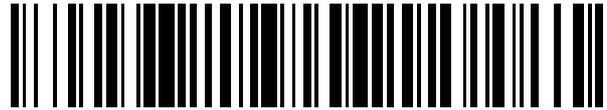


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 496**

51 Int. Cl.:

B01D 61/18 (2006.01)

B01D 65/02 (2006.01)

B01D 65/08 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

B01F 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.07.2010 PCT/US2010/043926**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2011 WO11028341**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2010 E 10742657 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.07.2018 EP 2473258**

54 Título: **Combinación de difusor de gas y de módulo de membrana sumergido**

30 Prioridad:

03.09.2009 US 553346

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

18.10.2018

73 Titular/es:

**ZENON TECHNOLOGY PARTNERSHIP (100.0%)
The Corporation Trust Company Corporation
Trust Centre 1209 Orange Street
Wilmington, DE 19801, US**

72 Inventor/es:

**CUMIN, JEFFREY, RONALD;
BEHMANN, HENRY;
HONG, YOUNGSECK;
BAYLY, REID;
WAN, ZHAOYANG y
BREITNER, JOSEPH**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 686 496 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

Combinación de difusor de gas y de módulo de membrana sumergido

La presente memoria descriptiva se refiere a un difusor de gas y a lavado con gas para impedir el ensuciamiento de una membrana de filtrado.

5 **Antecedentes**

El análisis subsecuente de antecedentes no supone admitir que todo lo analizado a continuación pueda citarse como técnica anterior o como conocimiento general común.

10 La publicación PCT internacional WO/2000/021890 describe, entre otras cosas, un sistema de aireación para un módulo de membrana sumergido que presenta una serie de aireadores conectados a un ventilador, unas válvulas y un controlador adaptados para proporcionar de forma alterna una tasa más alta de flujo de aire y una tasa más baja de flujo de aire en ciclos repetidos de los aireadores individuales. En algunos sistemas, un ventilador, unas válvulas y un controlador proporcionan unos flujos de aire simultáneos pero alternos sobre dos o más conjuntos de aireadores de manera que, aunque el flujo de aire total del sistema sea constante, permitiendo que el ventilador sea operado a una velocidad constante, cada aireador recibe un flujo de aire que varía con el tiempo. Unas condiciones del flujo transitorias influyen en el agua del tanque, lo cual ayuda a evitar los espacios muertos y limpia o impide el ensuciamiento de las membranas. El documento WO/2000/021890 se incorpora en la presente memoria en su totalidad mediante esta referencia al mismo.

20 El documento US 2009/0194477 describe un flujo de gas intermitente y un aparato de separación de membrana que comprende una cámara de gas interna que incluye una pared superior; al menos una entrada para el suministro de gas a la cámara de gas interna; un tubo columna que se extiende por encima de la pared superior de la cámara de gas interna, incluyendo el tubo columna una porción terminal inferior que comunica con la cámara de gas interna, enlazando el tubo columna la cámara de gas interna con un área externa respecto de la cámara de gas interna para el flujo de fluido entre la cámara de gas interna y el área externa; un tubo auxiliar que incluye una porción terminal conectada al tubo columna para el flujo de fluido entre el tubo auxiliar y el tubo columna, y otra porción terminal que se ramifica a partir del tubo columna, incluyendo la otra porción terminal una abertura situada en la cámara de gas interna en una posición más elevada que la porción terminal inferior que comunica con el tubo columna hasta una altura predeterminada; y un miembro tubular por fuera del tubo auxiliar que incluye un extremo cerrado, rodeando el miembro tubular externo del tubo auxiliar la otra porción terminal del tubo auxiliar estando el extremo cerrado situado por debajo de la abertura en la otra porción terminal del tubo auxiliar, y separado de la otra porción terminal por una distancia predeterminada que permite el flujo de fluido al interior del espacio entre la pared del miembro tubular y el tubo auxiliar. El documento JPH 01111494 describe una bomba de aire con un conducto tipo sifón que produce unas burbujas intermitentes.

Introducción

El análisis subsecuente está destinado a introducir al lector en el análisis más detallado que sigue.

35 El procedimiento por ciclo de aire descrito en el documento WO/2000/021890 ha demostrado ser eficaz para reducir la cantidad de aire u otro gas y, por tanto, de la energía requerida para operar un sistema de membrana de filtrado. Se destacó en el documento WO/2000/021890 que los movimientos rápidos de válvula provocan la creación de muy grandes burbujas durante un breve periodo de tiempo, y que estas muy grandes burbujas podrían ser particularmente útiles para impedir el ensuciamiento de la membrana. Sin embargo, se advirtió en el documento 40 WO/2000/021890 que los movimientos rápidos de válvula provocaban picos de presión temporales en el sistema de aireación que requerían ser gestionados. Un difusor de gas, también llamado aireador se describirá en las líneas que siguen y produce un flujo intermitente de burbujas incluso cuando viene acompañado de un flujo de gas continuo. El flujo de burbujas puede presentarse en forma de ráfagas cortas de burbujas de gran tamaño, pero no se requieren rápidos movimiento de válvula.

45 La presente invención se refiere a una combinación de uno o más difusores de gas para al menos un módulo de membrana sumergido y a uno o más módulos de membrana sumergidos de acuerdo con la reivindicación 1. La presente invención se refiere también a un procedimiento para la purga de gas de un módulo de membrana sumergido en un líquido que utiliza una combinación de acuerdo con la reivindicación 1.

50 El difusor presenta una carcasa para recoger un embolsamiento de gas y un conducto para liberar al menos parte del gas a partir del embolsamiento cuando el embolsamiento alcanza un tamaño suficiente. De manera opcional, una cubierta por encima de una salida del conducto puede distribuir el gas liberado y puede también diseminar el gas en burbujas, o en burbujas más pequeñas, si el gas fue inicialmente liberado de una forma más voluminosa. Un difusor de gran tamaño para su uso con un módulo o cartucho de membrana comercial puede comprender una pluralidad de unidades o áreas más pequeñas. Incluso si es alimentado con un suministro de gas continuo a una velocidad constante, el difusor produce un flujo de burbujas de salida cuya tasa varía con el tiempo. De manera opcional, el 55 flujo de salida consiste, generalmente en periodos discontinuos de flujo de burbujas, también, de manera opcional en

forma de ráfagas cortas de burbujas de gran tamaño. Por ejemplo, la duración de una ráfaga de burbujas puede ser una mitad o menos del tiempo entre ráfagas consecutivas de burbujas.

5 El suministro de gas al difusor, incluso si es continuo a lo largo de un periodo de tiempo que incluya varias ráfagas de burbujas de más, puede variar en cuanto al caudal a lo largo de grandes periodos de tiempo. Un cambio en el caudal de gas suministrado no provoca un cambio significativo en el caudal y en la duración de las ráfagas de salida de burbujas. Sin embargo, un cambio en el caudal de gas suministrado sí modifica el tiempo entre ráfagas consecutivas de burbujas. Un tubo de suministro de gas se describe en la presente memoria e incluye dos o más salidas para que el aire suministrado fluya hacia el interior de cada uno de dos o más difusores. Las dos o más salidas están situadas en alturas diferentes. Dicho tubo de suministro de gas permite una amplitud mayor en el caudal del gas de entrada al tiempo que suministra una división genéricamente igual u otra deseada del gas suministrado a los múltiples difusores.

En la presente memoria se describe un procedimiento de operación de un difusor en el que el caudal del gas suministrado varía en respuesta a los parámetros operativos del sistema.

15 Un sistema de aireación se describe en la presente memoria en el que uno o más entre un conjunto de difusores recibe un gas suministrado con un caudal mayor. Los uno o más difusores que reciben el caudal mayor de gas suministrado están situados cerca de las áreas de un sistema de membrana que requiere una cantidad incrementada del flujo de burbujas de salida.

20 Otro difusor descrito en la presente memoria presenta unas áreas diferenciadas para liberar burbujas de manera fluida conectadas de tal manera que la liberación de las ráfagas de burbujas a partir de áreas diferenciadas esté genéricamente sincronizada.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 muestra una vista en alzado lateral parcialmente seccionado de un difusor;

La Figura 2 muestra una vista desde arriba del difusor de la Figura 1.

La Figura 3 muestra una vista desde un extremo del difusor de la Figura 1.

25 La Figura 4 muestra una vista isométrica del difusor de la Figura 1.

La Figura 5 muestra una vista lateral esquemática de cuatro difusores sumergidos en un líquido en varias etapas de un procedimiento de aireación.

Las Figuras 6 y 7 muestran una vista desde arriba y una vista lateral seccionada de otro difusor.

La Figura 8 muestra un colector de aire de alimentación alterna.

30 La Figura 9 muestra una vista lateral de otro difusor en el que se ha eliminado el lado más próximo al observador.

Descripción detallada

35 Las Figuras 1 a 4 muestran un difusor 10 en diversas vistas. El difusor 10 presenta una carcasa 12 que define una cámara interior limitada por una superficie superior. La carcasa 12 mostrada es alargada, siendo su longitud más de dos veces su anchura, y presenta una sección transversal con forma genérica de "U" invertida, aunque también pueden utilizarse otras formas. La carcasa 12 mostrada incluye una conexión 14 en un extremo. La conexión 14 puede quedar ajustada dentro o por encima de un orificio de un colector (no mostrado) de suministro de gas para suministrar gas al difusor 10 y para mantener un extremo del difusor 10 en una posición seleccionada sumergida en un líquido. El otro extremo del difusor 10 puede mantenerse en una posición seleccionada sumergido en un líquido mediante un vástago 16 que se extiende a partir de la carcasa 12.

40 El conector 14 está conectado a uno o más tubos 18 de distribución. El tubo o tubos 18 de distribución se extienden genéricamente a lo largo de la extensión del difusor 10 y presentan unas salidas 20 de gas a lo largo de su extensión. El tamaño de las salidas 20 de gas puede ser suficientemente pequeño para el caudal de gas de manera que (a) cree una pérdida de altura manométrica que estimule una distribución uniforme del flujo de gas desde las salidas 20 de gas incluso si el tubo 18 de distribución no está exactamente nivelado y (b) determine una velocidad del flujo de gas suficiente a través de las salidas 20 de gas para impedir la entrada de líquido en el tubo 18 de distribución. El tubo 18 de distribución puede estar situado cerca del fondo del difusor 10, como se muestra, o a otras alturas. Por ejemplo, los tubos 18 de distribución pueden estar situados a lo largo de la parte superior de la carcasa 12, estando las salidas 20 en un área que siempre contenga un embolsamiento de gas. Así mismo, de manera opcional, diferentes partes de la carcasa 12 pueden recibir gas a partir de tubos de gas separados conectados a un colector de suministro de gas situado a distancia de la carcasa 12.

El difusor 10 presenta una pluralidad de conductos 22 de descarga a lo largo de su extensión. Los conductos 22 de descarga presentan unas primeras salidas 24 en comunicación con un área dispuesta dentro de y cerca de la parte superior de la carcasa 12, y unas segundas salidas 26 que comunican con el exterior de la carcasa 12. Al menos una porción del conducto 22 se extiende hacia abajo entre la primera abertura 24 y la segunda abertura 26. Otra porción del conducto 22 se extiende hacia arriba de nuevo antes de alcanzar la segunda abertura 26. El gas que sale de la carcasa 12 por el conducto 22 debe atravesar un punto bajo del conducto 22 entre la primera abertura 24 y la segunda abertura 26 como se muestra en los conductos 22 con forma genérica de J o U. La segunda abertura 26 puede tener un área de 1 a 10 cm cuadrados o de 3 a 6 cm cuadrados. El área en sección transversal de un embolsamiento de gas en comunicación con un conducto 22 es, de modo preferente, mayor que el área de la segunda abertura 26 por un factor de 10 o más, por ejemplo por un factor en el intervalo de 20 a 35.

Los conductos 22 adyacentes están de modo preferente separados entre sí, por ejemplo mediante unos separadores 28. Los separadores 28 impiden que un conducto 22 agote un embolsamiento de gas de la carcasa 12 hasta el punto de que el gas sea raramente o nunca descargado de otro de los conductos 22. Con los separadores 28 macizos que se extienden por debajo del punto esperado más bajo de un embolsamiento de gas de la carcasa 12, según se muestra, los embolsamientos de gas asociados con diferentes conductos 22 están separados entre sí de manera fluida. El difusor 10 actúa como si fuera una pluralidad de difusores más pequeños. A lo largo de un periodo operativo, el ritmo de descargas de gas desde los diferentes conductos 22 de un difusor 10 puede variar o dispersarse de manera que el gas no sea descargado desde cada conducto 22 al mismo tiempo. Sin embargo, el patrón de la descarga de gas a partir de un conducto individual parece seguir un ciclo generalmente regular con una ráfaga corta de gas seguida por un periodo en el que el gas no sea descargado, o sea descargado en solo pequeñas cantidades.

Una cubierta o distribuidor 30 puede opcionalmente estar dispuesta por encima de la carcasa 12. La cubierta 30 recibe gas procedente de uno o más conductos 22 de descarga y descarga el gas en forma de burbujas desde unos agujeros 32 de la cubierta 30. La cubierta 30 puede presentar una pluralidad de agujeros 32 por conducto 22 para dispersar el flujo de gas sobre un área horizontal mayor. La cubierta 30 puede también diseminar una ráfaga de gas que salga del conducto 22 en burbujas más pequeñas si se desea. Como se muestra, la cubierta 30 puede presentar unos separadores generalmente alineados con los separadores 18 dentro de la carcasa 12 para mantener un flujo de burbujas cerca del conducto 22 que liberen el gas para esas burbujas. De manera opcional, los agujeros 32 pueden estar distribuidos o bien a lo largo de la extensión de la carcasa 12 o bien de un lado a otro de la anchura de la carcasa 12 o tanto para diseminar el flujo de burbujas según se desee para uno o más módulos de membrana sumergidos destinados a ser lavados por las burbujas. Un módulo puede estar situado por encima del difusor 10 dentro de un tanque. De manera opcional, la chapa del tubo de un módulo que presente unos pasos de aire a través de la chapa del tubo entre las membranas puede funcionar como la cubierta 30. También de manera opcional, el conducto 22 puede extenderse a través de una chapa del tubo de un módulo de membranas de manera que la segunda abertura 26 quede situada por encima de la chapa del tubo. En este caso, una cubierta 30 u otro difusor puede estar situado sobre la segunda abertura y por encima de la chapa del tubo. Estas opciones pueden ser útiles para módulos con cabezales redondos o cuadrados que presente una anchura o diámetro considerable de manera que sea necesario descargar burbujas entre las membranas. Sin embargo, los módulos que hacen posible una penetración satisfactoria de las burbujas dentro del haz de membranas sin que se requiera una aireación interna, es preferente situar el difusor 10, que incluya cualquier cubierta 30, por debajo de la chapa del tubo del módulo. En el caso de un cartucho de módulos, el difusor 10 puede ser situado por debajo de un módulo o por debajo de un espacio libre entre los módulos. La separación del difusor 10 del módulo permite también que el módulo del difusor 10 sea retirado de forma independiente para su limpieza o mantenimiento, y permite que un difusor 10 sea disponible para múltiples o preexistentes módulos, y permite disponer de una variedad de formas y tamaños del difusor 10 para su uso bajo un módulo dependiendo de las condiciones del procedimiento.

La cubierta 30 mostrada se ajusta por encima de la carcasa 12 sin determinar un cierre estanco al gas con la parte superior de la carcasa 12. Sin embargo, en la forma de realización mostrada, la carcasa 12 y la cubierta 30 presentan ambas una forma abovedada en sección transversal de manera que un espacio libre entre la cubierta 30 y la carcasa 12 quede situado por debajo de la parte superior de la carcasa 12. Con esta disposición, el gas no se escapa a través del espacio libre entre la cubierta 30 y la carcasa 12 de acuerdo con los caudales de gas ensayados por los inventores. El volumen contenido dentro de la cubierta 30 es preferente pequeño, por ejemplo en aproximadamente un 50% o menos, en un 33% o menos, del volumen de un embolsamiento de aire asociado en la carcasa 12. Esto tiende a mantener las características de ráfagas cortas del gas que sale de un conducto 22.

La operación de un difusor 10 sumergido en un líquido 34 se ilustra esquemáticamente en la Figura 5. Las partes A, B, C y D de la Figura 5 muestran un difusor 10 en cuatro diferentes puntos en una secuencia de episodios que tiene lugar en el difusor 10 cuando un gas es alimentado a este. La secuencia avanza desde el estado A a B a C a D y a continuación retorna al estado A y se repite hasta tanto se disponga un suministro de gas a un difusor 10. En la Parte A de la Figura 5, un conducto 22 es inundado con el líquido 34, aunque un embolsamiento de gas 36 puede quedar atrapado en la carcasa 12. En la Parte B, el embolsamiento de gas 36 aumenta de tamaño a medida que el gas procedente del tubo 18 de distribución es recogido dentro de la carcasa 12 y desplaza el líquido 34. El líquido 34 sale de la carcasa 12 a través de una abertura del fondo de la carcasa 12 y a través del conducto 22. En la Parte C, después de la expansión del embolsamiento de gas se extiende por debajo del límite superior de un punto bajo del conducto 12, se crea un trayecto para que el gas fluya desde el embolsamiento 36 y a través del conducto 22, y el

gas es descargado al exterior de la carcasa 12, por ejemplo en las burbujas 38. En la Parte D, el gas continúa fluyendo a través del conducto 22, el líquido 34 vuelve a entrar en la carcasa 12 y el embolsamiento 36 se hace más pequeño. Volviendo a la Parte A, el líquido 34 dentro de la carcasa 12 finalmente alcanza el conducto 22, el conducto 22 se inunda y el flujo de gas a través del conducto 22 se detiene. El proceso a continuación se repite, produciendo periodos intermitentes de descarga de gas incluso cuando el gas es suministrado continuamente. Los periodos de descarga de gas tienden a aproximarse a una duración y frecuencia medias. Sin embargo, el ritmo, el volumen y la duración precisos de una descarga de gas pueden variar dentro de un margen alrededor de la media, por ejemplo, con unas ondas u otro movimiento del líquido o la descarga de gas a partir de otros difusores 10.

Las Figuras 1 a 4 están trazadas a escala. El difusor 10 tiene una anchura de 85 mm, una altura de 139 mm y una longitud de 770 mm. Estas dimensiones se ofrecen para suministrar un ejemplo de un difusor operable, pero la invención no está limitada a estas dimensiones. El difusor 10 mostrado fue diseñado para sustituir un tubo de aireación normalmente dispuestos por debajo de un cartucho de unos módulos de 500 membranas de ZeeWeed™ de GE Water and Process Technologies, y para utilizar los mismos accesorios. Estos módulos están previstos para una operación de inmersión, accionado por aspiración. El módulo presenta muchas membranas de fibra huecas con un área de superficie total de aproximadamente 1,85 a 4,87 m². Las membranas están orientadas verticalmente entre un par de cabezales de encapsulación alargados. Los módulos son genéricamente rectangulares en una vista en planta, con una longitud que es aproximadamente igual a la longitud del difusor 10. Los módulos están dispuestos en cartuchos en los que varios módulos están situados lado con lado en un marco separado por unos espacios libres verticales entre módulos adyacentes. Un difusor 10 está situado aproximadamente de 1 a 10 cm por debajo de cada segundo módulo y orientado en paralelo con el módulo. Los agujeros 32 están situados para dirigir las burbujas al interior de los espacios libres a uno y otro lado del módulo. Cada difusor 10 suministra burbujas a los dos lados del módulo situado por encima, y a un lado de los módulos adyacentes a ambos lados de ese módulo. Cuando es alimentado con aire a aproximadamente 0,11 m³ por minuto, el difusor 10 mostrado libera ráfagas de burbujas que duran aproximadamente de 1 a 2 segundos, aproximadamente cada 8 segundos. El incremento o la reducción de la velocidad del flujo de gas sobre el difusor 10 tiene muy poco o ningún efecto sobre la duración de la ráfaga de burbujas, pero reduce o incrementa el tiempo entre ráfagas. Las dimensiones, relaciones de dimensiones, flujos de gas y parámetros del procedimiento dentro de un margen de más / menos un 50% de los valores previstos en este documento se suponen adecuados para aplicaciones comerciales típicas de membranas sumergidas accionadas por aspiración pero pueden también ser de utilidad otras dimensiones, proporciones relativas y caudales de gas. También son posibles otras variantes. Por ejemplo, un difusor 10 cuadrado o circular, opcionalmente dividido en secciones apropiadas para esas formas, puede ser utilizado para módulos de otras formas. El conducto 22 puede presentar una entre una diversidad de formas que permitan el paso requerido.

Las Figura 6 y 7 muestran una sección de un difusor 50 alternativo que incluye un área diferenciada del difusor 50 entre dos separadores 28 y partes de dos áreas adyacentes. El difusor 50 puede presentar, por ejemplo, de 2 a 10 áreas diferenciadas. De manera opcional, aunque no se muestra, el difusor 50 puede estar constituido por una pluralidad de unidades diferenciadas, cada una configurada para disponer un área genéricamente como la mostrada pero presentando cada unidad un extremo cerrado y un extremo abierto. De esa manera, cualquier número de unidades puede fijarse de manera conjunta para formar un difusor 50 con cualquier longitud deseada.

El difusor 50 alternativo presenta una carcasa 12 con una sección transversal de fondo abierto genéricamente rectangular. Un conducto 52 de descarga de dos partes está formado a partir de una espita 54 moldeada dentro de la parte superior de la carcasa 12 rodeada por una capa 56. El receptáculo 56 está fijado a la parte superior de la carcasa 12 por encima de la espita 54 por medio de unas bridas 58 de montaje. Las bridas 58 de montaje también separan un reborde 60 de la copa 56 desde la parte superior de la carcasa 12 para formar una primera salida 24. La parte superior de la espita 54 proporciona una segunda salida 26. Después de acumularse en un embolsamiento y empujar el agua dentro de la carcasa 12 hasta por debajo del fondo de la espita 54, el gas sale de la carcasa fluyendo en un trayecto en forma de J o U desde el reborde 60 de la copa 56 hacia abajo hasta y alrededor del fondo de la copa 56 y, a continuación, hacia arriba a través de la espita 54. Una sección 66 de cubierta puede quedar sujeta a la carcasa 12 por medio de una lengüeta 62 de montaje situada para recibir un perno 64 que también pasa a través de la brida 58 y de la copa 56. La carcasa 12 está subdividida en áreas diferencias por los separadores 28 y los extremos de la carcasa 12 (no mostrados), y un conducto 52 de descarga de dos partes está situado en cada una de las áreas diferenciadas. Una sección 66 de cubierta puede estar situada por encima de cada área de la carcasa 12 como se muestra, o una cubierta mayor puede estar dispuesta por encima de múltiples áreas, opcionalmente con separados internos, según se describió anteriormente. El separador 50 es fácilmente limpiado después de desbloquear la copa 54 y la sección 60 de cubierta. Una diversidad de copas 54 pueden estar disponibles con diferentes formas o alturas del reborde 60 para posibilitar una selección de volúmenes disponibles de ráfagas de burbujas de gas, caudales de gas o duraciones de las ráfagas.

La Figura 8 muestra una vista lateral de un colector 40 de distribución de gas de entrada mostrado en la Figura 7, y también de utilidad en el primer difusor 10 descrito anteriormente. El colector 40 de distribución comprende un conducto 42 horizontal conectado a una pluralidad de tubos de bajada 44. Los tubos de bajada 44 están separados a lo largo del conducto horizontal de manera que, cuando el colector 40 de distribución de gas es instalado en un difusor 50, al menos un tubo de bajada 44 quedará situado en cada área diferenciada del difusor 50 según se define por los separadores 28. Una estructura de colector equivalente puede también estar moldeada dentro de la carcasa 12 de un difusor 10, 50.

Cada tubo de bajada 44 presenta una pluralidad de salidas 20 de gas a diferentes alturas para emitir gas dentro de las áreas del difusor. Cada tubo de bajada 44 puede incluir una salida 20 del mismo tamaño, y con la misma elevación, como una salida 20 correspondiente de cada uno de los demás tubos de bajada 44. Cada tubo de bajada 40 mostrado presenta una salida 20 superior, una salida 20 intermedia y una abertura 46 de fondo, que funciona como una salida 20 de gas inferior. La abertura 46 de fondo también permite que el agua entre o drene desde el tubo de bajada 44 dependiendo del caudal de gas de entrada.

En funcionamiento, en un primer régimen de caudales del gas de entrada, el gas solo será emitido al interior del difusor 50 a través de las salidas 20 superiores de cada tubo de bajada 44. El tamaño de las salidas 20 superiores está escogido para conseguir una distribución genéricamente uniforme del flujo de gas a partir de los tubos de bajada 44 en los caudales del flujo de gas de entrada dentro del primer régimen. A medida que se incrementa el caudal del gas de entrada, el agua situada dentro de los tubos de bajada 44 se desplazará hacia abajo. En un segundo régimen de flujos del gas de entrada, las salidas 20 intermedias emitirán también gas al interior del difusor 50. El tamaño de las salidas 20 intermedias se elige de manera que las áreas combinadas de las salidas 20 superiores e intermedias se produzca una distribución genéricamente uniforme del flujo de gas a partir de cada tubo de bajada 44 en unos flujos del gas de entrada dentro del segundo régimen. Si el caudal del gas de entrada se incrementa en mayor medida, el gas puede ser descargado a partir de los tubos de bajada 44 a través de las aberturas 46 de fondo. Las aberturas 46 de fondo permiten también que el colector 40 drene al exterior cualquier cantidad de agua que pueda entrar a través de las salidas 20, por ejemplo mientras el sistema está temporalmente cerrado para su mantenimiento o inspección. Opcionalmente, las aberturas 46 de fondo pueden calibrarse para producir una distribución genéricamente uniforme de flujo de gas a través de los tubos de bajada 44 cuando el caudal del gas de entrada se sitúe dentro de un tercer régimen que provoque el aire sea liberado a través de las aberturas 46 de fondo. De esta manera, un régimen de los caudales del gas de entrada se puede adaptar proporcionando al mismo tiempo una distribución genéricamente uniforme del flujo de gas desde los tubos de bajada 44. Por el contrario, con el tubo 18 de distribución de gas antes descrito, en los caudales del gas de entrada bajos, las salidas 20 pueden ser demasiado grandes para suministrar una distribución uniforme del gas y en caudales de gas altos las salidas 20 pueden proporcionar una pérdida de altura manométrica excesiva en el sistema de suministro de gas o formación de espuma en el difusor 10. Así mismo, mientras puede obtenerse un drenaje añadiendo un tubo de fondo abierto que se extienda hacia abajo desde el extremo del tubo 18 de distribución de gas descrito anteriormente, el tubo de drenaje debe ser muy largo si pueden aplicarse unos caudales del gas de entrada elevados sobre el tubo 18 de distribución de gas, dado que el sobreflujo localizado de gas a partir de un único drenaje no sería deseable.

Opcionalmente, las salidas 20 intermedias pueden omitirse. También opcionalmente, las salidas 20 superiores pueden estar situadas en el tubo 42 horizontal en vez de en los tubos de bajada 44. Sin embargo, el emplazamiento de las salidas 20 superiores en los tubos de bajada 44 tiende a preservar una distribución más uniforme del gas y reduce los tubos de gas desde un área del difusor 50 hasta otra a través del colector en cuanto las áreas adyacentes del difusor 50 descargan burbujas en momentos diferentes. También opcionalmente, el colector 40 puede ser inundado de vez en cuando para eliminar los sólidos acumulados mediante el cierre temporal de una válvula de entrada de gas o el venteo del interior del colector 40 a la atmósfera, o ambos. Después de que el colector 40 ha sido inundado, un gas puede ser suministrado a la suficiente presión para enviar burbujas hacia fuera a través de las aberturas 20 inferiores para de esta manera purgar los sólidos fuera del colector 40. La limpieza del colector 40 puede efectuarse a intervalos regulares o cuando se permita un taponamiento, por ejemplo mediante un incremento de la contrapresión en el sistema de alimentación de gas.

El suministro de gas hacia el difusor 50, y por tanto, el tiempo entre ráfagas de burbujas, puede modificarse en consideración a uno o más parámetros operativos o de rendimiento del sistema de membranas. Los parámetros considerados pueden ser, por ejemplo, uno o más entre la resistencia, la presión transmembrana, o la permeabilidad. El parámetro puede ser observado o calculado periódicamente, por ejemplo al principio o al final de una etapa de penetración dentro de un ciclo de filtrado que presente una serie de etapas de penetración separadas por etapas de retrolavado o de relación. El parámetro puede también consistir en una media móvil de múltiples mediciones a partir de una serie de ciclos o una tendencia o velocidad de cambio de un valor. El parámetro puede ser utilizado para determinar si el caudal del suministro de gas debe mantenerse, incrementarse o reducirse.

En un ejemplo de un procedimiento, uno o más parámetros son muestreados periódicamente y utilizados, opcionalmente después de una combinación o conversión matemáticas, para producir un valor X observado en cada una de las series de intervalos de sondeo. En cada intervalo de sondeo, el valor X observado es comparado con un valor de umbral superior e inferior, A y B, que han sido predeterminados para representar los límites de una operación deseada del sistema de membranas. Los valores de umbral A y B pueden establecerse durante el diseño o la conducción del sistema, o pueden ajustarse con el tiempo. Los ajustes con el tiempo pueden responder a las variaciones en las condiciones de la membrana, por ejemplo un cambio del tamaño de los poros, el envejecimiento, o la cantidad cumulativa de agua que ha sido tratada por las membranas. Los ajustes en los valores de umbral pueden también llevarse a cabo considerando los cambios de las características del agua que está siendo tratada, por ejemplo, la concentración de sólidos o la temperatura. Como alternativa, el valor X observado se puede ajustar para reflejar las condiciones que fueron asumidas para establecer los valores de umbral. Por ejemplo, el flujo observado a través de la membrana puede ajustarse en base a la temperatura del agua que está siendo filtrada antes de ocuparlo con el valor de umbral seleccionado que adopte una temperatura del agua diferente.

En el procedimiento ejemplar, si el valor X observado sobrepasa el valor de umbral superior A en un intervalo de sondeo, entonces el caudal del gas de entrada se incrementa en la cantidad preseleccionada, por ejemplo en un 5% o en un 10%. Si el valor X observado oscila entre los valores superior e inferior de umbral, o es igual a uno de ellos, entonces la velocidad de alimentación del gas de entrada no se modifica. Si el valor X observado es inferior al valor de umbral inferior B, entonces el caudal del gas de entrada se reduce en la cantidad preseleccionada, por ejemplo, en un 5% o en un 10%. Como alternativa, la extensión hasta la cual el valor observado difiere del valor de umbral más próximo, o de una media de los valores de umbral, puede ser utilizado para valorar una variante requerida en el caudal del gas de entrada, de modo preferente, un caudal de gas de entrada mínimo también se especifica, por ejemplo, como determinado por el mayor del (a) caudal del gas de entrada más bajo que produzca una división genéricamente igual del flujo procedente de las salidas 20 superiores del colector 40 de gas y (b) el caudal del gas de entrada más bajo que satisfaga otras exigencias del procedimiento como por ejemplo la mezcla en el recipiente de las membranas.

El incremento o la reducción del caudal del gas de entrada hacia el difusor tiene un efecto muy escaso sobre la duración de una ráfaga de burbujas pero incrementa o reduce el tiempo entre ráfagas. El procedimiento de control antes descrito se traduce en la variación del tiempo entre ráfagas en un largo periodo de tiempo, por ejemplo un día o más, aunque el tiempo entre ráfagas es probable que sea constante en periodos de tiempo más cortos, por ejemplo a lo largo de una hora de operación. El tiempo entre ráfagas de gas, medidas desde el principio de una ráfaga hasta el principio de la ráfaga de aire siguiente, puede variar, por ejemplo, de 2 a 60 segundos o desde 4 a 20 segundos. El caudal del aire de entrada en todo momento es próximo al mínimo requerido para conseguir un rendimiento por encima del valor de umbral más bajo.

Opcionalmente, la distribución uniforme de aire entre áreas del difusor 50 puede ser modificada intencionalmente. Por ejemplo, un primero y último tubo de bajada 44 puede presentar una salida 20 superior mayor o una salida 20 superior adicional. En otro ejemplo, dos tubos de bajada 44 pueden estar situados en la primera y la segunda áreas del difusor 50. De esta manera, se consigue más gas sobre las primera y última áreas del difusor 50 y estas áreas, por tanto, emiten ráfagas de burbujas más frecuentes. Como otra opción, una formación paralela de múltiples difusores 50 separados a intervalos regulares puede disponerse entre un cartucho sobre un tubo de suministro de gas de entrada común. Todas las áreas del primero y último difusores 50 pueden tener una salidas 20 superiores mayores o adicionales (con respecto a los difusores 50 intermedios) o dos tubos de bajada 44. De esta manera, los difusores 50 externos recibirán un caudal de gas mayor y la descarga de burbujas más frecuentemente respecto de la media que los difusores 50 intermedios. Estas variaciones especiales intencionadas de la frecuencia de descarga pueden ser utilizadas para una mejor correspondencia de las diferentes áreas de un módulo o cartucho. Por ejemplo, con un gran cartucho que sea genéricamente rectangular en una vista en planta, una distribución uniforme de burbujas de gas tiende a producir una elevación por aire más enérgica o un efecto chimenea a través del centro del cartucho. Un caudal promediado en tiempo óptimo de burbujas para el centro de cartucho puede no ser suficiente para impedir el ensuciamiento de las membranas cerca de la periferia del cartucho. En este caso, el suministro de descargas de burbujas más frecuente a partir del primero y último difusores 50 o de la primera y la última área de los difusores 50 o de ambos, proporciona un caudal promediado de tiempo mayor de burbujas sobre las membranas periféricas sin incrementar innecesariamente el flujo de burbujas en el centro del cartucho. Una descarta más frecuente desde una fila de conductos 52 puede también disponerse añadiendo un tubo 18 de distribución de gas adicional en comunicación con esa fila de conductos. Dicho tubo 18 de distribución de gas adicional puede ser perpendicular a los otros tubos 18 de distribución de gas o a los colectores 40.

Con referencia a la Figura 9, el borde inferior de la carcasa 12 puede estar provisto de una o más escotaduras 70 opcionales u otros agujeros o indentaciones en los lados de la carcasa 12. Las escotaduras 70 están situadas por debajo de una línea 72 de agua inferior que representa la elevación esperada más baja de la interconexión entre el gas y el agua en el difusor 10. Cuando el embolsamiento se expande hasta la línea 72 de agua inferior, el conducto 22 se abre para liberar el gas, lo que impide que descienda aún más el gas en la interconexión con el agua. Por consiguiente, el embolsamiento de gas no se extenderá normalmente hacia abajo hasta alcanzar las partes superiores de las escotaduras 70. Sin embargo es posible que un conducto 22 pueda resultar taponado en uso, por ejemplo debido a una acumulación de pelo, detritos o sólidos secos. Si un conducto 22 resulta taponado, un embolsamiento de gas crecerá en el área taponada del difusor 10 hasta que alcance las escotaduras 70. Las escotaduras 70 proporcionan entonces múltiples puntos de descarga en formación de burbujas de manera que la sección taponada del difusor 10 funcionará como un aireador regular hasta que el tapón sea eliminado. La presencia de burbujas desde las escotaduras 70 puede ser visible desde la superficie para indicar que un conducto 22 ha quedado taponado. La elevación de la línea 72 de agua inferior está relacionada con el caudal del gas de entrada y, en particular, se desplaza hacia abajo cuando el caudal del gas de entrada se incrementa. Las escotaduras 70 pueden también ser utilizadas para proporcionar un sobreflujo de gas controlado desde el difusor 10 con unos caudales de gas de entrada muy elevados.

La Figura 9 muestra también unos orificios 80 opcionales a través de los separadores 28. Los orificios 80 están situados cerca pero al menos parcialmente por encima de la línea 72 de agua inferior. Los orificios 80 proporcionan un paso de aire entre áreas adyacentes del difusor 10 cuando el embolsamiento de gas de al menos una de las áreas se extiende hacia abajo hasta un orificio 80. El orificio 80 permite que el gas se desplace desde un área del difusor 10 que está próxima a liberar burbujas dentro del área adyacente. Esto provoca que los embolsamientos de gas en múltiples áreas del difusor se igualen de tamaño antes de que el embolsamiento de gas de cualquier área

individual alcance la línea de agua inferior. Una vez que todas las áreas conectadas a través de los orificios 80 contienen un embolsamiento de gas que se extiende hasta los orificios 80, los embolsamientos de gas de todas las áreas continúan creciendo hasta que alcanzan la línea 72 de agua inferior y liberan burbujas en términos generales al mismo tiempo.

5 En ausencia de los orificios 80, cada área del difusor 10 opera básicamente de forma independiente. Debido a que las áreas del difusor 10 tienen generalmente el mismo tamaño y reciben generalmente el mismo flujo de aire de entrada, el tiempo de los ciclos de llenado y liberación de cada área del difusor 10 es generalmente el mismo. Sin embargo, pequeñas diferencias del tiempo preciso en el que el gas es liberado en un área del difusor 10 con respecto a otro tienden a acumularse sobre múltiples filtros de llenado y liberación hasta que las diferentes áreas del difusor 10 ya no liberan burbujas al mismo tiempo. Con los orificios 80, aunque puede haber todavía alguna variación del tiempo invertido para que cada embolsamiento de gas se expanda desde el fondo de los orificios 80 hasta la línea 72 de agua inferior, esta variación de tiempo es pequeña y no es acumulativa a lo largo de múltiples ciclos de llenado y liberación del difusor 10. Un retardo de tiempo entre la liberación de burbujas desde áreas adyacentes del difusor 10 queda por tanto reducida. Unos orificios 80 suficientemente amplios pueden provocar que la liberación de burbujas sea casi sincronizada entre dos o más áreas del difusor 10. Sin embargo, los orificios 80 no deben ser practicados demasiado grandes dado que existe una posibilidad, particularmente si el difusor no está nivelado, de que un conducto 20 libere el gas antes que el otro y traccione el suficiente aire a través del orificio 80 para impedir que el embolsamiento de gas en un área adyacente alcance el nivel 72 de agua inferior. Opcionalmente, los orificios 80 pueden ser sustituidos por otros medios de formación de pasos como por ejemplo una indentación es dispuesta en el borde inferior de un separador 28 o mediante la elevación del borde inferior del separador 28 por encima de la línea 72 de agua inferior. También opcionalmente, los tubos pueden ser utilizados para conectar difusores 10 adyacentes para reducir un retardo de tiempo entre difusores 10.

A pesar de la descripción expuesta, no está claro si o cuándo es deseable sincronizar las ráfagas de burbujas procedentes de áreas diferentes de un difusor 10. Sin embargo, los inventores han observado que el efecto de limpieza de grandes burbujas parece ser mayor cuando las burbujas son liberadas dentro de agua estancada. Por tanto, es deseable evitar la creación de efectos de elevación de aire en el difusor 10 o en el módulo por encima del difusor 10. Si la descarga de ráfagas de burbuja en momentos diferentes desde diferentes áreas de un difusor 10 provoca que se produzca un flujo de burbujas desde alguna parte del difusor 10 la mayoría de las veces, entonces el agua puede desarrollar una velocidad hacia arriba persistente a través de un módulo de membranas situado sobre el difusor 10. En ese caso, la sincronización de la liberación de burbujas puede crear un periodo de tiempo suficientemente largo sin burbujas para hacer posible que el agua se asiente entre ráfagas subsecuentes y mejorar la limpieza de las membranas, produciendo espuma en el difusor 10. Así mismo, mientras puede aplicarse un drenaje añadiendo un tubo de fondo abierto que se extienda hacia abajo desde el extremo del tubo 18 de distribución de gas anteriormente descrito, el tubo de drenaje puede ser muy largo si los caudales del gas de entrada elevados pueden aplicarse al tubo 18 de distribución de gas dado que un sobreflujo localizado de gas procedente de un único drenaje no resultaría deseable.

Opcionalmente, las salidas 20 intermedias pueden omitirse. También opcionalmente, las salidas 20 superiores pueden estar situadas en el tubo 42 horizontal en vez de en los tubos de bajada 44. Sin embargo, el emplazamiento de las salidas 20 superiores en los tubos de bajada 44 tiende a preservar una distribución más uniforme del gas y reduce los flujos de gas desde un área del difusor 50 a otra a través del colector en cuanto áreas adyacentes del difusor 50 descargan burbujas en momentos diferentes. También opcionalmente, el colector 40 puede ser inundado de vez en cuando para eliminar los sólidos acumulados mediante el cierre temporal de la válvula de entrada de gas o el venteo del interior del colector 40 a la atmosfera o ambos. Después de que el colector 40 ha sido inundado, un gas puede ser suministrado a la suficiente presión para enviar burbujas hacia fuera a través de las aberturas 20 inferiores para de esta forma purgar los sólidos hacia fuera del colector 40. La limpieza del colector 40 puede llevarse a cabo a intervalos regulares o cuando se advierta un taponamiento, por ejemplo mediante un incremento en la retropresión en el sistema de alimentación de gas.

El suministro de gas hacia el difusor 50 y, por tanto, el tiempo entre ráfagas de burbujas, puede modificarse en consideración a uno o más parámetros operativos o de rendimiento del sistema de membranas. Los parámetros considerados pueden ser, por ejemplo uno más entre la resistencia, la presión transmembrana o la permeabilidad. El parámetro puede ser observado o calculado periódicamente, por ejemplo al principio o al final de una etapa de penetración dentro de un ciclo de filtrado que incluya una serie de etapas de penetración separadas por etapas de retrolavado o relación. El parámetro puede también ser una media móvil de múltiples mediciones a partir de una serie de ciclos o una tendencia o un régimen de cambio de un valor. El parámetro puede ser utilizado para definir si el caudal de suministro de gas debe mantenerse, incrementarse o reducirse.

En un ejemplo de un procedimiento, uno o más parámetros son muestreados periódicamente y utilizados, opcionalmente después de una combinación o conversión matemática para producir un valor X observada en cada una de las series de intervalos de sondeo. En cada intervalo de sondeo, el valor X observado es comparado con un valor de umbral superior e inferior, A y B, que han sido predeterminados para que representen los límites de una operación deseada del sistema de membranas. Los valores de umbral A y B pueden establecerse durante el diseño o la conducción del sistema, o pueden ajustarse con el tiempo. Los ajustes con el tiempo pueden responder a variaciones de las condiciones de la membrana como por ejemplo un cambio en el tamaño de los poros, el

envejecimiento, o la cantidad cumulativa de agua que ha sido tratada por las membranas. Los ajustes con respecto a los valores de umbral pueden también llevarse a cabo considerando los cambios de las características del agua que esté siendo tratada, como por ejemplo la concentración de sólidos o la temperatura. Como alternativa, el valor X observado se puede ajustar para reflejar las condiciones que fueron asumidas para establecer los valores de umbral. Por ejemplo, el flujo observado a través de la membrana puede ajustarse en base a la temperatura del agua que esté siendo filtrada antes de compararlo con un valor de umbral seleccionado asumiendo una temperatura del agua diferente.

En el procedimiento ejemplar, si el valor X observado sobrepasa el valor de umbral superior A en un intervalo de sondeo, entonces el régimen de alimentación de gas de entrada se incrementa en una cantidad preseleccionada, por ejemplo un 5% o un 10%. Si el valor X observado se sitúa entre los valores de umbral superior e inferior, o es igual a uno de ellos, entonces el régimen de alimentación del gas de entrada no se modifica. Si el valor X observado es inferior al valor de umbral inferior B, entonces el caudal del gas de entrada se reduce en una cantidad preseleccionada, por ejemplo un 5% o un 10%. Como alternativa, la extensión hasta la cual el valor observado difiere del valor de umbral más próximo, o una media de los valores de umbral, puede ser utilizado para calcular una variante requerida en el caudal del gas de entrada. De modo preferente, también se especifica un régimen de alimentación de entrada de gas mínimo, por ejemplo según se determina por el mayor del (a) régimen de alimentación de gas de entrada más bajo que produce una división genéricamente igual del flujo desde las salidas superiores del colector 40 de gas y (b) y el régimen de alimentación del gas de entrada más bajo que satisfará otras exigencias del procedimiento como por ejemplo la mezcla en el recipiente de las membranas.

El incremento o la reducción del caudal del gas de entrada hacia el difusor tiene un efecto muy escaso sobre la duración de una ráfaga de burbujas pero incrementa o reduce el tiempo entre ráfagas. El procedimiento de control antes descrito se traduce en la variación en el tiempo entre ráfagas en un largo periodo de tiempo, por ejemplo un día o más aunque el tiempo entre ráfagas es probable que sea constante en periodos más cortos de tiempo, por ejemplo durante una hora de funcionamiento. El tiempo entre ráfagas de gas, medido desde el principio de una ráfaga hasta el principio de la ráfaga de aire siguiente, puede variar, por ejemplo, de 2 a 60 segundos o de 4 a 20 segundos. El caudal del aire de entrada en todo momento es próximo al mínimo requerido para conseguir un rendimiento por encima del valor de umbral más bajo.

Opcionalmente, la distribución uniforme de aire entre áreas del difusor puede modificarse intencionalmente. Por ejemplo, un primero y un segundo tubo de bajada 44 puede presentar una salida superior mayor o una salida superior adicional. En otro ejemplo, dos tubos de bajada 44 pueden estar situados en la primera y en la última área del difusor 50. De esta manera, se suministra más gas a las primera y última áreas del difusor 50 y estas áreas, por tanto, emiten ráfagas de burbujas más frecuentes. En otra opción, una formación paralela de múltiples difusores 50 separados a intervalos regulares puede estar dispuesta entre un cartucho de módulos de membranas estando cada difusor 50 conectado a un tubo de suministro de gas de entrada común. Todas las áreas del primero y el último difusores 50 pueden incorporar unas salidas superiores mayores o adicionales (con respecto a los difusores 50 intermedios) o dos tubos de bajada 44. De esta manera, los difusores 50 externos recibirán un caudal de gas mayor y la descarga de burbujas más frecuentemente que la media de los difusores 50 intermedios. Estas variaciones especiales intencionales en la frecuencia de descarga pueden ser utilizadas para que exista una mejor correspondencia en la salida de uno o más difusores 50 con las necesidades de difusión de áreas diferentes de un módulo o cartucho. Por ejemplo, con un cartucho mayor genéricamente rectangular en una vista en planta, una distribución uniforme de burbujas de gas tiende a producir una elevación de aire más energética o un efecto chimenea a través del centro del cartucho. Un caudal promediado en tiempo óptimo de las burbujas para el centro del cartucho puede no ser suficiente para producir el ensuciamiento de las membranas cerca de la periferia del cartucho. En este caso, la provisión de descargas de burbujas más frecuentes desde el primero y el último difusores 50 o desde la primera y la última área de los difusores 50 o ambas, permite un caudal promediado en tiempo mayor de burbujas en las membranas de la periferia sin un incremento innecesario del flujo de burbujas en el centro del cartucho. Una descarga más frecuente desde una fila de conductos 52 puede disponerse también añadiendo un tubo 18 adicional de distribución de gas en comunicación con esa fila de conductos 52. Dicho tubo 18 adicional de distribución de gas puede ser perpendicular a los otros tubos 18 de distribución de gas o a los colectores 40.

Con referencia a la Figura 9, el borde inferior de la carcasa 12 puede estar provisto de una o más escotaduras opcionales u otros agujeros o indentaciones a los lados de la carcasa 12. Las escotaduras 70 están situadas por debajo de una línea 72 de agua inferior que representa la elevación esperada más baja de la interconexión entre el gas y el agua en el difusor 10. Cuando el embolsamiento de gas se expande hasta la línea 72 de agua inferior, el conducto 22 se abre para liberar gas, lo que impide que persista el descenso del gas sobre la superficie del agua. Por consiguiente, el embolsamiento de gas normalmente no se extenderá hacia abajo para llegar a las partes superiores de las escotaduras 72. Sin embargo, es posible que un conducto 20 pueda resultar obturado en uso, por ejemplo debido a una acumulación de pelo, detritos o sólidos secos. Si un conducto 20 queda obturado, un embolsamiento de gas se desarrollará en el área taponada del difusor 10 hasta que el gas alcance las escotaduras 70. Las escotaduras 70 proporcionan entonces múltiples puntos de descarga de formación de burbujas de manera que la sección taponada del difusor 10 funcionará como un aireador regular hasta que el tapón sea eliminado. La presencia de las burbujas a partir de las escotaduras 70 puede ser visible en la superficie para indicar que un conducto 20 ha sido taponado. La elevación de la línea 72 de agua inferior está relacionada con el caudal del gas de entrada y, en particular, se desplaza hacia abajo cuando el caudal del gas de entrada se incrementa. Las

escotaduras 70 pueden también ser utilizadas para proporcionar un sobreflujo de gas controlado a partir del difusor 10 en caudales elevados del gas de entrada.

La Figura 9 muestra también los orificios 80 opcionales a través de los separadores 28. Los orificios 80 están situados cerca pero, al menos parcialmente, por encima de la línea 72 de agua inferior. Los orificios 80 proporcionan un paso de aire entre áreas adyacentes del difusor 10 cuando el embolsamiento de gas en al menos una de las áreas se extiende hacia abajo hasta un orificio 80. El orificio 80 permite que el gas se desplace desde un área del difusor 10 que está a punto de liberar burbujas dentro del área adyacente. Esto provoca que los embolsamientos de gas en múltiples áreas del difusor se igualen en tamaño antes de que el embolsamiento de gas en cualquier área individual alcance la línea de agua inferior. Una vez que todas las áreas conectadas a través de los orificios 80 contienen un embolsamiento de gas que se extiende hasta los orificios 80, los embolsamientos de gas en todas las áreas continúan aumentando hasta que alcanzan la línea 72 de agua inferior y liberan burbujas en general al mismo tiempo.

En ausencia de los orificios 80, cada área del difusor 10 opera básicamente de manera independiente. Debido a que las áreas del difusor 10 presentan genéricamente el mismo tamaño y reciben genéricamente el mismo flujo de aire de entrada el tiempo de los ciclos de llenado y liberación de cada área del difusor 10 es en general el mismo. Sin embargo, pequeñas diferencias en el tiempo exacto en el que el gas es liberado en un área del difusor 10 con respecto al otro tienden a acumularse a lo largo de múltiples ciclos de llenado y liberación hasta que las diferentes áreas del difusor 10 ya no liberan burbujas al mismo tiempo. Con los orificios 80, aunque puede haber todavía alguna variación del tiempo invertido para que cada embolsamiento de gas se expanda desde el fondo de los orificios 80 hasta la línea 72 de agua inferior, esta variación de tiempo es pequeña y no es cumulativa a lo largo de múltiples ciclos de llenado y liberación del difusor 10. De esta manera se reduce un tiempo de retardo entre la liberación de las burbujas desde áreas adyacentes del difusor 10. Los orificios 80 suficientemente grandes pueden provocar la liberación de burbujas para que sea casi sincronizada entre dos o más áreas del difusor 10. Sin embargo, los orificios 80 no deben practicarse demasiado grandes dado que existe la posibilidad, particularmente si el difusor no está al nivel, de que un conducto 20 libere gas antes que otro y traccione suficiente aire a través del orificio 80 para impedir que el embolsamiento de gas en un área adyacente alcance el nivel 72 de agua inferior. Opcionalmente, los orificios 80 pueden ser sustituidos por otros medios de formación de pasos, como por ejemplo una indentación en el borde inferior de un separador 28 o elevando el borde inferior del separador 28 por encima de la línea 72 de agua inferior. También opcionalmente, los tubos pueden ser utilizados para conectar difusores 10 adyacentes para reducir un retardo de tiempo entre los difusores 10.

A pesar la descripción efectuada, no resulta claro si o cuándo la sincronización de las ráfagas de burbujas de áreas de un difusor 10 resulta deseable. Sin embargo, los inventores han observado que el efecto de limpieza de grandes burbujas parece ser mayor cuando las burbujas son liberadas en agua estancada. Por tanto es deseable evitar la creación de efectos en elevación de aire en el difusor 10 o en un módulo por encima del difusor 10. Si la descarga de ráfagas de burbujas en momentos diferentes a partir de áreas distintas de un difusor 10 provoca que exista un flujo de burbujas a partir de alguna parte del difusor 10 en la mayoría de las ocasiones, entonces el agua puede desarrollar una velocidad persistente hacia arriba a través de un módulo de membranas, situado sobre el difusor 10. En ese caso, la sincronización de la liberación de las burbujas puede crear un periodo de tiempo suficientemente largo sin burbujas para posibilitar que el agua se asiente entre ráfagas sucesivas y mejore la limpieza de las membranas.

Otros diversos aparatos y procedimientos pueden también llevarse a la práctica o utilizarse dentro del alcance de la invención, la cual está definida por las reivindicaciones subsecuentes. Por ejemplo, pero sin limitación, los elementos de los aparatos y las etapas de los procedimientos de los diversos ejemplos descritos anteriormente pueden combinarse entre sí en cualquier permutación o combinación funcional.

REIVINDICACIONES

- 1.- Una combinación de uno o más difusores (10) de gas para al menos un módulo de membrana sumergido y uno o más módulos de membrana sumergidos, comprendiendo el difusor (10) de gas:
- 5 a) una carcasa (12) alargada que presenta unas paredes que se extienden hacia abajo desde una parte superior de la carcasa, definiendo la carcasa una cámara impelente con un fondo abierto; y que comprende:
- b) una pluralidad de conductos (22) de descarga de gas situados por dentro y separados a lo largo de la extensión de la carcasa (12), presentando cada uno una primera abertura (24) y una segunda abertura (26) y definiendo un canal cerrado;
- 10 estando la primera abertura (24) en comunicación con un área situada en el interior y cerca de la parte superior de la carcasa (12), y estando la segunda abertura (26) que atraviesa una parte superior de la carcasa abierta al exterior de la carcasa (12), al menos una porción del conducto (22) se extiende hacia abajo entre la primera abertura (24) y la segunda abertura (26) y otra porción del conducto (22) se extiende hacia arriba de nuevo antes de que alcance la segunda abertura (26) de manera que el gas que sale de la carcasa (12) a través del conducto (22) pueda pasar a través de un punto bajo del conducto (22) entre la primera abertura (24) y la segunda abertura (26).
- 15 2.- La combinación de la reivindicación 1, comprendiendo además el difusor (10) de gas una cubierta (30) con unos agujeros sobre las segundas aberturas (26) de los conductos (22).
- 3.- La combinación de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, presentando el difusor (10) de gas unos separadores (28) dentro de la carcasa (12) entre los conductos (22), que separan los conductos (22) en áreas diferenciadas dentro de la carcasa.
- 20 4.- La combinación de la reivindicación 2, presentando el difusor (10) de gas unos separadores dentro de la cubierta entre las segundas aberturas (26).
- 5.- La combinación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo además el difusor (10) de gas un tubo o unos tubos (18) de distribución de gas a lo largo de la extensión de la carcasa (12), que presentan unas salidas (20) de gas para descargar gas dentro de cada una de las áreas de la carcasa (12).
- 25 6.- La combinación de la reivindicación 5, en la que el tubo (18) de distribución de gas está situado cerca del fondo del difusor.
- 7.- La combinación de la reivindicación 1, en la que la primera abertura (24) está más cerca de la parte superior de la carcasa (12) que del punto bajo.
- 30 8.- La combinación de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que los conductos (22) tienen forma de J o U.
- 9.- Un procedimiento para la difusión de gas de un módulo de membrana sumergido en un líquido (34), comprendiendo el procedimiento las etapas de,
- a) la inmersión en el líquido de una combinación de uno o más difusores (10) de gas y de uno o más módulos de membrana según lo descrito en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, y
- 35 b) la alimentación de gas dentro del difusor (10) de gas a una velocidad suficiente para hacer que las burbujas (38) emerjan de la segunda abertura (26) del conducto (22) al menos una vez cada 30 segundos.
- 10.- El procedimiento de la reivindicación 9, que comprende además una etapa de difusión o distribución de las burbujas después de que el gas es liberado del conducto (22) mediante la utilización de una cubierta (30) por encima de una salida (26) del conducto.
- 40

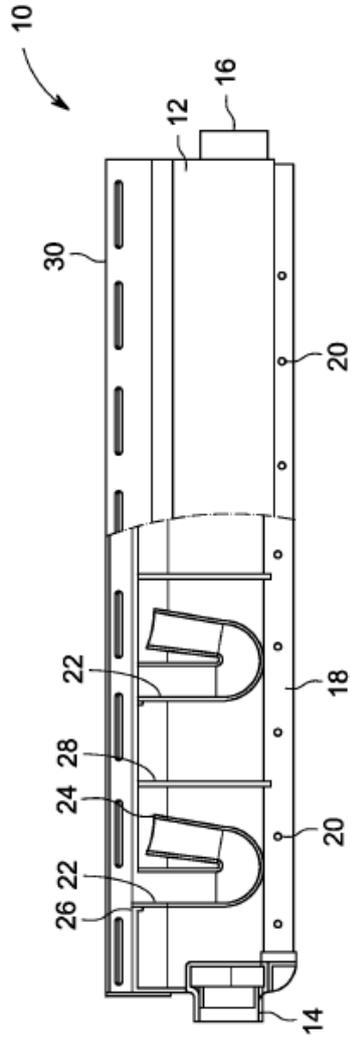


FIG. 1

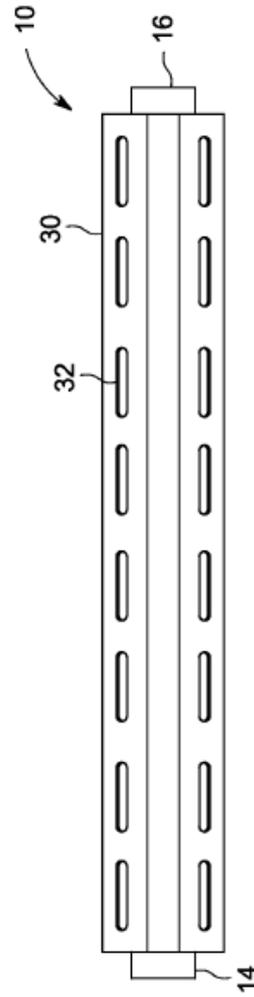


FIG. 2

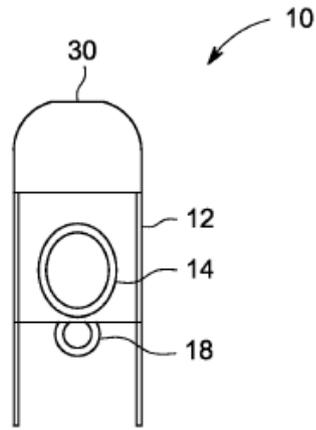


FIG. 3

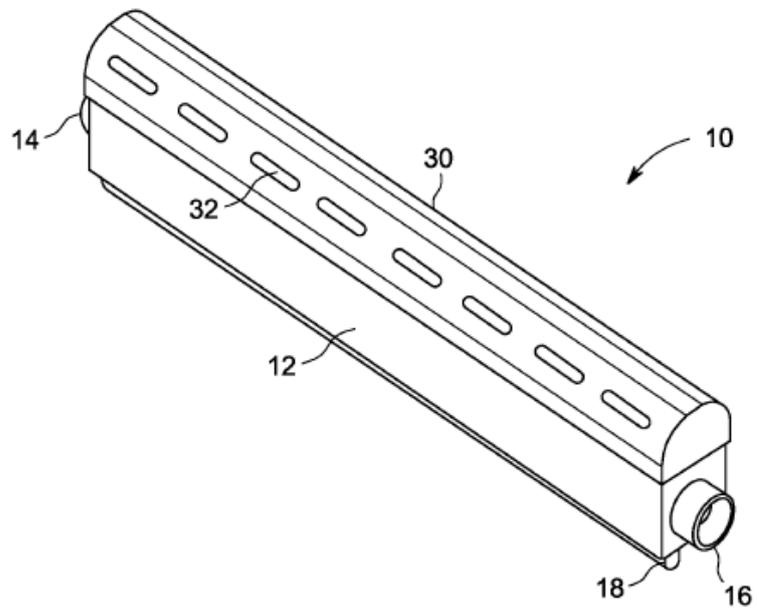


FIG. 4

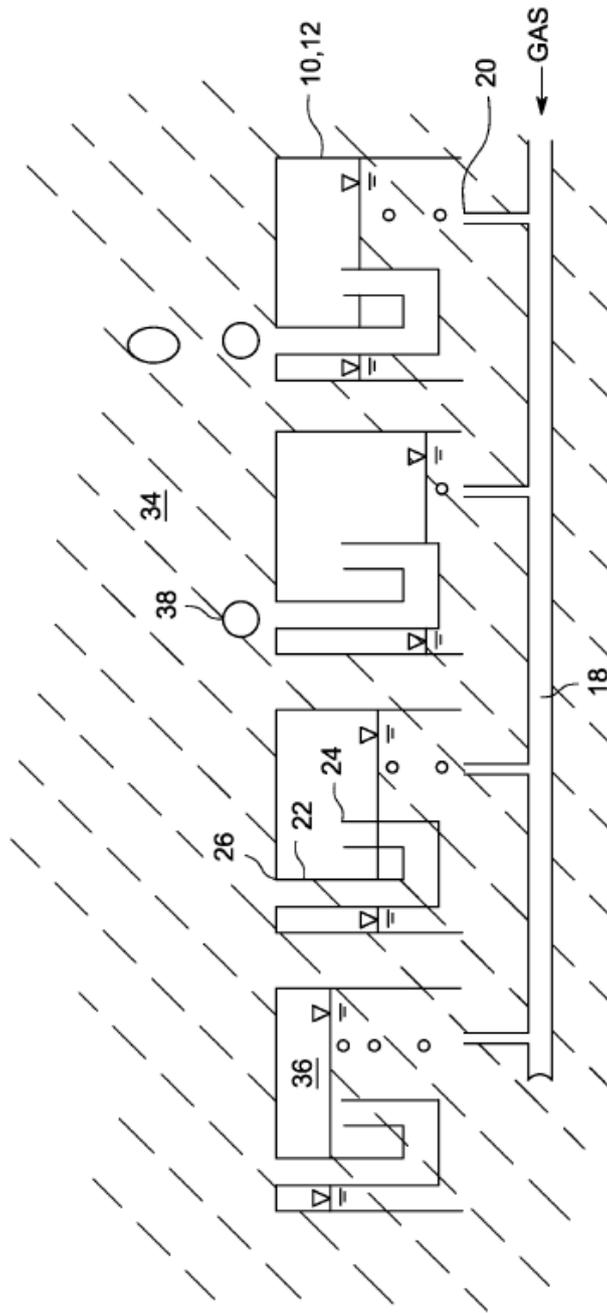


FIG. 5A FIG. 5B FIG. 5C FIG. 5D

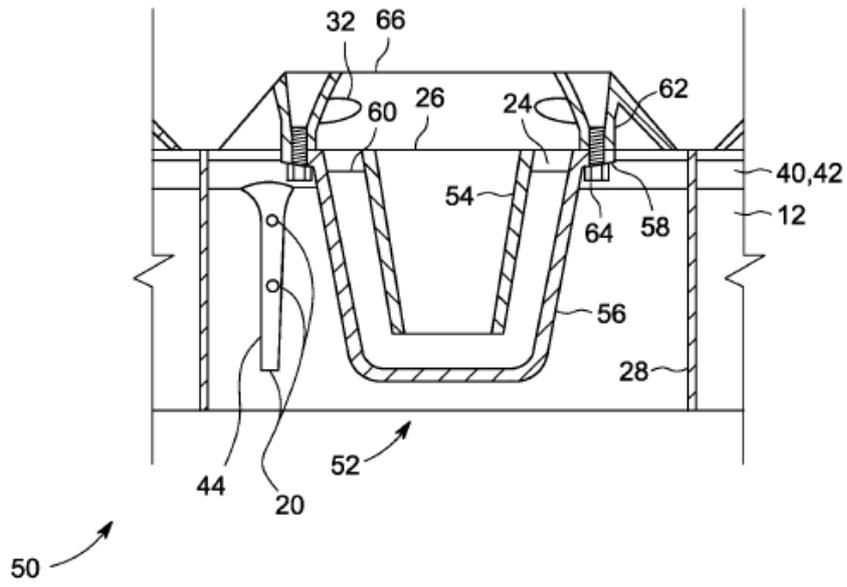


FIG. 6

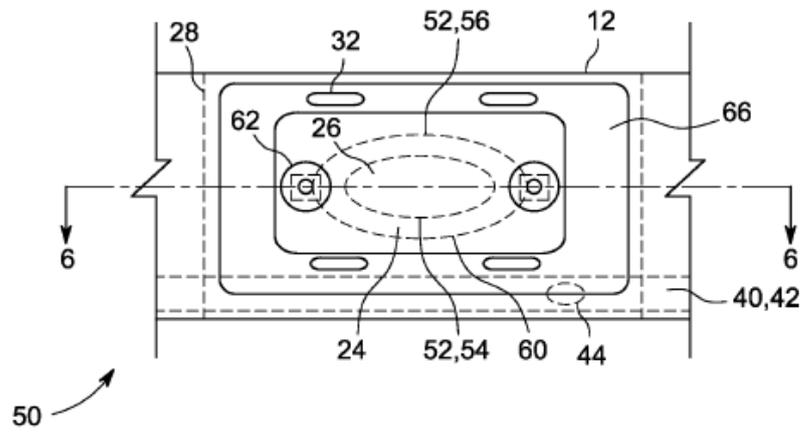


FIG. 7

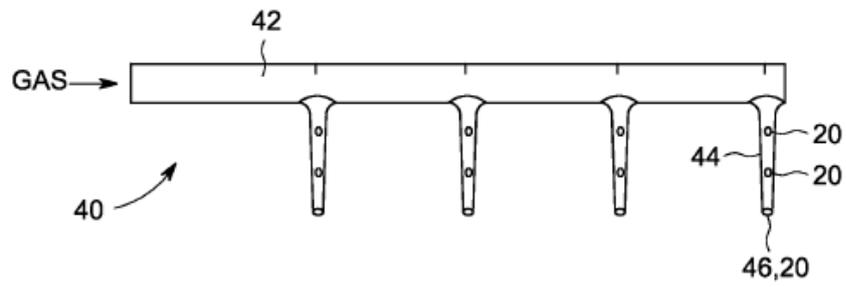


FIG. 8

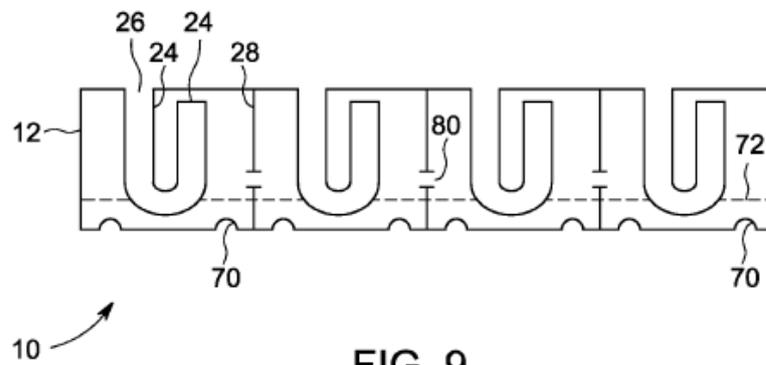


FIG. 9