

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 997 632**

51 Int. Cl.:

B01D 61/20 (2006.01)

B01D 61/22 (2006.01)

B01D 63/02 (2006.01)

C02F 1/44 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2013** **PCT/US2013/032213**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2014** **WO14077888**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2013** **E 13717600 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2024** **EP 2919892**

54 Título: **Método para limpiar membranas sumergidas utilizando un dispositivo de suministro de canales múltiples**

30 Prioridad:

14.11.2012 US 201261726092 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.02.2025

73 Titular/es:

BL TECHNOLOGIES, INC. (100.00%)
5951 Clearwater Drive
Minnetonka, MN 55341, US

72 Inventor/es:

BOYLE, GAVIN JAMES;
ALAM, ZAMIR;
BAYLY, REID;
THEODOULOU, MICHAEL DAVID y
ZHOU, HONGDE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 997 632 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

Método para limpiar membranas sumergidas utilizando un dispositivo de suministro de canales múltiples

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Para Estados Unidos de América, la presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de provisional estadounidense n.º 61/726.092, presentada el 14 de noviembre de 2012.

10 Campo

La presente memoria descriptiva se refiere a un dispositivo de suministro de gas para su uso, por ejemplo, en el suministro de burbujas para evitar el ensuciamiento de una membrana de filtro sumergida.

15 Antecedentes

La publicación internacional n.º 2011/028341, *Gas Sparger for a Filtering Membrane*, describe un rociador de gas que produce un flujo intermitente de burbujas incluso si se le suministra un flujo de gas continuo. El rociador tiene una carcasa para acumular una bolsa de gas y un conducto para liberar parte del gas de la bolsa cuando esta alcanza un tamaño suficiente. Un rociador grande se puede dividir en una pluralidad de unidades, cada una de las cuales tiene un conducto. Un tubo de suministro de gas tiene al menos un orificio alineado con cada unidad para suministrar aire a cada una de las unidades. El documento US 2011/0049047 se refiere a un rociador de gas para una membrana sumergida y reivindica la misma prioridad que la publicación internacional n.º 2011/028341. El documento US 2005/000608 se refiere a un aireador de cavidad invertida para un módulo de membrana que, en lugar de un rociador, hace uso de una cobertura aireadora en forma de caja invertida que tiene una serie de orificios. Similar al rociador del documento US 2011/0049047 y la publicación internacional n.º 2011/028341, se utiliza un tubo de suministro de gas que tiene una pluralidad de orificios para suministrar aire al aireador de cavidad invertida. Más simplemente, la publicación internacional n.º 00/21890 divulga el uso simple de aireadores que comprenden orificios en un tubo de suministro de gas.

Introducción

En esta memoria descriptiva se describe un método de limpieza con aire de una membrana sumergida. El método comprende limpiar un módulo de membrana sumergido que comprende ajustar uno o más parámetros de aireación; entre ciclos de permeación sucesivos, ciclos de retropulsación sucesivos o ciclos de relajación sucesivos; durante un ciclo de permeación; entre un ciclo de permeación y un ciclo de retropulsación; o entre un ciclo de permeación y un ciclo de relajación; que comprende además las etapas de,

- a) introducir un flujo de gas presurizado en un tanque hasta por debajo del fondo de un módulo de membrana;
- b) suministrar el gas presurizado a una entrada 12 y dividir el flujo de gas presurizado con una pluralidad de puertos 16 en múltiples flujos de gas presurizado por debajo del módulo de membrana;
- c) dirigir cada uno de los múltiples flujos de gas presurizado a través de los canales 18 hasta una posición lateral diferente que tiene una salida 14, estando la salida 14 definida por un extremo abierto del canal 18;
- d) liberar burbujas únicamente por la salida 14 de las diferentes posiciones laterales,

estando la entrada 12, el puerto 16 y las salidas 14 ubicados generalmente a la misma altura, pero espaciados horizontalmente, y el gas presurizado fluye generalmente horizontalmente en los canales. El método puede utilizarse con un dispositivo de suministro de gas descrito en la presente memoria descriptiva en el que se proporciona un suministro de gas a un colector con múltiples puertos conectados a múltiples conductos.

Breve descripción de las figuras

- La figura 1 es una vista superior de un dispositivo de suministro de gas.
 La figura 2 es una vista lateral del dispositivo de suministro de gas de la figura 1.
 La figura 3 es una vista inferior del dispositivo de suministro de gas de la figura 1.
 La figura 4A es una vista isométrica de la parte inferior del dispositivo de suministro de gas de la figura 1.
 La figura 4B es una vista isométrica de la parte superior del dispositivo de suministro de gas de la figura 1.
 La figura 5 es una vista lateral del dispositivo de suministro de gas de la figura 1 en combinación con un rociador de gas intermitente.
 La figura 6 es una vista en sección transversal isométrica de la parte inferior de un rociador de gas intermitente alternativo.
 La figura 7 es una sección transversal esquemática de un tanque que tiene un módulo de membrana accionado por succión y un sistema de aireación sumergido en el tanque.
 La figura 8 ilustra un método de aireación de un módulo de membrana sumergido fuera del alcance de las reivindicaciones.
 Las figuras 9 a 13 ilustran métodos alternativos para airear un módulo de sumersión.

Descripción detallada

En un rociador de gas como se describe en la publicación internacional número 2011/028341, una unidad del rociador que recibe un mayor caudal de gas de entrada producirá pulsos de burbujas a una frecuencia más alta. Para limpiar uniformemente un casete de membrana, puede ser conveniente que cada unidad funcione casi a la misma frecuencia. Los orificios del tubo de suministro de gas se hacen pequeños para ayudar a igualar el caudal de gas entre los orificios que alimentan diferentes unidades del rociador. Sin embargo, si el tubo de suministro de gas se instala desnivelado tan solo 6 mm a lo largo de una longitud de aproximadamente 500 mm, los orificios situados a mayor altura tendrán un caudal de gas notablemente mayor. De forma adicional, los sólidos que entran en el tubo de suministro de gas durante los períodos de mantenimiento, cuando el suministro de gas está cortado, pueden secarse o aglomerarse cuando se vuelve a abrir el gas. Ocasionalmente, se forma una partícula sólida en el tubo de suministro de gas que es lo suficientemente grande o rígida como para alojarse en uno de los orificios y restringir o bloquear el orificio. Un orificio parcial o totalmente bloqueado provocará a su vez una mala distribución del gas a las membranas y permitirá que los sólidos se acumulen en las membranas. A continuación se describirá un dispositivo de suministro de gas que puede utilizarse como alternativa a dicho tubo de suministro de gas, con o sin un rociador de gas adicional.

Las figuras 1 a 4 muestran diferentes vistas de un dispositivo de suministro de gas 10. Alternativamente, el dispositivo de suministro de gas 10 puede denominarse aireador o rociador. Durante el uso, el dispositivo de suministro de gas 10 está sumergido en un líquido, típicamente agua, por ejemplo, lodo activado. Se suministra gas presurizado a una entrada 12 del dispositivo de suministro de gas y se emite en forma de burbujas desde una pluralidad de salidas 14. El gas es típicamente aire, pero en algunas aplicaciones puede utilizarse otro gas, por ejemplo, biogás, nitrógeno, ozono u oxígeno. El dispositivo de suministro de gas 10 mostrado tiene cuatro salidas 14, pero alternativamente puede haber más o menos salidas 14.

La entrada 12 está separada de las salidas 14 por una pluralidad de puertos 16. Cada salida 14 se comunica con un puerto 16 a través de un canal 18. Parte del dispositivo de suministro de gas 10 desde la entrada 12 hasta los puertos 16 funciona como un colector 15, también llamado cámara impelente, para distribuir el gas que entra por la entrada 12 entre los canales 18. La entrada 12, los puertos 16 y las salidas 14 están ubicados generalmente a la misma altura, pero espaciados horizontalmente. Por lo general, el gas fluye horizontalmente en los canales 18.

El área de los puertos 16 es menor que el área de los canales 18, o menor que el área del más pequeño de los canales 18 si estos tienen áreas diferentes. Por ejemplo, los canales 14 pueden tener un área de sección transversal que sea tres veces o más que el área de sección transversal de los puertos 16. Los puertos 16 restringen el flujo de gas hacia los canales 14. La restricción proporcionada por los puertos 16 ayuda a distribuir el flujo de aire total de manera más equitativa entre los canales 18. La disminución del área de los puertos 16 produce un flujo más uniforme en los canales 18, pero también aumenta la pérdida de carga a través de los puertos 16. Los puertos 16 pueden tener todos la misma área. El área de los puertos 16 puede reducirse hasta que el flujo se distribuya adecuadamente entre los canales 18. Opcionalmente, un puerto 16 que se abre a un canal 18 largo o estrecho puede ser más grande que un puerto 16 que se abre a un canal 18 corto o ancho para ayudar a igualar el flujo entre los canales 18. Alternativamente, uno o más puertos 16 pueden hacerse más grandes que otros puertos 16 para aumentar intencionalmente el flujo de aire relativo a través de uno o más canales 18. Esto puede llevarse a cabo, por ejemplo, para proporcionar más aire a las extremidades de un casete de membrana sumergido para contrarrestar la tendencia del agua a elevarse preferentemente por el centro de un casete.

Como se muestra en la figura 1 y en la figura 2, los puertos 16 están situados cerca uno del otro en dirección horizontal. De este modo, si el dispositivo de suministro de gas 10 se monta unos pocos grados fuera de nivel, hay muy poca diferencia de elevación entre los puertos 16. En particular, la mayor distancia horizontal entre dos puertos 16 es inferior a la distancia horizontal media entre salidas 14 adyacentes, o inferior a la mitad de la distancia horizontal media entre salidas 14 adyacentes. La mayor distancia horizontal entre los puertos 16 también es menor al 25 %, o menor al 10 %, de la mayor distancia desde un puerto 16 a una salida 14. Esto ayuda a producir una distribución más prácticamente uniforme del gas entre los canales 18 en comparación con un aireador ordinario en forma de tubo con orificios cuando el dispositivo de suministro de gas 10 se monta fuera de nivel. Debido a que los puertos 16 son principalmente responsables de igualar el flujo entre los canales 18, las salidas 14 se pueden hacer más grandes, por ejemplo, tan grandes como el área de sección transversal de los canales 18, de modo que sea poco probable que cualquier sólido que se acumule en un canal 18 bloquee la salida 14.

El dispositivo de suministro de gas 10 tiene sus salidas 14 espaciadas generalmente en una línea. Alternativamente, pueden utilizarse otras configuraciones. Por ejemplo, los canales 18 podrían extenderse a lo largo de una línea, pero en ambas direcciones desde la entrada 12. En otro ejemplo, los canales 18 podrían irradiar desde la entrada 12 como los radios del buje de una rueda.

Opcionalmente, la parte superior de los canales 18 puede apuntar ligeramente hacia arriba. De este modo, si el dispositivo de suministro de gas se monta por error con una ligera inclinación hacia abajo, el gas no quedará atrapado en los canales 18 cuando se interrumpe el suministro de gas. Una ligera inclinación hacia arriba también puede ayudar a compensar las diferencias entre las longitudes de los canales 18.

Haciendo referencia a la figura 7, puede utilizarse el dispositivo de suministro de gas 10, por ejemplo, para proporcionar burbujas para limpiar un módulo de membrana sumergido 50. El módulo de membrana 50 contiene una pluralidad de membranas de ultrafiltración o microfiltración. El permeado se extrae del módulo de membranas mediante una bomba de succión en comunicación con el interior de las membranas. Un ciclo de filtración típico comprende períodos de filtración interrumpidos por retrolavado, alternativamente llamado retropulsación, procedimientos o períodos de relajación en los que no hay filtración. Un dispositivo con una línea de salidas 14 es especialmente adecuado para proporcionar burbujas a módulos de membrana con elementos rectangulares, como módulos de láminas planas o elementos de fibra hueca ZeeWeed™ vendidos por GE Water & Process Technologies.

El dispositivo de suministro de gas 10 está sumergido en un tanque 52 que contiene uno o más módulos de membrana 50. El dispositivo de suministro de gas 10 puede montarse por separado en el tanque 52 o acoplarse a los módulos de membrana 50. El gas puede descender al tanque desde un tubo ascendente 54 y extenderse horizontalmente a través de un cabezal 56. Las monturas 58 unidas al cabezal 56 reciben gas del cabezal y llevan el gas hasta una línea de dispositivos de suministro de gas 10 orientados perpendicularmente al cabezal 56 en un plano generalmente horizontal. Opcionalmente, un dispositivo de suministro de gas 10 puede estar conectado directamente a un cabezal 56 o a un tubo ascendente 54. Se descargan corrientes de burbujas 30 desde las salidas 14 en varias posiciones laterales relativas a un módulo de membrana 50. El gas que fluye hacia cada posición lateral no pasa por las posiciones laterales intermedias. Las burbujas 30 pueden subir directamente a las membranas para limpiarlas o evitar el ensuciamiento. Alternativamente, se puede colocar un transductor encima del dispositivo de suministro de gas 10 para modificar su salida antes de que las burbujas lleguen a las membranas. Por ejemplo, se puede colocar un difusor sobre una salida para dispersar las burbujas sobre un área más amplia.

La figura 5 ilustra otra opción de transductor en la que un rociador de gas intermitente 20, por ejemplo, del tipo que se muestra en la publicación internacional número 2011/028341, se asocia con el dispositivo de suministro de gas. El gas presurizado 28 se divide en el dispositivo de suministro de gas en cuatro corrientes de burbujas 30. Cada corriente de burbujas 30 sube hasta una cavidad 32 diferente del rociador de aire intermitente 20. El gas que fluye a través de un conducto 18 hacia una cavidad 32 particular evita cualquier cavidad 32 intermedia.

Cada cavidad 32 tiene un conducto de descarga 34, con forma de tubo en forma de J en el ejemplo de la figura 5, que actúa como un sifón invertido para descargar pulsos intermitentes de aire de la cavidad 32. Las burbujas emitidas por el dispositivo de suministro de gas 10 primero se acumulan en la cavidad 32 formando una bolsa de gas en la parte superior de la cavidad 32. No se emite ningún gas desde la cavidad 32 hasta que la bolsa de gas se expande para alcanzar el punto bajo del conducto de descarga 34. En ese momento, la bolsa de gas sale de la cavidad 32 a través del conducto 34 y el proceso se repite. De este modo, un flujo continuo de burbujas 30 procedente del dispositivo de suministro de gas 10 se convierte en un flujo intermitente de burbujas procedente del rociador de gas intermitente 20.

En la figura 5, el dispositivo de suministro de gas 10 se muestra montado por separado y debajo del rociador de gas intermitente 20. Alternativamente, el dispositivo de suministro de gas 10 puede montarse en el rociador de gas intermitente 20. En el ejemplo mostrado, la entrada 12 puede ajustarse a un receptáculo 26 del rociador de gas intermitente 20. A continuación, se coloca un sujetador (no mostrado) a través de un ojal 22 en el dispositivo de suministro de gas 10 y en un estribo 24 en el rociador de gas intermitente 20. De este modo, el dispositivo de suministro de gas 10 se sitúa parcialmente dentro del rociador de gas intermitente 20. Sin embargo, las salidas 14 están por debajo de los conductos 34 y siguen descargando en el agua por debajo del límite inferior de las bolsas de gas de las cavidades 32.

La figura 6 es una vista en sección transversal isométrica de la parte inferior de un rociador intermitente 40 alternativo. En este ejemplo, los conductos multipuerto 42 proporcionan dos o más rutas de salida que se extienden hacia arriba desde el punto bajo de cada conducto multipuerto 42. Un divisor 44 entre conductos multipuerto 42 adyacentes tiene una ranura 46 que se extiende desde la parte inferior del divisor 44 hasta por encima del punto bajo de los conductos multipuerto 42. Cada cavidad con un conducto multipuerto 42 sustituye a dos cavidades con un único conducto de salida y evita así la necesidad de equilibrar el suministro de gas entre las dos cavidades sustituidas. La ranura 46 en el divisor 44 ayuda a igualar el suministro de aire a las cavidades. El gas puede fluir en cualquier dirección a través de la ranura 46, pero el flujo neto será de una cavidad que recibe un mayor flujo de gas a una cavidad que recibe un menor flujo de aire.

El dispositivo de suministro de gas 10 es preferentemente una estructura de fondo abierto. Por ejemplo, los canales 18 están formados por paredes laterales y una parte superior. Los canales 18 están abiertos en la parte inferior y, preferentemente, en sus extremos. Las salidas 14 están definidas por el extremo abierto de los canales 18. El colector 15 entre la entrada 12 y los puertos 16 está preferentemente abierto también en la parte inferior. Los puertos 16 son preferentemente ranuras también abiertas en la parte inferior del dispositivo de suministro de gas 10. De este modo, los sólidos atrapados en cualquier lugar del dispositivo de suministro de gas 10 más allá de la entrada 12 pueden caer o ser expulsados hacia abajo fuera del dispositivo de suministro de gas 10. La existencia de una vía tan corta y sencilla para la salida de sólidos ayuda a evitar el ensuciamiento del dispositivo de suministro de gas 10. En el caso de que de algún modo se sigan acumulando sólidos en el dispositivo de suministro de gas, la estructura de fondo abierto facilita la localización y eliminación de los sólidos, por ejemplo, rociando agua en el fondo del dispositivo de suministro

de gas 10.

La construcción de fondo abierto del dispositivo de suministro de gas 10 también ayuda a acomodar una gama de caudales de gas de entrada. A caudales bajos, el agua entra en el dispositivo de suministro de gas 10 y reduce el tamaño de los puertos 16 y canales 18. A caudales de gas más altos, entra menos agua en el dispositivo de suministro de gas 10 y los puertos 16 y canales 18 aumentan de tamaño. El dispositivo de suministro de gas 10 puede fabricarse para proporcionar un flujo de aire bien distribuido a caudales de aire suministrados que varían, por ejemplo, de un caudal bajo a un caudal alto que es dos o más veces mayor que el caudal bajo. El dispositivo de suministro de gas 10 también puede funcionar a uno o más caudales intermedios distintos o a caudales que varían gradualmente con el tiempo. Esto se hace sin que el dispositivo de suministro de gas 10 se ensucie rápidamente o proporcione una contrapresión excesiva a cualquiera de los caudales. En comparación, los aireadores en forma de tubo horizontal con una serie de orificios pueden ensuciarse y proporcionar una mala distribución del aire a caudales bajos y una contrapresión excesiva a caudales altos.

La figura 8 muestra un método de funcionamiento de un sistema de filtración de membrana que tiene un módulo de membrana 50 sumergido en un tanque 50 como se muestra en la figura 7. El sistema de filtración puede ser parte de un biorreactor de membrana (MBR). La operación consiste en períodos de permeación seguidos de períodos de relajación o retropulsación, alternativamente llamado retrolavado. Los períodos de permeación pueden ser de 10 a 50 veces más largos que los períodos de retrolavado o relajación. Las membranas se limpian con burbujas desde un dispositivo de suministro de gas 10, opcionalmente en combinación con un rociador de gas intermitente 20. La limpieza se utiliza tanto durante la permeación como durante los ciclos de retropulsación/relajación para controlar la acumulación de sólidos en las membranas y reducir el ensuciamiento de las mismas. La figura 8 ilustra un método de limpieza con aire en el que el caudal de aire permanece igual durante todo el ciclo de permeación y entre los ciclos de permeación y relajación. Durante el ciclo de permeación, la presión transmembrana (PTM) aumenta lentamente hasta el ciclo de retropulsación/relajación donde al menos algunos sólidos que ensucian la membrana se eliminan del módulo de membrana 50. Cuando se inicia el siguiente ciclo de permeado, la PTM se reduce pero comienza a aumentar a lo largo del ciclo de permeado a medida que más sólidos ensucian las membranas.

Las figuras 9 a 13 muestran métodos alternativos de funcionamiento de un sistema de filtración de membrana que tiene un módulo de membrana 50 sumergido en un tanque 50 como se muestra en la figura 7. Cuando el dispositivo de suministro de gas 10 se utiliza solo, los caudales de aireación de las figuras 8 a 13 representan tanto la entrada de flujo de aire al dispositivo de suministro de gas 10 como la salida del dispositivo de suministro de gas 10. Cuando el dispositivo de suministro de gas 10 se utiliza en combinación con un rociador de gas intermitente 20, los caudales de aireación de las figuras 8 a 13 representan el flujo de aire de entrada y de salida del dispositivo de suministro de gas 10, y la salida promediada en el tiempo del rociador de gas intermitente 20. Sin embargo, el caudal instantáneo de la salida del rociador de gas intermitente 20 no cambia mucho, o en absoluto, con el caudal de entrada. En su lugar, la frecuencia con la que se liberan ráfagas de burbujas desde el rociador de gas intermitente 20 aumenta con el caudal de gas de entrada. En consecuencia, en un sistema que tiene rociadores de gas intermitentes 20, los caudales de aireación que se muestran en las figuras 8 a 13 pueden considerarse alternativamente como representativos de las ráfagas de burbujas liberadas por el rociador de gas intermitente 20.

En al menos algunas situaciones, la limpieza con aire durante los ciclos de retropulsación/relajación es más eficaz para prevenir la acumulación de sólidos y controlar el ensuciamiento de la membrana en comparación con la limpieza con aire durante los ciclos de permeación. En un método, ilustrado en la figura 9, el caudal de aireación permanece constante a un primer caudal de aireación durante el ciclo de permeación. El caudal de aireación aumenta durante el ciclo de retropulsación/relajación hasta un segundo caudal de aireación que es mayor que el primer caudal de aireación. Después de completar el ciclo de retropulsación/relajación y al comienzo de un nuevo ciclo de permeación, el caudal de aireación disminuye hasta el primer caudal de aireación. En algunos casos, la cantidad de energía consumida por un sistema de filtración de membrana se puede reducir utilizando el método de la figura 9 en lugar del método de la figura 8.

Los sólidos se acumulan en el módulo durante el ciclo de permeación. El caudal de aireación también se puede aumentar durante el ciclo de permeación para que el caudal de aireación sea más alto durante una parte posterior del ciclo. La figura 10 ilustra un método en donde el caudal de aireación al comienzo del ciclo de permeación se incrementa gradualmente desde un primer caudal de aireación hasta un segundo caudal de aireación a lo largo del ciclo de permeación y a medida que se acumulan los sólidos. Alternativamente, el caudal de aireación puede pasar por uno o más cambios abruptos o escalonados desde el primer caudal de aireación hasta el segundo caudal de aireación dentro del ciclo de permeación. Al final del ciclo de permeación y al comienzo del ciclo de retropulsación/relajación, el caudal de aireación aumenta hasta un tercer caudal de aireación. Después de completar el ciclo de retropulsación/relajación y al comienzo de un nuevo ciclo de permeación, el caudal de aireación disminuye hasta el primer caudal de aireación.

La figura 11 ilustra un método en el que el caudal de aireación varía una o más veces dentro de un ciclo de permeación desde un primer caudal de aireación hasta un segundo caudal de aireación. Durante el ciclo de retropulsación/relajación, se puede utilizar el segundo caudal de aireación o un tercer caudal de aireación incluso más alto. En el ejemplo ilustrado, el caudal de aireación permanece constante a un primer caudal de aireación desde el inicio del ciclo de permeación. Después de un período de tiempo predeterminado durante el curso del ciclo de

permeación, el caudal aumenta desde el primer caudal de aireación hasta un segundo caudal de aireación durante un período de tiempo predeterminado. Una vez transcurrido el período de tiempo predeterminado, el caudal de aireación se reduce hasta el primer caudal de aireación. Al final del ciclo de permeación y al comienzo del ciclo de retropulsación/relajación, el caudal de aireación aumenta hasta un tercer caudal de aireación, en donde el tercer caudal de aireación es mayor que el segundo caudal de aireación. Después de completar el ciclo de retropulsación/relajación y al comienzo de un nuevo ciclo de permeación, el caudal de aireación disminuye hasta el primer caudal de aireación.

Mientras que la figura 11 ilustra dos ocurrencias de aumento del caudal de aireación desde el primer caudal hasta el segundo caudal, durante el ciclo de permeación puede aplicarse cualquier número de ocurrencias de aumentos del caudal de aireación. El primer caudal de aireación ilustrado en la figura 11 puede ser cualquier caudal. Por ejemplo, el primer caudal de aireación del método de limpieza con aire ilustrado en la figura 11 puede ser cero.

La figura 12 ilustra un método en donde se proporciona aireación en distintos períodos de tiempo durante el ciclo de permeación. El caudal de aireación aumenta de un período de tiempo distinto al siguiente y, a continuación, el caudal de aireación puede seguir aumentando durante el ciclo de retropulsación/relajación. Opcionalmente, puede proporcionarse un caudal de aireación menor, o ningún flujo de aire, entre los distintos períodos de tiempo. En el ejemplo mostrado, el caudal de aireación permanece constante a un primer caudal de aireación desde el inicio del ciclo de permeación. Después de un período de tiempo predeterminado durante el curso del ciclo de permeación, el caudal aumenta desde el primer caudal de aireación hasta un segundo caudal de aireación durante un período de tiempo predeterminado. Una vez transcurrido el período de tiempo predeterminado, el caudal de aireación se reduce hasta el primer caudal de aireación. Después de otro período de tiempo predeterminado, el caudal aumenta desde el primer caudal de aireación hasta un tercer caudal de aireación durante un período de tiempo predeterminado, en donde el tercer caudal de aireación es mayor que el segundo caudal de aireación. Al final del ciclo de permeación y al comienzo del ciclo de retropulsación/relajación, el caudal de aireación aumenta hasta un cuarto caudal de aireación, en donde el cuarto caudal de aireación es mayor que el tercer caudal de aireación. Después de completar el ciclo de retropulsación/relajación y al comienzo de un nuevo ciclo de permeación, el caudal de aireación disminuye hasta el primer caudal de aireación.

Mientras que la figura 12 ilustra dos ocurrencias de aumento del caudal de aireación durante el ciclo de permeación, durante el ciclo de permeación puede aplicarse cualquier número de ocurrencias de aumentos del caudal de aireación. El primer caudal de aireación ilustrado en la figura 12 puede ser cualquier caudal. De acuerdo con una realización, el primer caudal de aireación del método de limpieza con aire ilustrado en la figura 12 puede ser cero.

La figura 13 ilustra un método en donde la aireación solo se utiliza durante el ciclo de retropulsación/relajación y toda la aireación se interrumpe durante el ciclo de permeación. Como se ha ilustrado, se aplica un caudal de aireación cero durante el ciclo de permeación. Al final del ciclo de permeación y al comienzo del ciclo de retropulsación/relajación, el caudal de aireación aumenta hasta un primer caudal de aireación. Después de completar el ciclo de retropulsación/relajación y al comienzo de un nuevo ciclo de permeación, el caudal de aireación disminuye hasta cero.

En la descripción anterior, se dice que uno o más caudales de aireación comienzan con el inicio de un ciclo de retrolavado/relajación y terminan con la finalización de un ciclo de retrolavado/relajación. Esto se entiende como una aproximación. El caudal de aireación indicado incluye preferentemente al menos el período de tiempo ocupado por el retrolavado o la relajación, pero puede comenzar antes del retrolavado o la relajación, o continuar después del retrolavado o la relajación, o ambos.

Las figuras 8 a 13 no tienen escalas de tiempo específicas. Sin embargo, los ciclos de permeación normalmente duran 15 minutos o más, a veces 30 minutos o más. Los ciclos de retrolavado/relajación normalmente duran al menos un minuto y, a veces, más de dos minutos. Los cambios en el caudal de aireación entre caudales de aireación discretos durante el período de permeación se aplican preferentemente durante al menos un minuto, más preferentemente durante al menos dos minutos o cinco minutos. En cambio, un rociador de gas intermitente 20 generalmente libera ráfagas de burbujas una vez cada 4 a 30 segundos, más a menudo, una vez cada 4 a 15 segundos. En consecuencia, los cambios en el caudal de aireación que se muestran en las figuras 8 a 13 no representan ráfagas individuales de burbujas de un rociador de gas intermitente 20. En su lugar, si se utiliza un rociador de gas intermitente 20, normalmente libera una pluralidad de ráfagas de burbujas dentro de un período de tiempo que se muestra como que tiene un caudal de aireación particular.

El caudal de aireación (o la frecuencia de las ráfagas de burbujas de un rociador de gas intermitente 20) también podría controlarse considerando una o más propiedades del agua de alimentación, del agua en un tanque de proceso de un biorreactor o del tanque 52 que contiene un módulo de membrana 50, o teniendo en cuenta el rendimiento del módulo de membrana 50. La viscosidad, las concentraciones de sólidos suspendidos en licor mixto (MLSS), las concentraciones de polímeros extracelulares (ECP), las concentraciones de productos microbianos solubles (SMP), un índice de ensuciamiento, la temperatura y la velocidad de ensuciamiento de la membrana o la recuperación del flujo después del retrolavado son algunas de las propiedades que podrían usarse para controlar el caudal de aireación, con el fin de determinar cuándo cambiar entre uno o más de los métodos mostrados en las figuras 8 a 13, o para controlar el tiempo de los cambios entre los caudales de aireación en un método mostrado en las figuras 9 a 13. Por ejemplo, puede aplicarse un caudal de aireación más alto, o más tiempo a un caudal de aireación más alto, o un

cambio a un proceso de aireación más intensivo a medida que aumenta la viscosidad del agua que se alimenta al sistema de filtración del tanque 52 o disminuye su temperatura. En otro ejemplo, puede aplicarse un caudal de aireación más alto, o más tiempo a un caudal de aireación más alto, o un cambio a un proceso de aireación más intensivo a concentraciones de MLSS más elevadas. En otro ejemplo, puede aplicarse un caudal de aireación más alto, o más tiempo a un caudal de aireación más alto, o un cambio a un proceso de aireación más intensivo cuando se puede obtener electricidad a menor coste.

Opcionalmente, para reducir la frecuencia de los cambios de velocidad de un soplador que suministra gas a una pluralidad de dispositivos de suministro de gas 10 (solo o en combinación con rociadores de gas intermitentes 20), puede proporcionarse un conjunto de válvula entre un soplador y los dispositivos de suministro de gas 10. El conjunto de válvula distribuye el caudal suministrado por el soplador entre dos o más ramas distintas de un sistema de suministro de aire conectado a los dispositivos de suministro de gas, de manera que el flujo en una rama distinta puede variar en un período de tiempo durante el cual la potencia del soplador no varía. Por ejemplo, en un período de tiempo se aplica un caudal de aireación más alto a una primera rama distinta y se aplica un caudal de aireación más bajo a una segunda rama distinta, mientras que en un segundo período de tiempo, el caudal de aireación más alto se aplica a la segunda rama distinta y el caudal de aireación más bajo se aplica a la primera rama distinta. Como alternativa o adicionalmente, el soplador puede proporcionar aire a un caudal generalmente constante a un tanque de presión u otro acumulador mientras que una válvula entre el tanque de presión y el dispositivo de suministro de gas 10 se modula para proporcionar la variación requerida en el caudal de aireación.

Opcionalmente, los dispositivos de suministro de gas 10 también pueden conectarse a un sistema de aireación cíclica como el utilizado en algunos MBR ZeeWeed vendidos por GE Water and Process Technologies. En este caso, incluso sin un rociador de gas intermitente 20, el dispositivo de suministro de gas 10 produce un flujo de burbujas durante un período de aproximadamente 2 a 20 segundos seguido de un período en el que el dispositivo de suministro de gas 10 produce un flujo menor de burbujas o ninguna burbuja durante un período de aproximadamente 2 a 60 segundos, alternándose estos períodos en ciclos repetidos a lo largo del tiempo. Por ejemplo, un dispositivo de suministro de gas 10 puede producir burbujas durante 10 segundos y luego apagarse durante 10 segundos, mientras que un segundo dispositivo de suministro de gas está apagado durante 10 segundos y luego produce burbujas durante 10 segundos. En este caso, en los métodos de las figuras 8 a 13, el caudal de aireación se puede interpretar como un caudal de aireación promediado en el tiempo.

Esta descripción escrita se sirve de ejemplos para divulgar la invención, incluido el mejor modo, y también para permitir que cualquier experto en la materia ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualesquiera dispositivos o sistemas y la realización de cualesquiera métodos incorporados.

REIVINDICACIONES

1. Un método de limpieza por aire de un módulo de membrana sumergido que comprende ajustar uno o más parámetros de aireación; entre ciclos de permeación sucesivos, ciclos de retropulsación sucesivos o ciclos de relajación sucesivos; durante un ciclo de permeación; entre un ciclo de permeación y un ciclo de retropulsación; o entre un ciclo de permeación y un ciclo de relajación; que comprende además las etapas de,
 - a) introducir un flujo de gas presurizado en un tanque hasta por debajo del fondo de un módulo de membrana;
 - b) suministrar el gas presurizado a una entrada 12 y dividir el flujo de gas presurizado con una pluralidad de puertos 16 en múltiples flujos de gas presurizado por debajo del módulo de membrana;
 - c) dirigir cada uno de los múltiples flujos de gas presurizado a través de los canales 18 hasta una posición lateral diferente que tiene una salida 14, estando la salida 14 definida por un extremo abierto del canal 18;
 - d) liberar burbujas únicamente por la salida 14 de las diferentes posiciones laterales,
- estando la entrada 12, el puerto 16 y las salidas 14 ubicados generalmente a la misma altura, pero espaciados horizontalmente, y el gas presurizado fluye generalmente horizontalmente en los canales.
2. El método de la reivindicación 1, en donde un caudal de aireación varía entre ciclos de permeación sucesivos.
3. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde un caudal de aireación aumenta durante un ciclo de retropulsación o relajación con respecto al caudal de aireación durante un ciclo de permeación precedente.
4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde un caudal de aireación aumenta dentro de un ciclo de permeación.
5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la aireación se proporciona de forma intermitente durante un ciclo de permeación.
6. El método de la reivindicación 1, en donde la aireación se proporciona únicamente durante un ciclo de retropulsación o relajación.
7. El método de la reivindicación 1, en donde un caudal de aireación continuo o instantáneo aumenta generalmente de forma lineal con el tiempo durante un ciclo de permeación.
8. El método de la reivindicación 7, en donde el caudal de aireación aumenta aún más durante un ciclo de retropulsación o relajación.

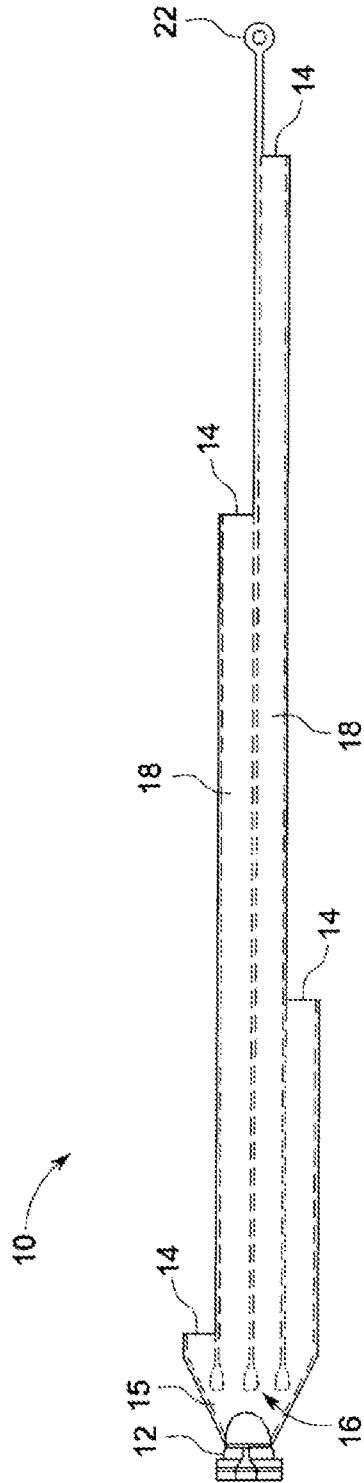


FIG. 1

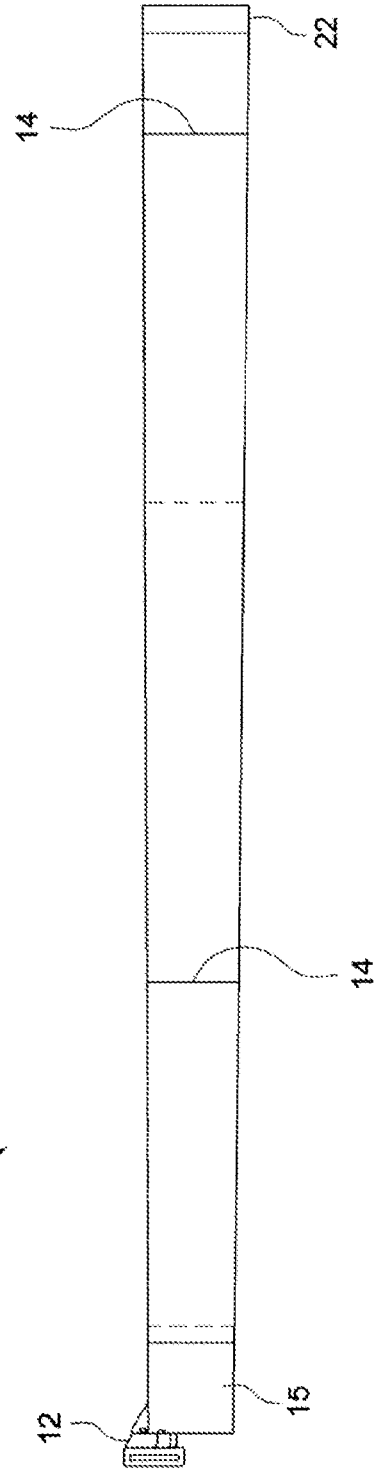


FIG. 2

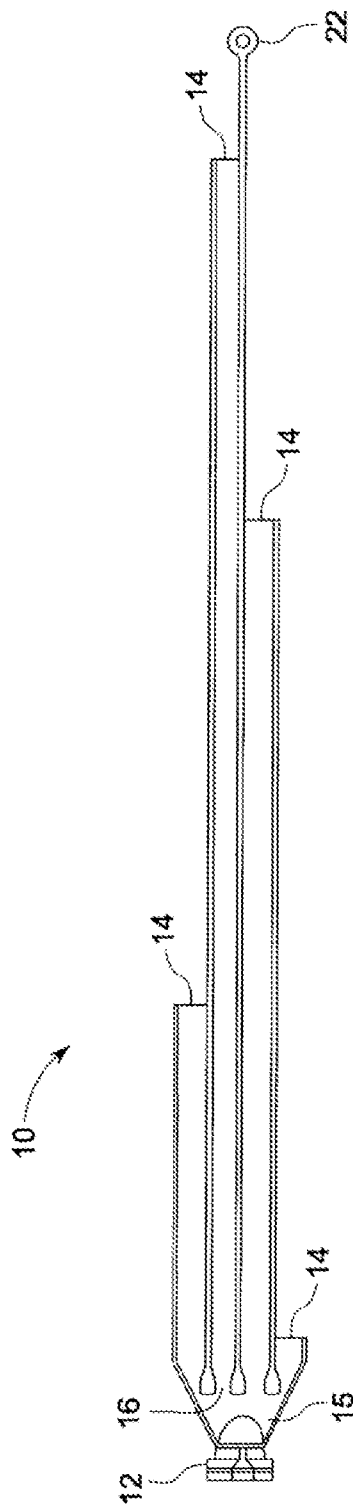


FIG. 3

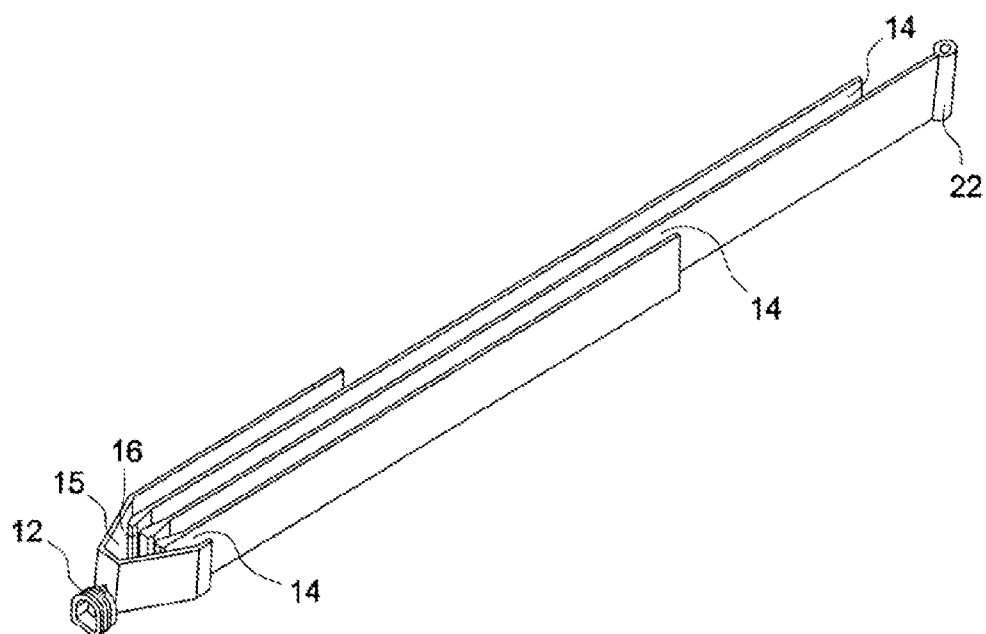


FIG. 4A

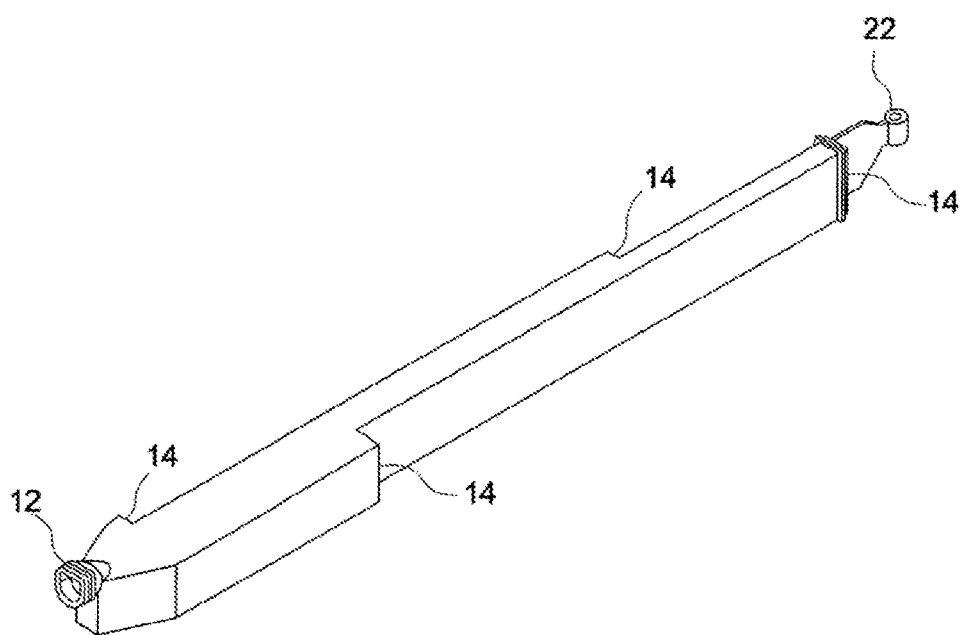


FIG. 4B

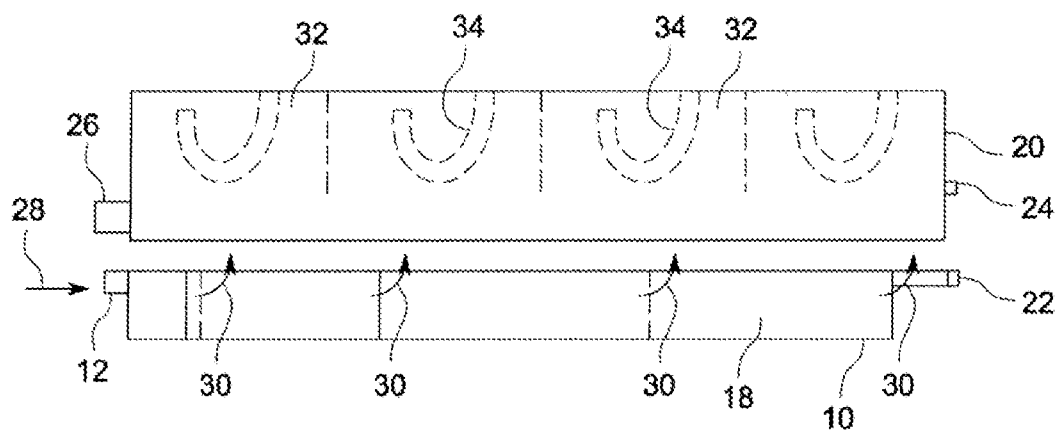


FIG. 5

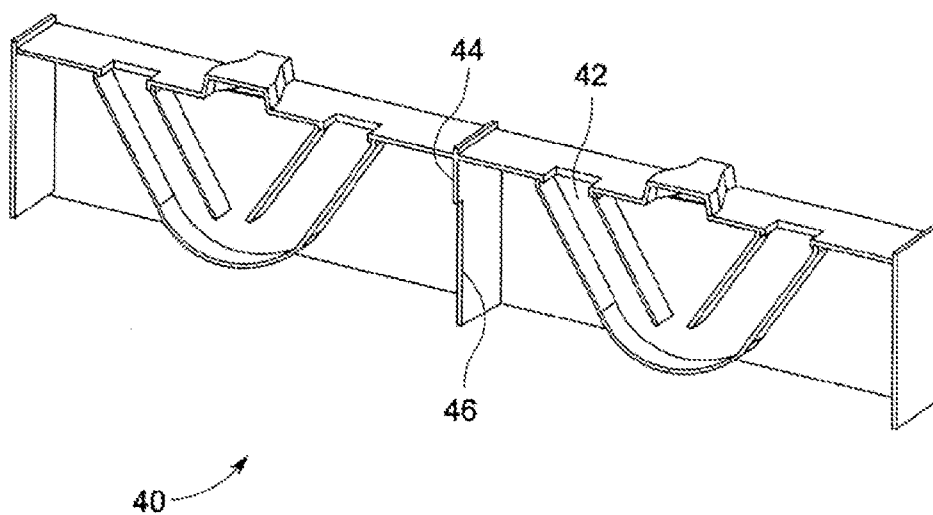
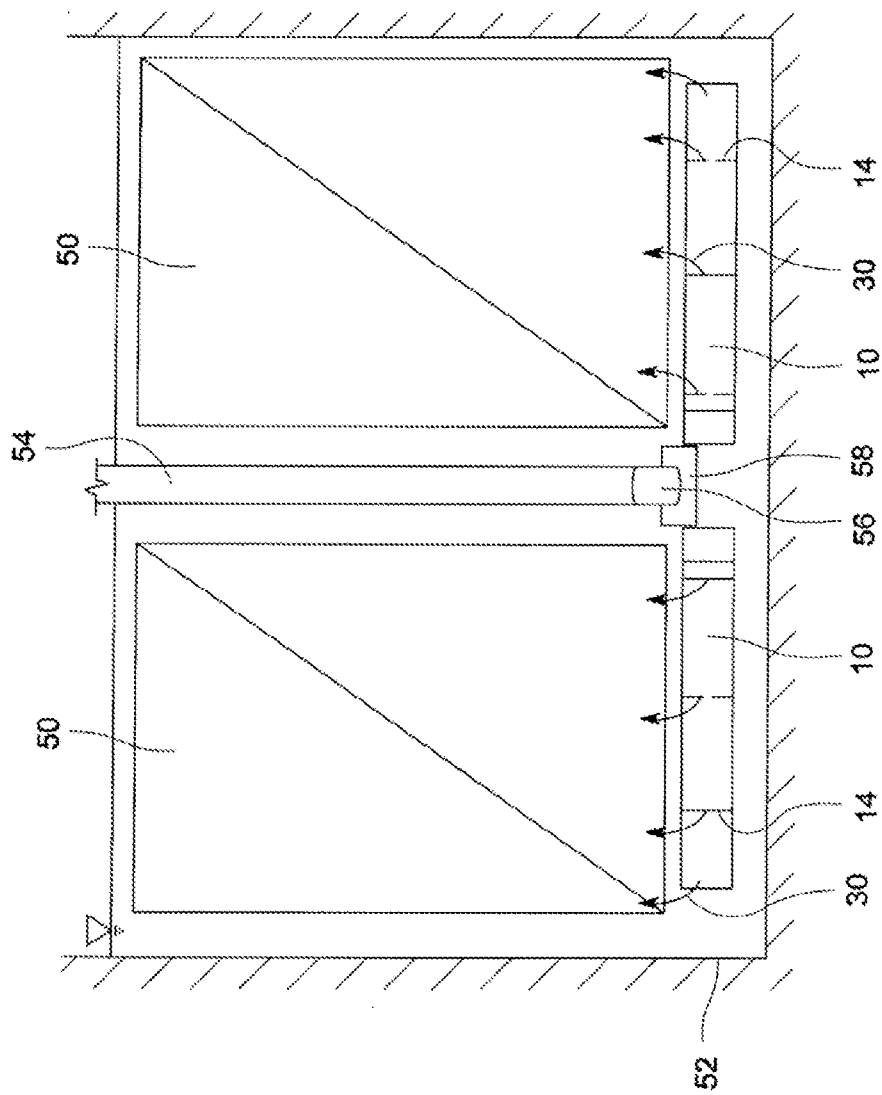


FIG. 6



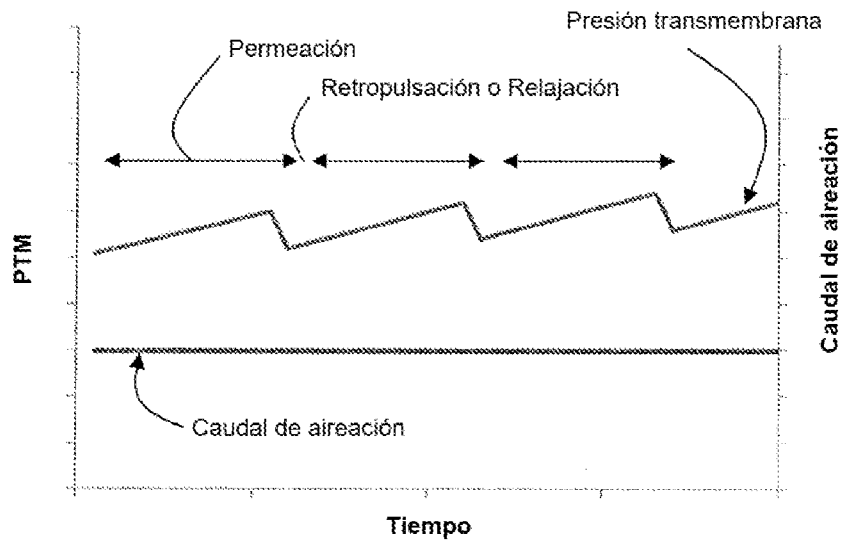


FIGURA 8

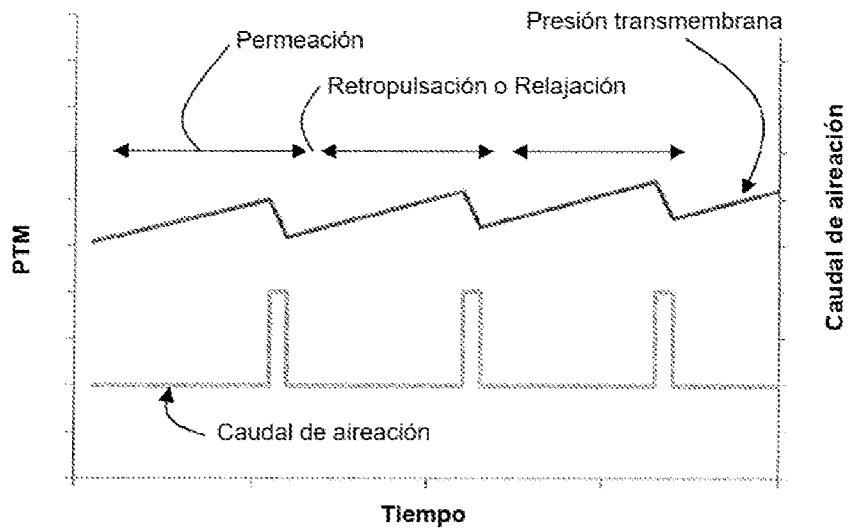


FIGURA 9

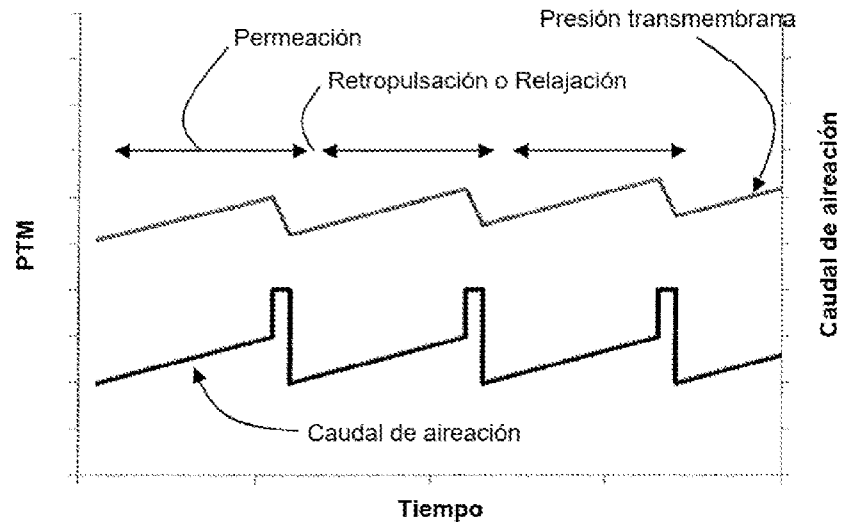


FIGURA 10

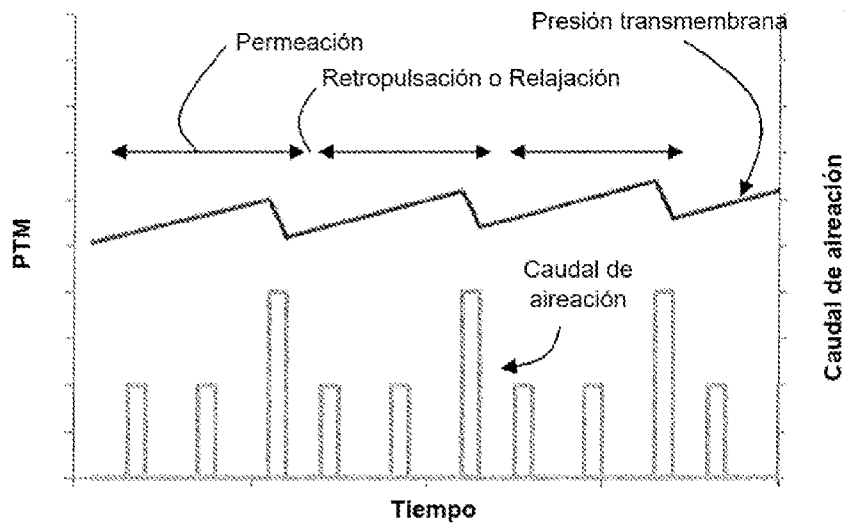


FIGURA 11

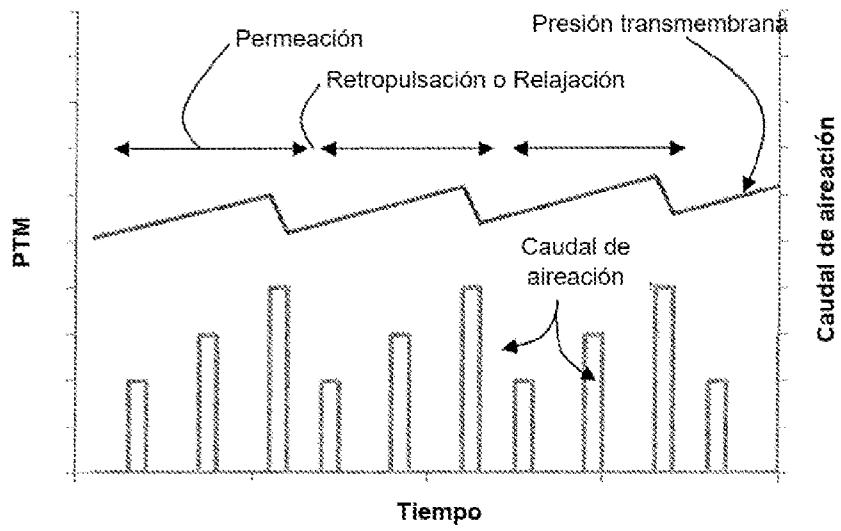


FIGURA 12

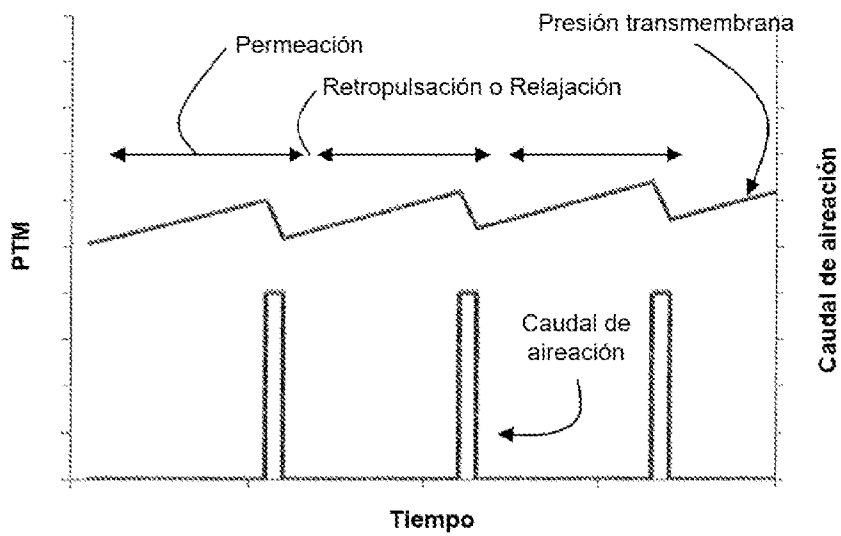


FIGURA 13