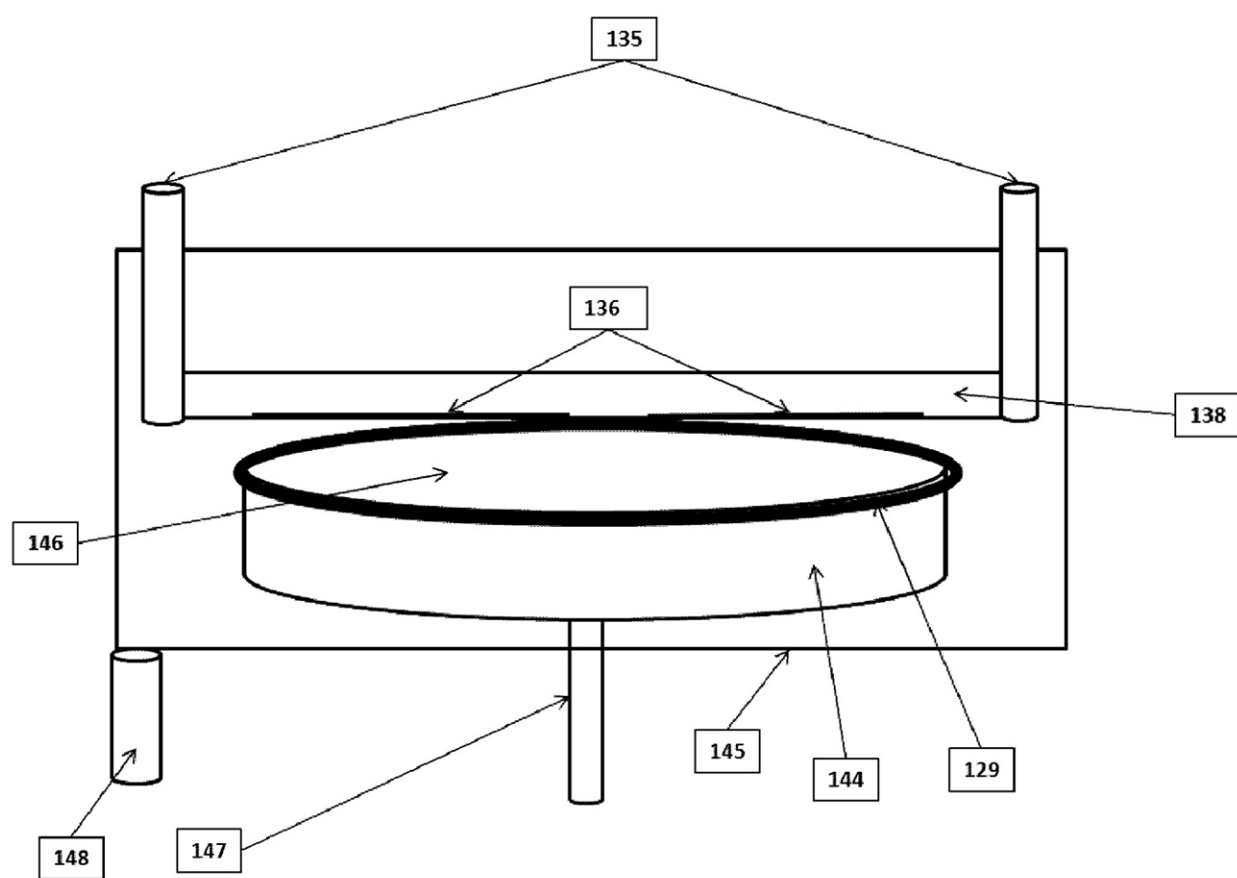


Fig. 12

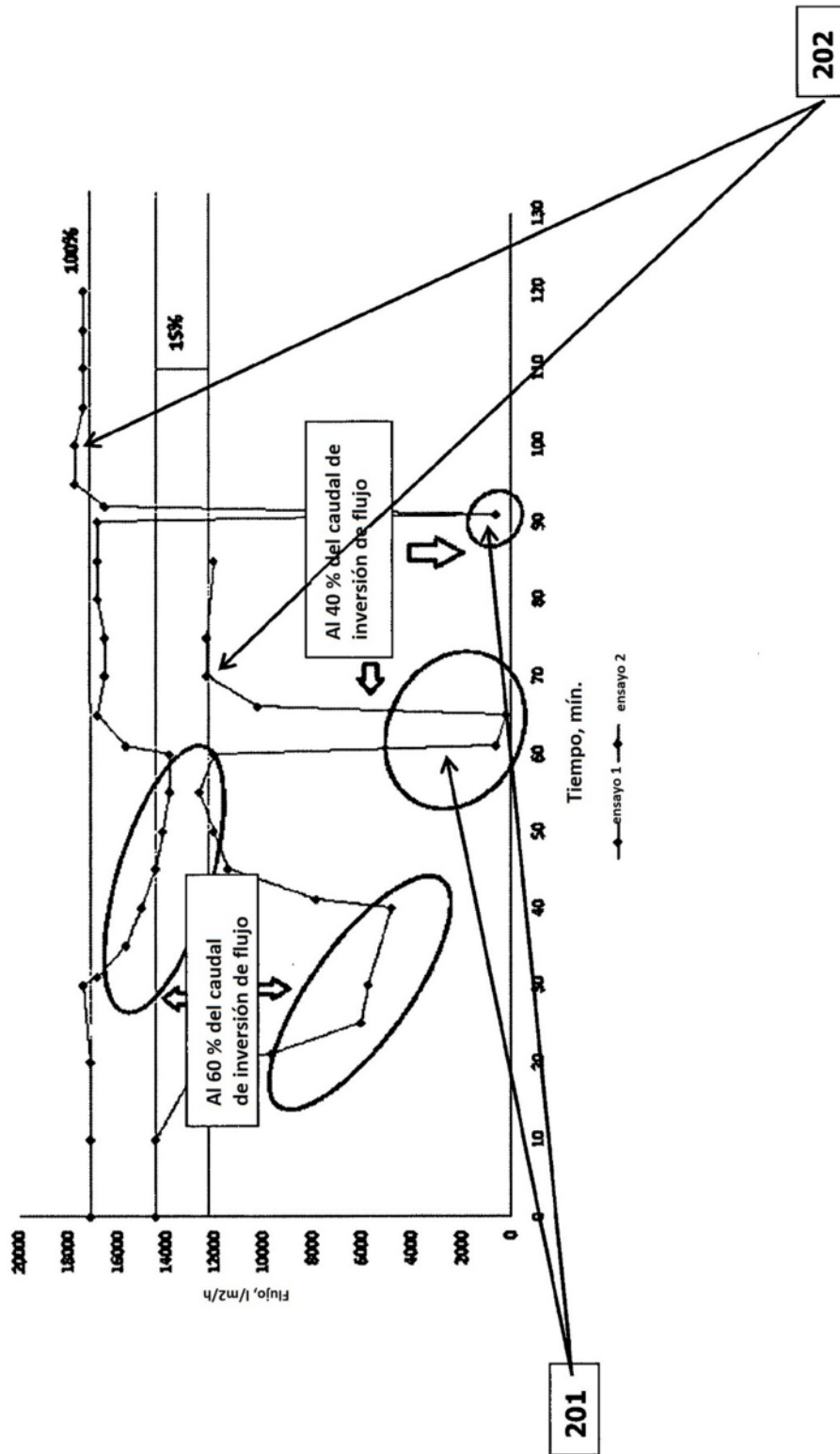


Fig. 13