

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 410 164**

51 Int. Cl.:

C02F 3/08 (2006.01)
C02F 3/20 (2006.01)
C02F 3/10 (2006.01)
B01J 19/30 (2006.01)
C02F 3/12 (2006.01)
C12N 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2006 E 06830960 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2013 EP 1971555**

54 Título: **Biorreactor y método para la purificación biológica del agua.**

30 Prioridad:

04.01.2006 FI 20065006
10.01.2006 FI 20065013

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

01.07.2013

73 Titular/es:

CLEWER OY (100.0%)
Linnankatu 34
20100 Turku, FI

72 Inventor/es:

ZAITSEV, GENNADI

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 410 164 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

Biorreactor y método para la purificación biológica del agua.

5 La invención se refiere a un biorreactor para la purificación de aguas según la reivindicación 1, comprendiendo dicho reactor una sección de tanque esencialmente circular o elíptica en sección transversal provista de medios de entrada para el agua a purificar y medios de salida para el agua purificada, conteniendo dicho tanque en su interior un material soporte sobre el cual puede desarrollarse un biofilm, y estando provisto adicionalmente dicho tanque de medios para suministrar el aire requerido por un proceso de purificación aerobio.

10 La invención se refiere también a un método para la purificación biológica del agua según la reivindicación 8 en un biorreactor, que comprende una sección de tanque de sección transversal esencialmente circular o elíptica provista de medios de entrada para el agua a purificar y medios de salida para el agua purificada, conteniendo dicho tanque en su interior un material soporte sobre el cual puede desarrollarse un biofilm, y estando provisto adicionalmente dicho tanque de medios para suministrar el aire requerido por un proceso de purificación aerobio.

15 En la purificación biológica del agua, tal como v. g. agua residual, el agua se hace pasar a través de un reactor, en el que se utilizan microorganismos para convertir las impurezas transportadas por el agua en productos finales inocuos tales como dióxido de carbono, minerales y agua. En la purificación biológica del agua, los microorganismos pueden haberse unido a sí mismos, es decir a la biomasa, y también a productos no biodegradables, v.g. metales pesados. La purificación puede realizarse en modalidad aerobia o anaerobia. Se conocen con anterioridad diversos biorreactores para purificación de aguas residuales, tales como filtros de goteo, biorrotoros (contactores rotativos biológicos), reactores de lecho fluidizado, reactores de lecho fijo, y reactores de lecho móvil. Un biorreactor conocido con anterioridad comprende transportar un material soporte a un proceso, siendo la superficie de dicho material soporte capaz de desarrollar microorganismos en forma de un biofilm.

20 Un proceso de biofilm típico (reactor de lecho fijo) está basado en el llenado del reactor de purificación con un material soporte en forma de partículas de carga, estando adaptadas dichas partículas de carga para mantenerse estacionarias durante el proceso. La oxigenación de un biofilm presente en la superficie de las partículas de carga se efectúa suministrando aire al reactor a través del fondo. Una ventaja del proceso es una gran cantidad de biomasa por unidad de volumen de reactor, dado que el biofilm tiene un área de crecimiento grande. Un inconveniente en este tipo del denominado lecho fijo es que el bioproceso puede paralizarse por la biomasa (lodo) u otra materia particulada, y que pueden desarrollarse zonas inactivas en el proceso en puntos con un contacto deficiente entre el agua y los microorganismos activos. Otro problema es la dificultad de limpieza, a causa del difícil acceso por debajo de reactor y, en el caso de que un biorreactor llegue a obstruirse, el volumen total del biorreactor tiene que vaciarse para limpiarlo.

30 Se conocen también con anterioridad procesos de biofilm, en los cuales el material soporte se mantiene en movimiento durante el proceso, véanse v.g. US 6.126.829, US 5.458.779, WO92/11211 y US 5.543.039. Una ventaja de un biorreactor del tipo de lecho móvil de esta clase es que se eliminan por completo el atascamiento del material soporte y el desarrollo de zonas inactivas. La superficie de los elementos de soporte está protegida parcialmente contra las colisiones con otros elementos de soporte. Un inconveniente de este caso es, sin embargo, una capacidad considerablemente limitada del proceso debido al hecho de que se requiere un grado de llenado particularmente bajo, v.g. del orden de aproximadamente 30-70% del volumen del reactor vacío, a fin de proporcionar a los elementos de soporte una movilidad no restringida en el agua a purificar. De acuerdo con ello, la capacidad de eliminación de las impurezas es menor que la de un reactor de lecho fijo que tiene el mismo volumen y está lleno con el mismo material soporte, debido a que reactor de lecho fijo tiene una capacidad de carga mayor.

40 El aumento del grado de llenado daría como resultado un consumo incrementado de oxígeno, lo que podría requerir un compresor de mayor potencia, en cuyo caso la potencia del chorro podría perturbar adicionalmente el proceso. El aumento del grado de llenado podría conducir a la formación de un lecho fijo y podría paralizar el proceso biológico, dado que los soportes podrían llegar a quedar atascados por la biomasa. Además de esto, si tuviera que aumentarse el grado de llenado en un tipo de reactor de lecho móvil, ello requeriría una cantidad desfavorablemente grande de aire y energía para mantener los soportes en movimiento, lo cual podría aumentar notablemente el esfuerzo mecánico aplicado a un biofilm y esto, a su vez, podría conducir al despegado del biofilm de la superficie del soporte, lo cual podría dar como resultado a su vez una paralización del proceso biológico. Otro inconveniente importante es que el reactor tiene que estar provisto de un filtro de seguridad para separar el medio de aireación de los elementos de soporte. El filtro debe tener un tamaño de malla adecuado a fin de impedir el paso de los elementos de soporte a través de las aberturas. Esto excluye el uso de soportes de tamaño pequeño que podrían proporcionar una gran área por unidad de volumen, debido a que una reducción correspondiente del tamaño de malla del filtro podría debilitar el suministro de aire y probablemente causaría el bloqueo de las aberturas.

50 Un objeto de la presente invención es proporcionar un biorreactor mejorado capaz de eliminar los inconvenientes tanto de un proceso de lecho fijo como de un proceso de lecho móvil, consiguiendo un tratamiento excepcionalmente mayor de las impurezas por unidad de volumen que el que es conseguido por los reactores conocidos anteriores, y reducir por tanto los costes de purificación. Para alcanzar este objetivo, un biorreactor de la invención se caracteriza

porque el material soporte está constituido por uno o más elementos de soporte, y porque el material soporte tiene un grado de llenado del tanque comprendido dentro de intervalo que va desde mayor que 70% a 100%; porque los medios de salida del agua están provistos en la sección del tanque de tal manera que la sección del tanque está esencialmente llena de agua durante el proceso de purificación, porque los medios de suministro de fluido están dispuestos en la pared del tanque, y porque el reactor comprende medios de control para hacer funcionar los medios de suministro de fluido de tal manera que un movimiento rotativo del soporte, el agua, y el fluido transportador del gas de reacción se efectúa por ello alrededor de una línea central de rotación que pasa esencialmente por el centro de la sección transversal del tanque, estando adaptados los medios de control para efectuar opcionalmente una desactivación de los medios de suministro de fluido en momentos deseados.

Una idea de la invención, de acuerdo con la cual la sección del tanque se mantiene esencialmente llena de agua durante el proceso de purificación, hace posible que un gas de reacción, v.g. en forma de burbujas de gas, se desplace junto con el agua y un soporte, proporcionando así a las burbujas una distancia y un tiempo largos eficaces, permitiendo con ello un alto grado de llenado del soporte, dentro de intervalo que va desde mayor que 70% hasta aproximadamente 100%, en oposición al tipo de solución que afirma que el grado de llenado de un material soporte está comprendido dentro del intervalo de 30-70%. El grado de llenado de un material soporte está en relación directa con la eficiencia de un proceso biológico, es decir que cuanto mayor es el grado de llenado de un material soporte en un reactor m^2/m^3 , tanto mayor es su eficiencia de purificación. En una solución de acuerdo con la presente invención, la cantidad de un material soporte puede ser también claramente menor que 70%, v.g. menor que 50%. El grado de llenado para un material soporte se determina sobre la base de la capacidad de oxigenación y la carga de un reactor. Los soportes pueden estar constituidos por piezas de plástico con tamaño y forma deseados que permitan un movimiento de rotación sostenido. Cuando se utiliza un reactor de la invención en un proceso aerobio, se encontrado que las burbujas de aire se mantienen en el reactor durante un periodo considerablemente más largo que en los reactores utilizados corrientemente, dado que las burbujas de aire están rotando durante un tiempo bastante largo junto con el material soporte y el agua para una oxigenación más eficaz del biofilm. Simultáneamente, las burbujas de aire se rompen en otras más pequeñas, lo cual es otro factor que contribuye a la transferencia de oxígeno del aire al agua. Esto reduce la demanda de aire y por consiguiente reduce los costes operativos comparado con los tipos de proceso de lodo activado, de lecho fijo, y de lecho móvil.

Por otra parte, un método de invención se caracteriza porque el método comprende proporcionar un material soporte de uno o más soportes, teniendo el material soporte un grado de llenado en la sección de tanque comprendido dentro del intervalo que va desde mayor que 70% al 100%; siendo la sección del tanque circular o elíptica en sección transversal, estando dispuestos los medios de suministro de fluido en la pared del tanque, porque el método comprende suministrar al tanque el agua a purificar de tal modo que el tanque está esencialmente lleno de agua durante el proceso de purificación, y porque los medios de suministro de fluido están controlados de tal manera que un movimiento rotativo del soporte, el agua y el fluido transportador del gas de reacción se efectúa así continua o intermitentemente alrededor de una línea central de rotación que pasa esencialmente por el centro de la sección transversal del tanque.

Una solución de la invención hace posible una gran área de crecimiento para el biofilm y que el reactor no desarrolle zonas muertas rotando con el soporte, el agua, y el fluido transportador del gas de reacción que giran a una velocidad angular aproximadamente constante alrededor de una línea central de rotación en un sola sección. Sin embargo, diversas secciones en un biorreactor pueden moverse en direcciones diferentes.

Un tipo rotativo de biorreactor de la invención, en el cual los elementos de soporte están rotando en una sola y misma dirección, se distingue claramente en sí mismo de un proceso de tipo de lecho móvil de la técnica anterior, en el cual los elementos de soporte se están moviendo en orden caótico en el agua, permitiendo únicamente el uso de un grado de llenado relativamente bajo. En caso de que el grado de llenado exceda de 70%, el tipo de proceso de lecho móvil daría lugar a un tipo de lecho fijo, dado que las partículas en movimiento caótico colisionarían unas con otras con mayor frecuencia y esto podría llevar el movimiento de las mismas a una paralización y dar como resultado el atascamiento de un biorreactor. Es una característica particularmente ventajosa que, de acuerdo con la invención, la sección del tanque está adaptada para mantenerse llena de agua durante la operación, con lo cual la energía necesaria para la rotación del material soporte es mínima y al mismo tiempo se mantienen en rotación las burbujas de gas, de igual manera que el material soporte, junto con el agua alrededor de una línea central de rotación, con lo cual la distancia eficaz y el tiempo de la misma se multiplican, en comparación v.g. con un tipo de solución de lecho móvil conocido con anterioridad, que implica el uso de un nivel de líquido y en el cual las burbujas de aire migran sólo esencialmente desde el punto de entrada del aire, que se encuentra esencialmente en el fondo del tanque, a un espacio de aire presente en la porción superior del tanque. En esta descripción, el término "esencialmente lleno de agua" se utiliza con referencia al tanque que contiene tanta agua que el suministro de un fluido es capaz de poner el soporte, el agua, y el fluido transportador del gas de reacción en movimiento rotativo alrededor de una línea central de rotación que pasa esencialmente por el centro de la sección transversal del tanque. Se encontrado experimentalmente que la cantidad de agua debería ser mayor que al menos aproximadamente 85%, con preferencia aproximadamente 100%, del diámetro de la sección transversal. En el supuesto de que la cantidad de agua sea menor que aproximadamente 85%, el proceso se convierte en un tipo de proceso de lecho móvil, en el cual el grado de llenado del material soporte tiene que ser menor que 70% para que el proceso funcione en lugar de convertirse en un tipo de lecho fijo. Otra razón por la cual el tipo de solución de lecho móvil utiliza un grado de

llenado relativamente bajo y los elementos de soporte están conformados de una manera específica es para proteger el biofilm contra el deterioro causado por elementos de soporte que colisionan repetidamente unos con otros. La solución de acuerdo con la presente invención utiliza preferiblemente una solución de lecho semifijo, en la cual el material soporte está constituido por una pluralidad de elementos de soporte que tienen un grado de llenado en la sección del tanque de aproximadamente 100% y, por consiguiente, no son esencialmente móviles unos con relación a otros mientras giran alrededor de una línea central media sino que, en lugar de ello, están rotando en forma de un lecho de soporte esencialmente integral. Así pues, la composición de elementos de soporte no es tan crítica como en una solución de tipo de lecho móvil, en la cual debe tenerse en consideración el movimiento de los elementos de soporte unos con relación a otros. Una solución de la invención permite utilizar un chorro de fluido más suave, que no afecta a las bacterias en la superficie de un material de soporte dado que, en virtud de un movimiento de rotación óptimo, el método de la invención no requiere una gran cantidad de fluido para movimiento sostenido del soporte. Lo que es esencial desde el punto de vista de la biología es que el biofilm no se vea mecánicamente arrastrado por lavado de la superficie del soporte por las burbujas de gas. Dado que suministro de fluido está localizado en la periferia exterior y los soportes no se mueven unos con relación a otros, no se causa tampoco fatiga mecánica alguna por ello, debido en gran parte a un alto grado de llenado superior a 70%. Por otra parte, el exceso de lodo o biomasa muerta se ve forzado a salir del biorreactor por la ley de la inercia. En caso de que, en un movimiento de rotación, una biomasa comience a acumularse hacia el origen, ello significa que la densidad comienza a aumentar también, y como consecuencia, a su vez, que los soportes presentes en la parte media inician una migración gradual hacia la periferia exterior y la biomasa que se encuentra en la periferia exterior puede salir del biorreactor en respuesta a la ley de la inercia.

El grado de llenado de un material soporte es un término utilizado con referencia a la cantidad de espacio requerida por un material soporte con respecto al volumen de una sección de tanque en su estado vacío, no con respecto al volumen de agua desplazado por el mismo. Cuando se utiliza una pluralidad de elementos de soporte, el grado de llenado 100% es indicativo del hecho de que no pueden introducirse más elementos de soporte en el volumen de una sección de tanque.

La invención se describirá a continuación con mayor detalle haciendo referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- Fig. 1 muestra un biorreactor de acuerdo con la invención en una vista esquemática lateral, y
- Fig. 2 muestra el reactor de Fig. 1 en una vista desde un extremo.
- Fig. 3 muestra un elemento de soporte de la invención en una vista esquemática del principio.

Como se muestra en las figuras, un biorreactor 1 de la invención comprende una sección de tanque tubular 2, que es preferiblemente circular o elíptico en sección transversal. La sección del tanque 2 está provista de medios de entrada 5 para el agua a purificar y medios de salida 6 para el agua purificada, así como de medios 4 para suministrar un fluido que contiene un gas de reacción requerido por el proceso de purificación, preferiblemente de tal modo que el agua a purificar desarrolla burbujas de gas transportadoras del gas de reacción, por ejemplo para suministro de aire, en forma de burbujas de aire, requeridas v.g. por un proceso de purificación aerobio, en el cual el aire se disuelve en el agua para oxidación de la misma para la actividad bacteriana. El fluido puede estar constituido también por agua pre-aireada con aire presente en forma de burbujas de aire y/o en una forma previamente disuelta para proporcionar agua rica en oxígeno. En el caso ilustrado, representado sólo a modo de ejemplo, los medios de entrada 5 y los medios de salida 6 para el agua están dispuestos en los extremos longitudinalmente opuestos de la sección de tanque 2 en la porción superior de la sección del tanque. Los medios de entrada y/o salida pueden estar localizados también en cualquier otro lugar en la sección 2 del tanque, en una configuración tal que el suministro de agua no purificada y la descarga del agua purificada pueden realizarse de tal modo que la sección 2 del tanque está esencialmente llena de agua durante el proceso de purificación. En las figuras, el nivel de agua se designa con el carácter de referencia W. El suministro de agua a purificar procede preferiblemente en régimen continuo, v.g. por tener un depósito de compensación aguas arriba del biorreactor para la recogida del agua a purificar y bombeo de la misma en una alimentación continua por la vía de un tubo 5 al biorreactor. El suministro de agua a purificar puede proceder también en un proceso de tipo lotes, en cuyo caso la sección del tanque se suministra con agua a purificar hasta su capacidad, se inicia un chorro de aire para el movimiento de rotación y oxigenación y, una vez terminado el proceso de purificación, se interrumpe el chorro de aire y la sección del tanque se vacía de agua purificada, seguido por reinicio del proceso.

En el interior de la sección del tanque se proporciona un material soporte 3, sobre el cual pueden depositarse los microorganismos como un biofilm. El material soporte puede estar constituido v.g. por un solo elemento de soporte, o por una pluralidad de elementos de soporte unidos firmemente o una pluralidad de elementos de soporte discretos, con lo cual, en el último caso, los elementos de soporte puede ser idénticos o diferentes unos de otros, v.g. en términos de tamaño, forma, densidad y/u otras propiedades de los mismos.

En el caso ilustrativo de Fig. 1, un tanque se ha cargado con una pluralidad de elementos de soporte discretos 3 casi hasta el grado de llenado 100%, de tal modo que dichas partículas son capaces de realizar una rotación alrededor de la línea de centros longitudinal del tanque en virtud de la sección transversal circular o elíptica del elemento de tanque como lecho de soporte esencialmente integral en un sentido de rotación determinado. La superficie interna de una sección 2 del tanque es esencialmente lisa para rotación del soporte sin impedimento, estando dispuestos

los medios de suministro de aire en la superficie externa 2 del elemento de tanque. En la realización ilustrada, los medios de suministro de aire 4 están dispuestos en conductos de suministro 8, que están dispuestos dentro de una cubierta protectora 7 que rodea el tanque al menos parcialmente, y que están conectados cada uno por un elemento de válvula (no representado) a una fuente de aire de entrada. Cada conducto 8 incluye preferiblemente varios medios de suministro de aire o toberas 4 en sucesión a lo largo del tanque, pero puede estar provisto también de un solo miembro de tobera integral que abarca el tanque esencialmente en toda su longitud. Cada miembro de tobera 4 puede estar provisto de un elemento de aireación, v.g. una membrana, que durante un flujo de aire de suministro normal permite el flujo de aire de suministro al tanque en tanto que impide la admisión de agua a purificar presente en el tanque al conducto 8. La membrana es útil para alcanzar un tamaño menor de la burbuja de aire y, cuanto menor es el tamaño de una burbuja de aire, tanto menor es su fuerza ascensional, por lo que las burbujas de aire más pequeñas rotan alrededor más fácilmente en un biorreactor en la misma dirección que los soportes. El elemento de aireación puede estar constituido también v.g. por un tubo provisto de aberturas u orificios de ventilación en las paredes de un biorreactor. Frente a las toberas de aire puede estar dispuesto un filtro seguridad, que impide que las burbujas de aire choquen contra el material soporte de manera que deteriore el biofilm. En conexión con el tubo de salida 6 está dispuesto preferiblemente un tubo de ventilación (no representado) para eliminar el exceso de aire del tanque. El lado superior de la sección 2 del tanque puede estar provisto de orificios de ventilación minúsculos (no representados), cuya función es evitar el desarrollo de posibles bolsas de aire en la porción superior del tanque, que podrían ralentizar la rotación del agua del tanque, aumentando así el consumo de energía. Tales orificios de ventilación están conectados preferiblemente a un tubo de ventilación (no representado) dispuesto v.g. en conexión con el tubo de salida 6. El tanque 2 está dispuesto preferiblemente en posición horizontal, y los conductos 8 están posicionados en y/o por debajo de un plano mediano longitudinal del tanque 2. En el caso de un tanque que es v.g. esencialmente circular en sección transversal, los miembros de tobera 4 pueden estar situados v.g. en una o más posiciones coincidentes con las posiciones de las horas 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 del reloj en una esfera de reloj normal. En asociación con el reactor se proporciona adicionalmente un control lógico, por el cual la válvula de suministro de diversos conductos puede estar desconectada opcionalmente y así, cerrando por ejemplo los conductos 8 con miembros de tobera localizados en las posiciones de las 6 a las 9 del reloj, el flujo de aire que procede a través de los miembros de tobera presentes en las posiciones de las 3 a las 5 provoca una rotación del material soporte en el tanque alrededor de la línea de centros longitudinal del tanque. Un impulsión rotativa intermitente de este tipo del material soporte puede ser v.g. aproximadamente 1 minuto cada 2 horas. Naturalmente, la periodicidad de ciclo puede ser incluso drásticamente distinta de ésta, tanto en términos de duración del tiempo de rotación como de frecuencia de la repetición. Adicionalmente, la periodicidad de ciclo puede ser irregular. Otra forma de implementar un biorreactor de la invención por adaptación del suministro de aire a fin de impulsar la rotación de los elementos de soporte durante el proceso de purificación en acción continua alrededor de una línea de centros longitudinal para un movimiento dinámico consistente eficaz en la eliminación de lodos del reactor. En este caso, el tanque 2 está provisto solamente de un elemento de aireación, preferiblemente v.g. en la posición de las 3 o las 9 del reloj, pudiendo ser dicho elemento de aireación, v.g., un solo conducto de suministro de aire 8 provisto de sus miembros de tobera y que se extiende longitudinalmente con respecto al tanque 2, elementos de tobera que pueden encontrarse v.g. en forma de orificios de ventilación construidos en la pared 2 del tanque en coincidencia con el conducto. Cuando el fluido empleado comprende un líquido que contiene gas de reacción, en el cual el gas de reacción se encuentra en un estado ya disuelto y no contiene esencialmente burbujas de gas a partir de las cuales el gas de reacción tenga que disolverse primeramente en el agua, v.g. agua que contiene aire disuelto, el suministro de fluido puede implementarse básicamente desde cualquier punto a largo de la periferia del tanque, v.g. desde una posición en la proximidad de las 12 horas.

Uno de los beneficios ofrecidos por una solución de la invención es v.g. evitar la desaceleración causada por la turbulencia de un proceso microbiológico, que es lo que ocurre en un proceso con elementos de soporte que se mueven constantemente en direcciones aleatorias. Adicionalmente, el grado de llenado puede ser esencialmente mayor que en un tipo de proceso de lecho móvil. Cuando se compara con un proceso de lecho fijo, en el cual el soporte se mantiene esencialmente estacionario a todo lo largo del proceso, una solución de la invención es capaz de utilizar soportes de tamaño más pequeño cuya superficie específica por unidad de volumen de un biorreactor es mayor, dando como resultado una capacidad de limpieza incrementada. En un proceso de lecho fijo, el tamaño de los elementos de soporte tiene que ser relativamente grande para el atascamiento del mismo causado por el lodo. En virtud del movimiento rotatorio regular de un material soporte de acuerdo con la invención, realizado en acción intermitente o continua, no se produce acumulación alguna de lodo comparable a un proceso de lecho fijo.

Otro modo de operación para un biorreactor de la invención es tal que el suministro de aire se interrumpe periódicamente por completo para convertir el proceso de aerobio en anaerobio a fin de hacer posible el uso de uno y el mismo volumen de biorreactor para la desnitrificación en la cual el nitrógeno, presente como nitrato, se reduce a nitrógeno gaseoso ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$).

Un biorreactor de la invención puede utilizarse v.g. como parte de un sistema de purificación para las aguas residuales negras y/o grises de una sola vivienda, tal que el biorreactor está precedido por una sección séptica y una sección anaerobia, seguida por el transporte del agua a purificar al biorreactor para tratamiento aerobio. El biorreactor va seguido preferiblemente por otro segundo biorreactor aerobio capaz de realizar la nitrificación ($\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$), después de lo cual el agua se envía a un proceso de desnitrificación. Finalmente, el agua purificada se envía a una sección de precipitación de fósforo y a un tanque de decantación secundario. Naturalmente, un

5 biorreactor de la invención es de hecho útil en una amplia gama de aplicaciones, tales como estaciones depuradoras del alcantarillado, lavado de coches, lavanderías de ropa, piscifactorías, y en la purificación de v.g. aguas de depuración de piscinas, aguas de filtración de vertederos, aguas de minas, jabonaduras y aguas de lavado industriales, y aguas residuales de lavadores de gases de chimenea o análogos, pudiendo existir cierto número de biorreactores en serie y/o en paralelo.

10 Un biorreactor de la invención puede implementarse también en una realización tal que la sección de tanque se divida en dos o más secciones, en cuyo caso algunas de las secciones pueden trabajar en medio aerobio, es decir que tienen un suministro de aire adaptado para inmovilizar un soporte, burbujas de aire y agua en movimiento rotativo durante el proceso de purificación en acción continua, y las otras secciones pueden operar en medio anaerobio. En un proceso anaerobio, el suministro de un fluido que permite la rotación es intermitente u opcionalmente el material soporte se ajusta en un movimiento rotativo continuo o cíclico por recirculación de agua u otro fluido, que no contiene oxígeno disuelto y/o burbujas de gas transportadoras de oxígeno en la cantidad requerida por un proceso aerobio, por aberturas presentes en la pared del reactor.

15 El movimiento rotativo puede estar producido también por un fluido distinto de aire, v.g. por agua, que está pre-aireada antes de su suministro a una sección de tanque que contiene agua a purificar, suministrándose dicha agua de tal manera que el aire transportado en ella produce burbujas en la sección de tanque que contiene el agua a purificar. El agua pre-aireada puede contener su aire también en un estado esencialmente disuelto, en cuyo caso el agua rica en oxígeno transportador de aire disuelto puede funcionar en un proceso aerobio incluso sin una formación sustancial de burbujas. El proceso de purificación puede ser también un proceso que requiera un gas distinto de oxígeno, en cuyo caso el fluido a suministrar puede ser un gas o una mezcla de gases distinta de aire o puede ser también agua u otro líquido que contenga gas de reacción.

20 Una solución de la invención puede implementarse no sólo por medio de una sección de tanque tubular alargada, sino también por una sección de tanque que es esencialmente esférica, en donde el material soporte está rotando simétricamente en una dirección alrededor de una guía central de rotación que pasa por el centro de la esfera. Como se ha descrito arriba, el material soporte puede estar constituido v.g. por un solo elemento de soporte o por una pluralidad de elementos de soporte unidos firmemente o una pluralidad de elementos de soporte discretos, en cuyo caso, cuando se utiliza una pluralidad de elementos de soporte, los últimos pueden ser idénticos o diferentes unos de otros v.g. en términos de tamaño, forma, densidad y/u otras propiedades de los mismos. Así pues, en el sentido de la sección transversal vertical, los medios de suministro de aire están posicionados entre las 3 y las 9 del reloj, de tal modo que el movimiento rotativo creado por ellos procede preferiblemente alrededor de una línea central de rotación esencialmente horizontal. La sección del tanque puede tener también admisiblemente una estructura que tiene una forma de un elipsoide o elipsoide generado por rotación o v.g. como un tubo corto semejante a un puck o disco con una sección transversal esencialmente circular y una longitud que es del mismo orden o más corta que el diámetro de la sección transversal.

25 El material soporte útil en un biorreactor de la invención puede estar constituido por un cambiador de iones o contener un cambiador de iones, v.g. un material cerámico. El uso de un cambiador de iones mejora la desnitrificación, al ser capturado el nitrógeno por el cambiador de iones y consumido por las bacterias. Preferiblemente, el material soporte comprende una composición polímero-cerámica, v.g. una composición polímero-zeolita.

30 Al ser la cantidad de agua en un tanque aproximadamente 100%, v.g. por disposición de los tubos de entrada y salida de agua de tal manera que la superficie del agua rebosa por encima del tanque, los elementos de soporte más pesados que el agua se ven imposibilitados de abandonar la masa de agua sin otras medidas, aun cuando se haya dado a los elementos de soporte un tamaño extraordinariamente pequeño.

35 El elemento de soporte es preferiblemente de forma esférica para conseguir una rotación óptima del material de soporte en una sección de tanque, obteniéndose también un grado de llenado óptimo. El elemento de soporte esférico puede ser v.g. como se describe en la patente GB 2.197.308, en la cual el agua a purificar puede fluir a través de un elemento de soporte, o v.g. un elemento de bola maciza, cuya superficie está provista de depresiones hemisféricas en las cuales puede desarrollarse un biofilm sin riesgo de entrar en contacto con elementos de soporte adyacentes.

40 Una forma alternativa para un elemento de soporte es un elemento semejante un disco 30 que se muestra en las figuras 3 y 4, que comprende una sección media 32, cuyo espesor se ha reducido con relación a una sección de borde 31 y que está provisto de proyecciones piramidales 33 que consiguen una multiplicación de un área de crecimiento del biofilm en comparación con una partícula lisa y que protegen al mismo tiempo el biofilm en el caso de que se produzcan colisiones con elementos de soporte adyacentes. La sección media puede estar provista también de orificios pasantes. El disco 30 puede tener un diámetro v.g. del orden de aproximadamente 5 mm, y su espesor en la sección de borde 31 puede ser v.g. aproximadamente 1 mm, mientras que su densidad es aproximadamente $1,1 \text{ kg/m}^3$. Por supuesto, estos valores se dan únicamente como ejemplos indicativos no limitantes, y la forma, tamaño y densidad de los elementos de soporte pueden desviarse considerablemente de lo anterior. Este tipo de elemento de soporte es también imaginable para uso, v.g. en un tipo de biorreactor de lecho móvil.

REIVINDICACIONES

1. Un biorreactor (1) para la purificación de aguas, conteniendo dicho reactor una sección de tanque (2) provista de medios de entrada (5) para transportar el agua a purificar y medios de salida (6) para transportar el agua purificada, teniendo la sección de tanque una sección transversal circular o elíptica y conteniendo en su interior un material soporte (3) sobre el cual puede desarrollarse un biofilm, y estando provisto adicionalmente dicho tanque de medios (4) para suministrar un fluido que contiene un gas de reacción requerido por el proceso de purificación, **caracterizado porque** el material de soporte (3) está constituido por uno o más elementos de soporte, y porque el material de soporte (3) tiene un grado de llenado del tanque comprendido dentro de intervalo que va desde más de 70% a 100%;
 porque los medios de salida de agua (6) están provistos en la sección de tanque (2) de tal manera que la sección de tanque (2) está esencialmente llena de agua durante el proceso de purificación;
 porque los medios de suministro de fluido (4) están dispuestos en la pared del tanque;
 y porque el reactor comprende medios de control para impulsar los medios de suministro de fluido de tal manera que se efectúa por ello un movimiento rotativo del soporte, el agua, y el fluido transportador del gas de reacción alrededor de una línea central de rotación que pasa esencialmente por el centro de la sección transversal del tanque.
2. Un biorreactor como el indicado en la reivindicación 1, **caracterizado porque** el material soporte está constituido por una pluralidad de elementos de soporte que tienen un grado de llenado en la sección del tanque de 100%, rotando por tanto en forma de un lecho de soporte esencialmente continuo alrededor de la línea central de rotación después de suministrar dicho fluido a la sección del tanque.
3. Un biorreactor como el indicado en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la superficie interna de la sección de tanque es esencialmente lisa, permitiendo la rotación sin impedimento del material soporte alrededor de la línea central longitudinal.
4. Un biorreactor como el indicado en cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizado porque** alrededor de la sección del tanque (2) está provista una cubierta protectora (7), que confina al menos parcialmente la sección del tanque y que presenta al menos un conducto de suministro de aire (8), que está conectado por una válvula a una fuente de suministro de aire, estando provisto dicho conducto (8) de medios de suministro de aire (4).
5. Un biorreactor como el indicado en cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizado porque** los medios de control están adaptados para efectuar opcionalmente una desactivación de los medios de suministro de fluido en momentos deseados y/o un reemplazamiento del fluido con uno esencialmente exento de un gas de reacción.
6. Un biorreactor como el indicado en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la sección de tanque (2) es una estructura alargada tubular o discoidal dispuesta en posición horizontal.
7. Un biorreactor como el indicado en cualquiera de las reivindicaciones uno-5, **caracterizado porque** la sección de tanque (2) tiene una estructura que es esférica o elipsoidal generada por rotación.
8. Un método para la purificación biológica del agua en un biorreactor que comprende una sección de tanque (2) provista de medios de entrada (5) para el agua a purificar y medios de salida (6) para el agua purificada, y conteniendo dicho tanque en su interior un material soporte (3) sobre el cual puede desarrollarse un biofilm, y estando provisto adicionalmente dicho tanque de medios (4) para suministrar un fluido que contiene un gas de reacción requerido por el proceso de purificación, **caracterizado porque** el método comprende proporcionar un material de soporte (3) que está constituido por uno o más soportes, y teniendo el material de soporte (3) un grado de llenado de la sección de tanque comprendido dentro de intervalo que va desde más de 70% a 100%; siendo la sección de tanque (2) circular o elíptica en sección transversal; estando dispuestos los medios de suministro de fluido (4) en la pared del tanque;
 porque el método comprende suministrar al tanque agua a purificar de tal manera que el tanque está esencialmente lleno de agua durante el proceso de purificación, y porque los medios de suministro de fluido están controlados de tal manera que un movimiento rotativo del soporte, el agua, y el fluido transportador del gas de reacción se efectúa por ello continua o intermitentemente alrededor de una línea central de rotación que pasa esencialmente por el centro de la sección transversal del tanque.
9. Un método como el indicado en la reivindicación 8, **caracterizado porque** el proceso de purificación está adaptado para proceder como un proceso aerobio y porque se utiliza aire como dicho fluido transportador del gas de reacción, que produce burbujas en el agua a purificar, rotando al menos algunas de las burbujas de aire junto con el material soporte y el agua, alrededor de dicha línea central de rotación.
10. Un método como el indicado en la reivindicación 8, **caracterizado porque** el bioproceso está adaptado para proceder como un proceso aerobio y porque se utiliza agua pre-aireada como fluido transportador de dicho gas de reacción, en el cual el aire se ha disuelto y/o está presente en forma de burbujas.

11. Un método como el indicado la reivindicación 8, **caracterizado porque** el bioproceso está adaptado para proceder opcionalmente como un proceso anaerobio por desactivación del suministro de fluido en momentos deseados y/o por reemplazamiento del fluido con uno esencialmente exento de un gas de reacción.

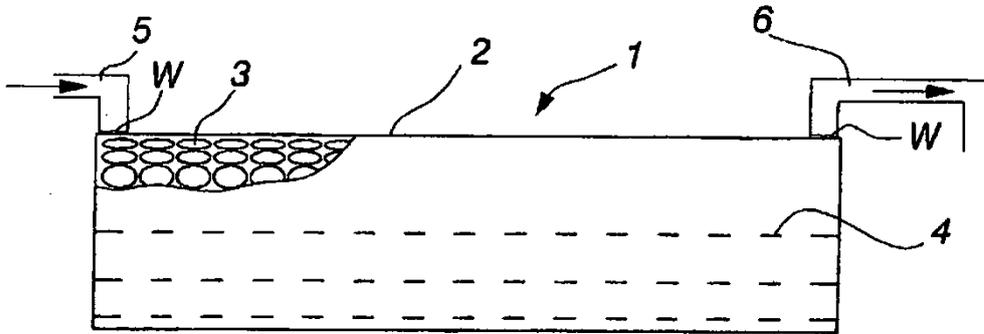


Fig. 1

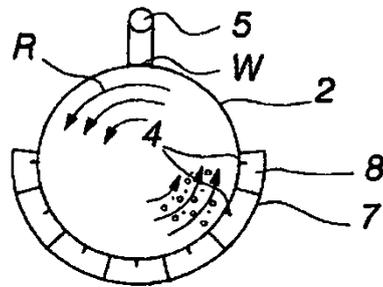


Fig. 2

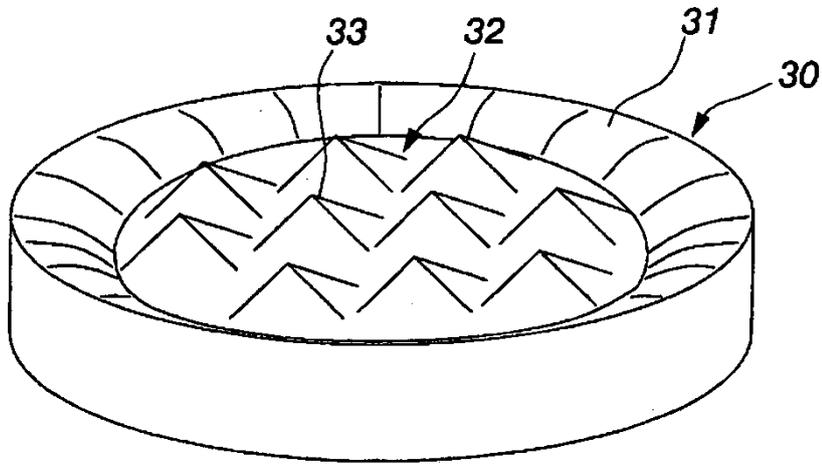


Fig. 3

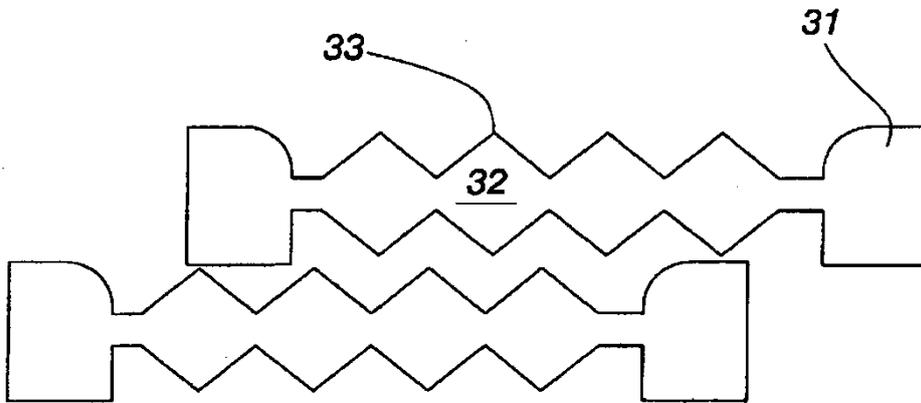


Fig. 4