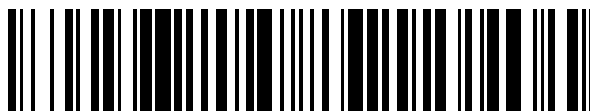


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 036**

51 Int. Cl.:

B01D 69/08 (2006.01)

C02F 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2015** **PCT/EP2015/055047**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.09.2015** **WO15135977**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2015** **E 15709177 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018** **EP 3116634**

54 Título: **Membrana de fibra de reactor de biopelícula aireada**

30 Prioridad:

11.03.2014 GB 201404274

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

30.10.2018

73 Titular/es:

**UNIVERSITY COLLEGE DUBLIN NATIONAL
UNIVERSITY OF IRELAND, DUBLIN (100.0%)
Belfield
Dublin 4, IE**

72 Inventor/es:

**CASEY, EOIN y
SYRON, EOIN**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 688 036 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

Membrana de fibra de reactor de biopelícula aireada

5 Campo de la invención

La presente invención se relaciona con una membrana de fibra hueca para usar en un reactor de biopelícula soportada por membranas (RBSM), o con una forma de realización de este reactor generalmente denominado reactor de biopelícula de membrana aireada (RBMA), y con un reactor que utiliza un conjunto de dichas membranas de fibra hueca, en particular para el tratamiento de efluentes a gran escala como aguas residuales municipales o similares. No obstante, se apreciará que la membrana de fibra hueca de la invención se puede utilizar con cualquier reactor que utiliza una o más membranas para suministrar gas directamente a una biopelícula.

Antecedentes de la invención

En un RBSM, la biopelícula está inmovilizada de manera natural sobre una membrana permeable al gas. El oxígeno u otro gas se difunde a través de la membrana y penetra en la biopelícula donde se produce la oxidación de contaminantes o la reacción biológica con otros compuestos biodisponibles, suministrados en la interfaz biopelícula-líquido. La tasa de suministro de gas se controla mediante la presión parcial del gas intramembrana (un parámetro de proceso) y el área superficial de la membrana (un parámetro de diseño). El concepto de RBMA se describió originalmente en la patente de EE.UU. N.º 4.181.604, pero no se ha comercializado con éxito, debido, principalmente, a la dificultad para controlar la cantidad de biopelícula en el reactor. En particular, se conoce que la formación excesiva de biopelícula produce obstrucción/canalización en el biorreactor, especialmente en sistemas de tipo fibra hueca, que es la configuración de membrana dominante.

Las biopelículas, que comprenden una comunidad de microorganismos adheridos a una superficie, se han aprovechado durante mucho tiempo para el tratamiento de aguas residuales. La inmovilización natural de la comunidad microbiana sobre soportes inertes permite que se produzcan una retención de biomasa y acumulación excelentes sin necesidad de recurrir a dispositivos de separación de sólidos. En el contexto de tratamiento de aguas residuales, la capacidad de los procesos basados en biopelícula para desacoplar por completo el tiempo de retención de sólidos (TRS) del tiempo de retención hidráulica (TRH) resulta especialmente útil para organismos de crecimiento lento que, de otro modo, se lavarían y eliminarían del sistema, siendo las biopelículas de nitrificación un ejemplo concreto de esto. Los procesos de biopelícula establecidos, tales como el filtro biológico, se hicieron muy conocidos en el siglo XX por ofrecer un funcionamiento simple, fiable y estable. La innovación en la tecnología de tratamiento de aguas residuales se debe en gran medida a la necesidad de cumplir con estándares reglamentarios cada vez más rigurosos y a la necesidad de reducir el capital y los costes operativos de los procesos de tratamiento. En los últimos años, estos motivos han impulsado la aparición de procesos de biopelícula mejorados tales como el filtro biológico aireado (FBA) y el reactor de biopelícula de lecho móvil (RBLM). Una de las ventajas más importantes de los procesos basados en biopelícula es la tasa de reacción volumétrica potencialmente elevada que se puede conseguir debido a la alta concentración específica de biomasa. Desafortunadamente, esta ventaja rara vez se aprovecha en procesos a gran escala debido a las limitaciones de transferencia de oxígeno en las biopelículas gruesas. Por lo general, las biopelículas de los sistemas de tratamiento de aguas residuales son más gruesas que la profundidad de penetración del oxígeno, normalmente 50 µm a 150 µm y, a tasas de carga de carbono elevadas, el proceso se vuelve limitado en cuanto a la tasa transferencia de oxígeno. Este inconveniente, sumado a la dificultad para controlar el grosor de la biopelícula, ha llevado a que la tecnología de biopelícula se aplique mayormente en procesos de tasas reducidas. Las tecnologías innovadoras utilizadas para superar este inconveniente se basan principalmente en procedimientos que aumentan el área superficial específica (tecnologías de biopelícula basada en partículas), o en procedimientos para aumentar la capacidad y eficacia de oxidación, tal como el reactor de biopelícula de membrana aireada (RBMA).

La incorporación de membranas en reactores de tratamiento de aguas residuales se remonta a décadas pasadas cuando Schaffer *et al* (1960) informaron sobre el uso de películas plásticas de material no especificado para oxigenación de aguas residuales. Se observó crecimiento biológico visible en el polímero y se informó que esto no tenía ningún efecto observable en la tasa de transferencia de oxígeno. No fue hasta el año 1978 cuando Yeh and Jenkins (1978) informaron sobre resultados de experimentos con tubos de teflón en aguas residuales sintéticas, que se reconoció el potencial de oxigenación de la membrana. Este trabajo se inspiró en la aparición de sistemas de oxigenación de fibras huecas para cultivo celular y de tejidos a principios de la década de los setenta. Para 1980 se publicó la primera patente para un reactor de tratamiento de aguas residuales de fibra hueca en el cual se produce oxidación biológica en la superficie de membranas microporosas. No obstante, la tecnología todavía no se ha explotado comercialmente y hasta día de hoy las pruebas de la tecnología fuera de los laboratorios han sido muy

limitadas.

El RBMA ofrece varias ventajas en comparación con las tecnologías de biopelícula convencionales;

- 5 1. Se consiguen tasas de eliminación de demanda de oxígeno/carbono (COD, por su sigla en inglés) volumétrica comparativamente elevadas si se aprovecha al máximo el oxígeno puro y si se aplican medidas de control de grosor de la biopelícula.
2. La aireación sin burbujas ofrece la posibilidad de conseguir una eficacia significativamente mayor en la utilización del oxígeno con el consiguiente ahorro de energía. Asimismo, es posible llevar a cabo la extracción de aire reducida durante el biotratamiento de compuestos orgánicos volátiles.
- 10 3. Se puede conseguir la nitrificación, desnitrificación y eliminación de COD simultáneas a tasas comparativamente más elevadas debido a la estratificación única de la población microbiana.
- 15 4. Los microorganismos de degradación especialistas, tales como las bacterias de oxidación de amoníaco, tienen a situarse preferentemente adyacentes a la interfaz biopelícula-membrana mejorando de este modo su retención mediante la protección contra la erosión de la biopelícula.
- 20 Se han publicado más de un centenar de artículos de investigación sobre los aspectos fundamentales y de aplicación del RBMA para diversas áreas de aplicación del tratamiento de aguas residuales y la cantidad de publicaciones ha aumentado considerablemente durante los dos últimos años. Es posible que el interés en aumento por el RBMA haya surgido al notar que se trata de una tecnología que puede conseguir tanto intensificar los procesos de tratamiento de aguas residuales como ofrecer la posibilidad de conseguir ahorros significativos en
- 25 costes de energía.

Existen varias patentes relacionadas con la tecnología de RBMA; sin embargo, ninguna de ellas incorpora una tecnología de control de biopelícula eficaz. El documento EP2361367 tiene por objetivo abordar el tema del control de la biopelícula proporcionando las bases para determinar cuándo es necesario provocar el control de la biopelícula.

Para asegurarse de que el RBMA pueda competir en el mercado del tratamiento de aguas residuales es imprescindible asegurar que las membranas de oxigenación tengan una permeabilidad al oxígeno elevada, sean resistentes, económicas y apropiadas para la inmovilización de la biopelícula. Si el RBMA ha de alcanzar el potencial requerido por las pruebas a escala de laboratorio, es preciso superar una serie de retos técnicos. El principal obstáculo para la implementación a gran escala ha sido el problema del control del exceso de biomasa que puede llevar a un deterioro del rendimiento considerable. Según el procedimiento descrito en el documento EP2361367 para determinar cuándo se produce el control de la biopelícula, es necesario evitar la eliminación por completo de la biopelícula durante el procedimiento de control de la biopelícula.

Esto constituye una paradoja del RBMA en el sentido de que, desde un punto de vista biocatalítico, cuanto más biopelícula haya, mejor funciona el reactor; sin embargo, por encima de cierto límite la acumulación de biopelícula puede producir problemas graves con la distribución del flujo de líquido. El RBMA ideal funcionará de manera cíclica con acumulación, eliminación parcial y recrecimiento de biopelícula. Para mantener la biopelícula en el intervalo óptimo se requiere un mecanismo para evitar el desprendimiento por completo de la biopelícula durante la operación de control. Muchos de los estudios a escala de laboratorio mencionados hasta la fecha en la bibliografía se han llevado a cabo con densidades de aglomeración de membrana bajas y, en consecuencia, no se le ha dado prioridad al problema del control de la biomasa. Al evaluar las posibilidades que ofrece la tecnología, es preciso examinar cuidadosamente los resultados de estudios previos en los cuales se analizaron módulos utilizando densidades de aglomeración de membrana lo suficientemente elevadas como para ser realistas de cara a la aplicación comercial de la tecnología de RBMA. Inevitablemente, estos estudios (Semmens *et al*, 2003, Semmens, 2005) han demostrado que se produce una obstrucción considerable de la membrana, por lo general después de varias semanas o meses de funcionamiento. Este problema de formación de biomasa en exceso va acompañado del deterioro en el funcionamiento del reactor para conseguir eficacia en la eliminación de contaminantes.

La patente de EE.UU. N.º 4.181.604. (presentada el 1 de enero de 1980) describe un módulo que tiene varios bucles de membranas porosas de fibra hueca conectados a ambos extremos de una tubería en el fondo de un tanque que contiene aguas residuales. La tubería lleva oxígeno a los lúmenes de las membranas y el oxígeno se difunde a través de los poros de la membrana a una biopelícula aeróbica que crece en la superficie exterior de las membranas. En la patente de EE.UU. N.º 4.746.435 se utiliza el mismo aparato, pero la cantidad de oxígeno que contiene gas se

controla para producir una biopelícula que tiene zonas aeróbicas y zonas anaeróbicas. La patente de EE.UU. N.º 6.558.549 describe un aparato para tratar aguas residuales donde se cultiva una biopelícula en la superficie de membranas de transferencia de gas planas (tipo lámina) no rígidas sumergidas en el tanque de aguas residuales en dirección vertical. La invención es un sistema de membranas de tipo inmersión para posible uso en aplicaciones de reconversión de aguas residuales. Sin embargo, no existen medios eficaces para controlar el grosor de la biopelícula. Es improbable que un procedimiento de limpieza por arrastre de burbujas de aire resulte eficaz, y pueda eliminar toda la biopelícula afectando de este modo el funcionamiento del proceso.

La patente de EE.UU. N.º 5.403.479 describe un sistema de limpieza *in situ* para membranas sucias. La membrana se limpia con un líquido limpiador que contiene un biocida. La patente de EE.UU. N.º 5.941.257 describe un procedimiento de limpieza hidrodinámica de flujo a dos fases para sistemas de tuberías. La patente de EE.UU. N.º 7.367.346 describe un procedimiento para limpiar tuberías y fibras huecas. Estas tres patentes se aplican para la limpieza de hemodializadores utilizados para diálisis y módulos de fibra hueca utilizados para tratamiento de agua y separaciones. No se pueden aplicar a sistemas donde el material que se ha de limpiar actúe como biocatalizador y no tenga ninguna forma de detección de procesos vinculada al procedimiento de limpieza.

El documento US2006096918 describía biofiltros y procedimientos para utilizarlos. Los biofiltros descritos incluyen una red de membranas de fibra hueca sobre las cuales se hace crecer una biopelícula, rellenando los intersticios entre las membranas.

El documento US2012125850 describe una membrana de fibra hueca porosa que es apropiada para el tratamiento de líquidos que contienen una sustancia inorgánica y/o una sustancia orgánica, que se obtiene con un funcionamiento de bajo coste y que tiene un rendimiento de alta permeabilidad al agua, resistencia al roce y resistencia al secado. Una membrana de fibra hueca porosa deformada está compuesta por una resina termoplástica e incluye una aspereza continua proporcionada en la periferia en la dirección longitudinal de la membrana, en la cual la periferia de la membrana de fibra hueca en la dirección circunferencial incluye partes salientes y deprimidas continuas.

El documento US2003140790 describe membranas de fibra polimérica hueca porosa que tienen superficies interiores y/o exteriores convolutas, así como dispositivos de filtro que comprenden una pluralidad de las membranas de fibra hueca, estando los dispositivos preferentemente dispuestos para dirigir el flujo de fluido desde la superficie interior de las membranas hacia la superficie exterior, procedimientos para fabricar membranas, y procedimientos para utilizar los dispositivos de filtro.

El documento GB2033829 describe una fibra hueca de celulosa regenerada a partir de disoluciones de cupramonio para usar como una membrana de diálisis, tiene una cavidad continua y una superficie que está formada con cambios periódicos de forma en la dirección longitudinal y/o circunferencial de la misma.

La publicación internacional WO0001472 describe una membrana de fibra hueca para aumentar el intercambio de gases entre dos fluidos donde uno de los fluidos fluye a través de la membrana y el segundo fluido fluye alrededor de la membrana y la membrana tiene una superficie exterior y una superficie interior y una pluralidad de protuberancias para alterar la capa límite de uno de los dos fluidos.

La presente invención busca ofrecer una membrana de fibra hueca mejorada para usar con reactores de biopelícula de membrana aireada.

Resumen de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una membrana de fibra de reactor de biopelícula aireada que comprende una pared lateral sustancialmente cilíndrica que define un lumen interno desde el cual el gas puede penetrar la pared lateral; caracterizada porque al menos una parte de una superficie exterior de la membrana de fibra se modifica para definir al menos una región de retención de biopelícula dentro de su sección transversal.

Preferentemente, la superficie exterior de la membrana de fibra define un conjunto de las regiones de retención de biopelícula modificadas.

Preferentemente, la región de retención de biopelícula modificada de la superficie exterior comprende una o más regiones cóncavas.

Preferentemente, la región de retención de biopelícula modificada de la superficie exterior comprende una o más protusiones que se extienden de manera sustancialmente radial.

5 Preferentemente, la región de retención de biopelícula modificada de la superficie exterior comprende una o más corrugaciones que se extienden de manera sustancialmente longitudinal.

Preferentemente, la superficie exterior de la membrana de fibra tiene múltiples lados.

10 Preferentemente, una superficie interior de la membrana de fibra, que define el lumen, está formada para optimizar la transferencia de gases a través de la pared lateral.

Preferentemente, la membrana de fibra está formada como una extrusión de polímeros.

15 Preferentemente, la membrana de fibra comprende un extremo abierto a través del cual se puede suministrar gas al lumen.

Preferentemente, la membrana de fibra tiene un diámetro exterior comprendido en el intervalo de 0,2 mm a 5 mm, más preferentemente entre 0,35 mm y 0,9 mm, y más preferentemente 0,5 mm.

20 Preferentemente, la membrana de fibra comprende un polímero permeable al gas.

Preferentemente, la membrana de fibra comprende polidimetilsiloxano (PDMS).

25 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un reactor de biopelícula de membrana aireada que comprende una pluralidad de membranas de fibra hueca de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

Preferentemente, el reactor comprende medios para suministrar un gas al lumen de las membranas de fibra.

30 Preferentemente, al menos un extremo abierto de cada membrana de fibra es capturado en un anclaje.

Preferentemente, las membranas de fibra están dispuestas en grupos.

Breve descripción de los dibujos

35 La Figura 1 ilustra una sección transversal de una fibra hueca convencional de la técnica anterior para usar en un reactor de biopelícula de membrana aireada;

40 la Figura 2 ilustra una sección transversal de una fibra de membrana de reactor de biopelícula aireada de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención;

la Figura 3 ilustra una sección transversal de una fibra de membrana de reactor de biopelícula aireada alternativa de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención;

45 la Figura 4 ilustra una sección transversal de otra fibra de membrana de reactor de biopelícula aireada alternativa de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención;

la Figura 5 ilustra una sección transversal de otra fibra de membrana de reactor de biopelícula aireada alternativa de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención;

50 la Figura 6 ilustra una sección transversal de otra fibra de membrana de reactor de biopelícula aireada alternativa de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención;

la Figura 7 ilustra una sección transversal de otra fibra de membrana de reactor de biopelícula aireada alternativa de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención; y

la Figura 8 ilustra una sección transversal de una fibra de membrana de reactor de biopelícula aireada que no corresponde a la presente invención.

60 Descripción detallada de los dibujos

Con referencia a la Figura 1 se muestra una sección transversal de una fibra hueca convencional F de la técnica anterior para usar en un reactor de biopelícula de membrana aireada (no mostrado). La fibra hueca F es sustancialmente cilíndrica en la sección transversal y define un lumen interior L a través del cual un gas tal como

5 oxígeno, aire, aire enriquecido con oxígeno, hidrógeno o cualquier otro gas apropiado, se puede suministrar y luego penetra la pared lateral de la fibra hueca F para, durante el uso, oxigenar una biopelícula que coloniza la superficie exterior de la fibra hueca F. Se puede observar que la superficie exterior de la fibra hueca F es una superficie sustancialmente lisa y continua.

10 Con referencia ahora a la Figura 2, se ilustra una sección transversal de una membrana de fibra para usar en un reactor de biopelícula de membrana aireada (no mostrado), estando la membrana de fibra representada, por lo general, por el número 10. La membrana de fibra 10 comprende una pared lateral sustancialmente cilíndrica 12 que tiene forma anular y, por lo tanto, define un lumen interior 14 que se extiende longitudinalmente respecto de la membrana de fibra 10. Durante el uso, un gas tal como oxígeno o similar se bombea dentro del lumen 14 y,

15 proporcionando la pared lateral 12 como un material permeable al gas, el gas puede penetrar la pared lateral 12 para ser suministrado a una biopelícula (no mostrada) que coloniza una superficie exterior 16 de la membrana de fibra 10. A diferencia de las fibras huecas de la técnica anterior, la membrana de fibra 10 de la presente invención define una o más, preferentemente una pluralidad de, regiones de retención de biopelícula modificadas 18 que, como se describe con mayor detalle de aquí en adelante, actúan para retener una cantidad de biopelícula en ellas,

20 en particular cuando la membrana de fibra 10 se somete a una acción de control de biopelícula de alta cizalladura, tal como la que se experimenta durante un ciclo de limpieza de reactor, para eliminar el exceso de biopelícula con el fin de impedir la obstrucción del reactor. Como resultado, una vez completada dicha acción, la biopelícula sujeta en las regiones de retención 18 aseguran el recrecimiento conveniente de la biopelícula hasta niveles de operatividad plena, de este modo reduciendo de manera significativa el tiempo de espera entre dicha acción de

25 limpieza y el retorno a un funcionamiento pleno del reactor. De manera convencional, se requeriría un periodo significativamente más prolongado para facilitar la regeneración de la biopelícula y el recrecimiento en la superficie exterior de la fibra hasta alcanzar un nivel operativo.

A diferencia de las fibras de la técnica anterior, en la forma de realización de la Figura 2, la superficie exterior 16 tiene múltiples lados, e incluye cuatro lados cóncavos 20, cada uno de los cuales define una única región de retención de biopelícula 18. Se puede observar que la superficie interior 22 de la pared lateral 12 también tiene múltiples lados, correspondientes en número de lados a los de la superficie exterior 16, si bien cada uno de los lados son relativamente planos a diferencia de los lados cóncavos 20 de la superficie exterior 16. No obstante, se apreciará que la forma de tanto la superficie exterior 16 como de la superficie interior 22 se puede variar según se

35 requiera. Por ejemplo, puede ser preferible que la superficie exterior 16 y la superficie interior 22 sean sustancialmente paralelas para proporcionar la pared lateral 12 con un grosor sustancialmente uniforme, asegurando de este modo una transferencia de gas pareja en todos los puntos alrededor de la pared lateral 12, con el propósito de establecer una tasa de crecimiento de biopelícula pareja alrededor de la superficie exterior 16. Sin embargo, de la misma forma, se entenderá que puede ser deseable fomentar que haya regiones de grosor de biopelícula

40 aumentado o reducido en la superficie exterior 16, alterando de manera apropiada la permeabilidad al gas de dicha región de la pared lateral 12, por ejemplo, variando el grosor de la pared lateral 12 en regiones localizadas. La membrana de fibra 12 preferentemente tiene un diámetro externo comprendido en el intervalo de 0,2 mm a 5 mm, más preferentemente entre 0,35 mm y 0,9 mm, y más preferentemente 0,5 mm, y dicho diámetro se mide en el extremo más alejado radialmente de la membrana de fibra 12.

45 La membrana de fibra 12 preferentemente se produce mediante extrusión de polímeros a través de una matriz de forma apropiada (no mostrada) para proporcionar los perfiles externo e interno deseados a la membrana de fibra 10. Sin embargo, enseguida se entenderá que se puede emplear cualquier otro procedimiento apropiado para fabricar la membrana de fibra 10, y el material o combinación de materiales seleccionados para formar la membrana de fibra 10

50 se pueden variar. La membrana de fibra 12 preferentemente está compuesta por silicona (polidimetilsiloxano (PDMS)) o una versión modificada de PDMS, si bien se pueden emplear otros materiales apropiados.

Con referencia a las Figuras 3 a 8, se ilustran formas de realización alternativas de una membrana de fibra de acuerdo con la presente invención y para usar en un RBMA, proporcionando cada variante un perfil de pared lateral

55 alternativo, según dicta la forma de una superficie exterior y/o una superficie interior de la respectiva membrana de fibra.

En particular, con referencia a la Figura 3, se ilustra una membrana de fibra 110 similar en la sección transversal a la membrana de fibra 10 de la primera forma de realización. Sin embargo, una superficie exterior 116 y una superficie

60 interior 122 son sustancialmente paralelas entre sí, proporcionando de este modo la pared lateral 112 con un grosor

sustancialmente uniforme.

La Figura 4 ilustra una membrana de fibra 210 que tiene una superficie exterior de múltiples lados 216 y una superficie interior sustancialmente circular 222 que define un lumen interior 214.

5

La sección transversal ilustrada en la Figura 5 es similar a la que se muestra en la Figura 4, que ilustra una membrana de fibra 310 que tiene una superficie exterior de múltiples lados 316 que comprende cuatro lados cóncavos 320 cada uno de los cuales define una región de retención de biopelícula 318, separadas entre sí por un vértice más pronunciado o afilado. Una superficie interior 322 es sustancialmente circular en la sección transversal.

10

La sección transversal de lo ilustrado en la Figura 6 muestra una membrana de fibra 410 que también presenta múltiples lados, y que define seis lados cóncavos 420 y una superficie interior sustancialmente circular 422.

Con referencia a la Figura 7, se ilustra una membrana de fibra 510 que tiene una superficie exterior 516 desde la cual sobresalen una pluralidad de proyecciones 524 que se extienden de manera sustancialmente radial y entre pares adyacentes de ellas se define, en consecuencia, una región de retención de biopelícula 518 en forma de una corrugación cóncava 520, cada una de las cuales se extiende de manera sustancialmente longitudinal respecto de la membrana de fibra 510.

La Figura 8 ilustra una membrana de fibra 610 que no corresponde a la invención y que comprende una pared lateral 612 que tiene una superficie exterior sustancialmente circular 616 y una superficie interior sustancialmente circular 622. Sin embargo, la pared lateral 612 además se proporciona con un conjunto circular de protrusiones 624 que se extienden de manera sustancialmente radial y entre pares adyacentes de ellas se definen, en consecuencia, regiones de retención de biopelícula 618 que se extienden de manera sustancialmente longitudinal respecto de la membrana de fibra 610.

25

En cada una de las membranas de fibra mencionadas más arriba, y preferentemente en un conjunto de ellas, se definen regiones de retención de biopelícula alrededor de una superficie exterior de la membrana de fibra, de modo que durante una acción de alta cizalladura tal como una purga de biopelícula para impedir la obstrucción de un reactor, se retenga cierto nivel de biopelícula en las regiones de retención sobre la superficie exterior de cada una de las membranas de fibra, con el fin de facilitar un recrecimiento rápido de la biopelícula después de la acción de alta cizalladura, para permitir que el reactor esté completamente operativo en un periodo reducido de tiempo.

30

REIVINDICACIONES

1. Un reactor de biopelícula de membrana aireada que comprende una pluralidad de membranas de fibra hueca (10; 110; 210; 310; 410; 510) comprendiendo cada una de las cuales una pared lateral (12) sustancialmente cilíndrica que define un lumen interno (14) desde el cual un gas puede penetrar la pared lateral; medios para suministrar un gas al lumen de una o más de las membranas de fibra; caracterizado porque al menos una parte de una superficie exterior (16) de la membrana de fibra se modifica para definir al menos una región de retención de biopelícula cóncava (18) dentro de su sección transversal.
2. Un reactor de biopelícula de membrana aireada de acuerdo con la reivindicación 1 en el cual la superficie exterior de la membrana de fibra define un conjunto de las regiones de retención de biopelícula modificadas.
3. Un reactor de biopelícula de membrana aireada de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el cual la región de retención de biopelícula modificada de la superficie exterior comprende una o más corrugaciones que se extienden de manera sustancialmente longitudinal.
4. Un reactor de biopelícula de membrana aireada de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el cual la superficie exterior de la membrana de fibra tiene múltiples lados.
5. Un reactor de biopelícula de membrana aireada de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el cual la membrana de fibra se puede formar mediante extrusión de polímeros.
6. Un reactor de biopelícula de membrana aireada de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el cual la membrana de fibra comprende un extremo abierto frente a un extremo cerrado y a través del cual se puede suministrar gas al lumen.
7. Un reactor de biopelícula de membrana aireada de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el cual la membrana de fibra tiene un diámetro externo comprendido en el intervalo de 0,2 mm a 5 mm, más preferentemente entre 0,35 mm y 0,9 mm, y más preferentemente 0,5 mm.
8. Un reactor de biopelícula de membrana aireada de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el cual la membrana de fibra comprende un polímero permeable al gas.
9. Un reactor de biopelícula de membrana aireada de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en el cual la membrana de fibra comprende polidimetilsiloxano (PDMS).
10. Un reactor de biopelícula de membrana aireada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el cual al menos un extremo abierto de cada membrana de fibra es capturado en un anclaje.
11. Un reactor de biopelícula de membrana aireada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones en el cual las membranas de fibra se disponen en grupos.

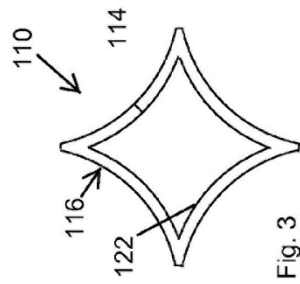


Fig. 3

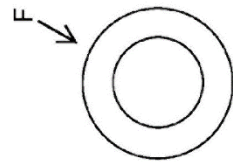


Fig. 1

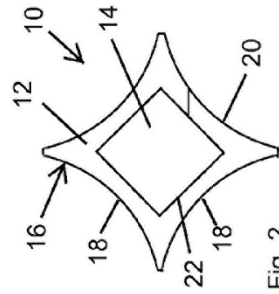


Fig. 2

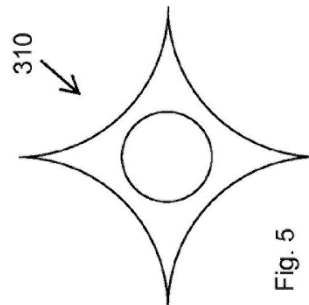


Fig. 5

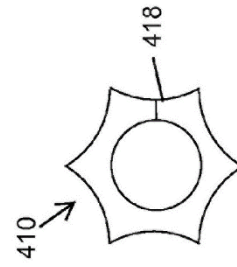


Fig. 6

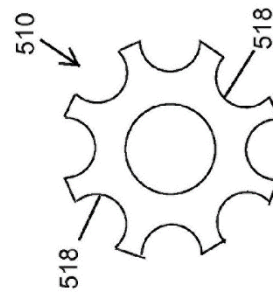


Fig. 7

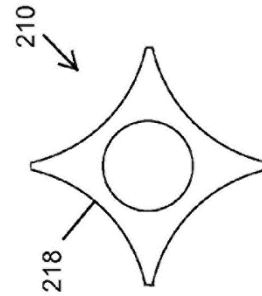


Fig. 4

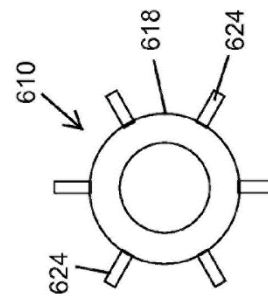


Fig. 8