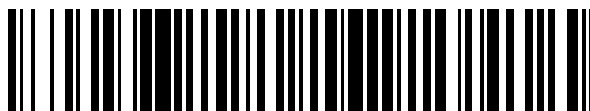


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 148**

51 Int. Cl.:

C02F 3/12 (2006.01)

C02F 3/08 (2006.01)

C02F 3/10 (2006.01)

C02F 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2010 PCT/NO2010/000207**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.12.2010 WO10140898**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2010 E 10783628 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 2438019**

54 Título: **Procedimiento de purificación biológica de aguas residuales**

30 Prioridad:

03.06.2009 NO 20092151

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

20.11.2019

73 Titular/es:

**BIOWATER TECHNOLOGY AS (100.0%)
Postboks 7 Kaldnes
3119 Tønsberg, NO**

72 Inventor/es:

**WESTRUM, THORBJØRN;
ANDERSEN, TERJE;
SILJUDALEN, JON G. y
RUSTEN, BJØRN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 732 148 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

Procedimiento de purificación biológica de aguas residuales

La presente invención se refiere a un procedimiento de purificación biológica de agua en un reactor con una o más zonas de entrada y salida donde el agua y el sustrato entran en contacto con elementos de soporte para una biopelícula.

El reactor puede disponerse para la purificación aeróbica, anaeróbica y anóxica de aguas residuales municipales e industriales, agua de procesamiento, agua de instalaciones de acuicultura y agua potable. El procedimiento se basa en el principio de que la biomasa se establece en un elemento portador para la formación de una biopelícula. Los elementos portadores se mantienen en su lugar en el reactor con la ayuda de una disposición de salida. El grado de llenado de los elementos portadores en el reactor es tan grande que durante el funcionamiento normal no tienen libertad para moverse -movimiento obstaculizado. Se pueden usar todos los tipos conocidos de elementos portadores, con un peso específico relativamente cercano al peso específico del agua. En comparación con una serie de otros procesos de biopelículas en el mercado, la invención resultará en una mejor transferencia de oxígeno del aire soplado en el agua y un mejor transporte de agua y sustrato a la biopelícula, algo que resultará en una forma más compacta e instalación menos exigente de energía.

Se conocen varios procedimientos de purificación mecánica, química y biológica del agua. La purificación biológica implica que un cultivo de microorganismos lleva a cabo la transformación deseada de los materiales en el agua. La purificación biológica se combina, en gran medida, con los procedimientos de purificación mecánica y química.

La purificación biológica se utiliza mucho para la purificación de agua contaminada. Tradicionalmente, la purificación biológica ha sido completamente dominante para el retiro de materiales orgánicos y, en los últimos años, la purificación biológica también se ha vuelto dominante para la eliminación de nitrógeno (nitrificación, desnitrificación, anammox) y relativamente común para el retiro de fósforo (eliminación de bio-P).

Se distingue entre procesos biológicos aeróbicos, anóxicos y anaeróbicos. En los procesos aeróbicos, los microorganismos necesitan oxígeno molecular como aceptor de electrones. Para los procesos anóxicos, se depende de la ausencia de oxígeno molecular y los microorganismos utilizarán nitrato o sulfato como aceptor de electrones. Para la eliminación biológica de nitrógeno, se combina un proceso aeróbico, que oxida el amonio a nitrato, con un proceso anóxico que reduce el nitrato a nitrógeno gaseoso molecular. Los procesos anaeróbicos tienen lugar en ausencia de oxígeno y se caracterizan porque el material orgánico en el agua es tanto donador de electrones como aceptor de electrones. Los procesos anaeróbicos son más relevantes para la descarga industrial altamente concentrada de materia orgánica y, en una descomposición completa, el producto final será una mezcla de metano y dióxido de carbono (biogás).

Los microorganismos que se necesitan para la purificación biológica podrían, en principio, suspenderse en la fase acuosa en un biorreactor, o unirse a las superficies en el biorreactor. Un proceso con microorganismos suspendidos se denomina proceso de lodo activado. Los microorganismos en un proceso de lodo activado deben poder formar flocos que se separan del agua en un reactor corriente abajo y se devuelven al biorreactor. Alternativamente, los microorganismos suspendidos pueden mantenerse en su lugar en el biorreactor, ya que el agua purificada se drena del reactor a través de membranas con aberturas de poros tan pequeñas que los microorganismos se retienen en el biorreactor. Esto se conoce como un proceso de biorreactor de membrana (MBR).

Un proceso en el que los microorganismos se unen a una superficie se denomina proceso de biopelícula. Ejemplos de procesos de biopelículas utilizados en la purificación de agua son filtros de goteo, biorrotos, filtros biológicos sumergidos, procesos de lecho móvil y procesos de lecho fluidizado. Los filtros biológicos sumergidos incluyen ambos filtros con un medio de plástico portador relativamente abierto y filtros con un medio portador de diámetro pequeño (arena, bolas de Leca, bolas pequeñas de poliestireno). Los filtros biológicos sumergidos con un medio portador de un diámetro pequeño se obstruirán relativamente rápidamente con el biolodo y se deben retirar regularmente de la operación para el lavado de retroceso y la eliminación del lodo. Los filtros biológicos sumergidos con un medio portador abierto que se mantienen en reposo pueden ser operados durante un tiempo relativamente largo con un suministro continuo de agua, pero la experiencia ha demostrado que incluso los filtros con un medio portador grande y una estructura abierta se obstruirán después de algún tiempo. Como los microorganismos en los procesos de biopelículas se fijan en la superficie de un material portador en un biorreactor, el proceso de biopelículas en sí es independiente de la separación de los lodos corriente abajo.

Las combinaciones de procesos con microorganismos suspendidos y procesos con microorganismos fijos en el mismo reactor se conocen como procesos IFAS (película fija integrada y lodo activado). Los procesos IFAS han estado compuestos por lodos activados en combinación con ya sea biorrotos, filtros biológicos sumergidos con un medio portador abierto o procesos de lecho móvil.

A nivel mundial, hay claramente más plantas de purificación biológica con microorganismos suspendidos, pero los procesos de biopelículas son cada vez más populares. Algunas de las razones de esto son que los procesos de lodos activados tienen una serie de desventajas. A menudo es difícil mantener el control de la separación de lodos. Esto puede llevar a grandes pérdidas de lodos y, en el peor de los casos, que el proceso biológico se colapse, con

las consecuencias asociadas para el receptor. Otra desventaja es que los procesos convencionales de lodos activados necesitan volúmenes muy grandes tanto para el reactor como para la separación de los lodos en la cuenca de sedimentación. Sin embargo, la ventaja con los procesos convencionales de lodos activados es que el agua se trata en reactores abiertos donde no hay peligro de que el reactor se bloquee.

- 5 El proceso de biorreactor de membrana (MBR) es una tecnología relativamente nueva en la que se utilizan membranas con aberturas de poros muy pequeñas para separar el lodo activado del agua. Con esta tecnología se pueden manejar volúmenes de reactor considerablemente más pequeño que para un proceso de lodo activado convencional, en el que se puede mantener una concentración considerablemente mayor de microorganismos en los reactores. Además, el agua purificada estará libre de materia en suspensión. Las desventajas con este proceso son
10 que todavía es muy costoso, requiere mucho tratamiento previo del agua para eliminar los materiales que pueden provocar la obstrucción de las membranas, las membranas deben lavarse regularmente para mantener la capacidad hidráulica y el consumo de energía es relativamente alto.

15 Los filtros de goteo tradicionales son los procesos de biopelículas que se usaron primero para la purificación de aguas residuales. Inicialmente, los filtros de goteo se rellenaron con piedra, pero los filtros de goteo modernos están llenos con materiales plásticos con un área de superficie más grande para que crezca la biopelícula. Los filtros de goteo modernos son relativamente altos. El agua se bombea a la parte superior del filtro de goteo y se distribuye uniformemente sobre toda la superficie. El suministro de oxígeno se realiza por ventilación natural. Es difícil ajustar la cantidad de agua, la carga de materia y el suministro natural de oxígeno en un filtro de goteo para que todo funcione de manera óptima. Es relativamente común que la biopelícula en las partes superiores de un filtro de goteo
20 no reciba suficiente oxígeno. Por lo tanto, los filtros de goteo normalmente tienen tasas de conversión más bajas y requieren mayores volúmenes de reactores que otros procesos de biopelículas. Para evitar que se obstruya, el medio de la biopelícula debe estar relativamente abierto y el área específica de la biopelícula (m^2 de biopelícula por m^3 de volumen del reactor) se vuelve relativamente pequeña. Esto también contribuye a un aumento del volumen del reactor. Incluso con un medio de biopelícula abierto, la obstrucción y la formación de canales en los filtros de goteo son problemas bien conocidos que se pueden mantener bajo control ya que se asegura que cada parte del filtro de goteo se someta repetidamente a una carga hidráulica que sea lo suficientemente grande como para enjuagar el material en partículas y hacer aflorar la biopelícula fuera del filtro de goteo. En muchos casos, esto significa que se debe recircular el agua sobre el filtro de goteo. Con una altura de muchos metros, los costes de energía para el bombeo pueden ser considerables.

30 Los biorrotos son procesos de biopelículas que se hicieron muy populares en la década de 1970. El principio es que se tiene discos circulares con superficies corrugadas aseguradas a un eje horizontal que gira lentamente en una cuenca. Los discos están parcialmente sumergidos en el agua y se establece una película biológica en los discos que, alternativamente, absorben el material contaminante de la fase acuosa y el oxígeno del aire cuando los discos giran. Una gran desventaja de los sistemas de biorrotor es que se basan en rotores prefabricados que hacen que el sistema no sea muy flexible. Todas las cuencas deben adaptarse a las dimensiones del biorrotor. También se ha encontrado que existen considerables problemas mecánicos con los rotores biológicos, a menudo causados por el hecho de que se no puede controlar el espesor de la biopelícula, por lo que el peso se vuelve demasiado grande y el eje puede romperse o el medio de la biopelícula se separa. Por lo tanto, muy pocas plantas de biorrotor se han construido en los últimos 20 años.

40 Los filtros biológicos sumergidos con un medio de biopelícula relativamente abierto utilizan, en principio, el mismo tipo de material plástico que los filtros de goteo modernos. El material plástico es estacionario, está sumergido en el reactor y se suministra el oxígeno a través de aireadores difusores en la parte inferior del reactor. Un problema con los biofiltros sumergidos de este tipo ha sido la obstrucción del crecimiento de la biomasa y la formación de canales. El agua y el aire toman el camino de menor resistencia y las zonas se forman en reactores aireados donde la biomasa se acumula dando como resultado condiciones anaeróbicas. Otra desventaja es que no se tiene acceso a los aireadores debajo del medio de biopelícula estacionario. Para el mantenimiento o reemplazo de los aireadores,
45 primero se debe retirar el medio de biopelícula del reactor.

50 Los filtros biológicos sumergidos con un medio portador de un diámetro pequeño (arena, bolas de Leca, bolas pequeñas de poliestireno) tienen un área de superficie de biopelículas muy grande. El medio portador permanece estacionario durante la operación normal, pero este tipo de filtro se obstruirá con los lodos biológicos y se debe dejar de usar regularmente para realizar un lavado de retroceso y la eliminación de lodos. El proceso es sensible a las partículas en las aguas residuales y para las aguas residuales con mucha materia suspendida, los ciclos de operación entre cada descarga se vuelven muy cortos. Debido a los accesorios para el lavado y la colocación del aireador en la parte inferior de los reactores, estos tipos de reactores de biopelículas son complicados de construir.
55 Una designación común para este tipo de reactor de biopelículas es BAF (filtro biológico aireado) y las mejores marcas conocidas son Biostyr, Biocarbón y Biofor.

60 En los reactores de lecho móvil, la biopelícula crece en un material portador que flota libremente en el reactor. El material portador ha sido ya sea caucho espuma o pequeños elementos de plástico. Los procesos que utilizan partes de caucho espuma se conocen con el nombre de Captor y Linpor. Las desventajas con las piezas de caucho espuma son que el área efectiva de la biopelícula es demasiado pequeña debido a que el crecimiento en el exterior de las piezas de caucho espuma obstruye los poros y evita la entrada de sustrato y oxígeno a las partes internas de

las piezas de caucho espuma. Además, se deben usar tamices que prevengan que las piezas de caucho espuma salgan de los reactores y se debe tener un sistema que bombee regularmente las piezas de caucho espuma fuera de los tamices para prevenir que se bloqueen. Por lo tanto, muy pocas plantas se han construido con caucho espuma como material portador.

5 Sin embargo, en los últimos años se han construido una serie de plantas de purificación con procesos de lecho móvil donde el material portador son pequeñas piezas de plástico. Las piezas de plástico se distribuyen normalmente de manera uniforme en la totalidad del volumen de agua y, en la práctica, se operan con grados de llenado con medio de biopelícula hasta aproximadamente 67 %. Los tamices mantienen las piezas de plástico en su lugar en el reactor. Los reactores funcionan continuamente sin necesidad de lavado a contracorriente. La patente NO 172687 B3 describe que se opera con un grado de llenado de 30 a 70 % y que las partículas se mueven libremente. Los portador tendrán un peso específico de 0,90 – 1,20. La patente también establece que se tienen dispositivos de mezcla para garantizar una buena mezcla del contenido del reactor. Es importante que haya una corriente estable de lodo producido para el proceso de separación subsiguiente, de modo que la carga de partículas sea mucho menor que para la separación de lodo activado. También se señala que este es un proceso continuo, en contraste con los procesos de biofiltros con lavado de retroceso regular. El proceso es muy flexible con respecto a la forma del biorreactor. El área de superficie específica de la biopelícula es mayor que para los filtros de goteo y los biorrotadores, pero considerablemente más pequeña que en los procesos BAF. Sin embargo, en una base de volumen total, se ha encontrado que los procesos de lecho móvil con un material portador de pequeñas piezas de plástico son tan eficientes como los procesos BAF cuando se tiene en cuenta el volumen adicional que se necesita para la expansión del lecho de filtro y para el depósito de agua de lavado en los procesos de BAF. Ejemplos de proveedores de procesos de lecho móvil con pequeñas piezas de plástico como material de soporte son los sistemas Anox Kaldnes, Infilco, Degremont e Hydroxy Systems.

En un proceso de lecho fluidizado, la biopelícula crece en pequeños granos de arena. El principio de funcionamiento se basa en el bombeo de agua en el fondo del reactor a una tasa tan alta que la arena se fluidifica. Se logra un área de superficie de biopelículas muy grande en un sistema de este tipo y en los procesos aeróbicos se tiene el problema de suministrar suficiente oxígeno. Normalmente, el agua se recircula muchas veces para obtener una tasa de flujo lo suficientemente alta como para fluidificar la arena y se suministra oxígeno al saturar la corriente de agua recirculada con aire u oxígeno puro. Los costes de bombeo pueden ser grandes. En las plantas a gran escala, se tiene el problema de distribuir el agua de tal manera que todo el lecho de arena se fluidifique. También se tienen problemas porque la biopelícula cambia el peso específico de los granos de arena, de modo que los granos de arena con mucha biopelícula se fluidifican a una tasa de circulación de agua considerablemente menor que el grano de arena con una biopelícula más pequeña. Por lo tanto, se hace difícil operar la planta para que no se pierda arena y biomasa. El documento WO2006114552 divulga un reactor de lecho fluidizado con portadores para una biopelícula. Los portadores ocupan entre el 40-80 % del volumen de llenado del reactor. Los portadores alternativamente se fluidifican para la eliminación de lodos activando un mezclador y una bomba de aire.

La presente invención comprende un proceso de biopelícula donde la superficie de crecimiento para los microorganismos consiste en elementos portadores que se empaquetan tan estrechamente que no pueden moverse libremente en la operación normal, pero no tienen ningún movimiento o tienen un movimiento obstaculizado. Los elementos portadores ideales tienen una gran área de superficie protegida y un gran volumen de poros para que el agua pueda fluir a través de los elementos portadores y garantizar un buen contacto entre el agua, el sustrato y la biopelícula. Se pueden usar todos los tipos conocidos de elementos portadores con un peso específico relativamente cercano al peso específico del agua.

El grado de llenado de los elementos de soporte es mayor que en los procesos de lecho móvil. Debido al aumento del grado de llenado y, por lo tanto sin ningún movimiento de elementos portadores, ni uno obstaculizado, aumentará el gradiente de velocidad entre la biopelícula y el agua. De este modo, se reduce el espesor de la capa estacionaria de agua sobre la biopelícula, se reduce la resistencia a la difusión, se mejora el transporte de sustrato y oxígeno y se aumenta la tasa de conversión. Es deseable que los elementos de la biopelícula tengan un gran volumen de poros para que puedan almacenar la mayor cantidad posible de lodo sobre y dentro de los elementos de la biopelícula antes de que se elimine el exceso de lodo del reactor. Por lo tanto, se pueden obtener largos periodos de funcionamiento entre cada lavado.

Un reactor para la purificación biológica de agua se conoce a partir del documento CN 100337936C. El reactor contiene elementos portadores para una biopelícula y estos elementos tienen un peso específico de 0,7-0,95 y el grado de llenado de los elementos es 20-90 % del volumen efectivo del reactor.

A partir del documento NO 172687 mencionado anteriormente, se conocen un procedimiento y un reactor para la purificación de agua. El agua se alimenta al reactor que se llena con los portadores para la biopelícula. Estos portadores tienen un peso específico en el área de 0,90 a 1,20 kg/dm³ y un grado de llenado para los portadores de 30 a 70 % del volumen del reactor. Además, el reactor tiene equipo de mezcla y también aparatos en la forma de una placa de tamiz para retener los soportes en el reactor.

El documento NO 314255 describe una aplicación de elementos portadores en relación con la purificación de agua. Los elementos portadores se colocan en un reactor donde la entrada de agua está en la parte superior del reactor.

Los transportadores están suspendidos libremente y tienen un peso específico de 0,92 a 1,40 kg/dm³.

Los portadores que se conocen a partir de estas tres publicaciones están en libre movimiento.

5 La forma de empaquetar elementos portadores en una bolsa de red para prevenir el movimiento entre los portadores es conocida del documento JP 5068991A. Los elementos portadores tienen un peso específico de 0,95 a 0,98. Esta bolsa de red con los transportadores se puede utilizar en varios reactores para el tratamiento de aguas residuales.

El documento US 6.383.373 B1 describe un aparato de filtración biológica para la purificación de agua. El aparato de filtración comprende un recipiente que está lleno de elementos portadores, por lo que estos son huecos, y tiene un peso específico de 1,01 a 1,2 g/ml. El agua que debe tratarse se conduce a través de una o más entradas en la parte superior del recipiente.

10 Los portadores que se conocen a partir de estas dos publicaciones no se mueven en absoluto.

La invención comprende un procedimiento para la purificación biológica de agua que se caracteriza porque se tiene un suministro continuo o intermitente de agua al reactor y un lavado intermitente con agua entrante para eliminar el lodo de los elementos de biopelícula.

15 El procedimiento se caracteriza por -arrastrar el sustrato que contiene agua a un reactor (4) a través de una o más tuberías (1) de entrada o zonas de entrada y -llevar el agua y el sustrato a través de elementos portadores para una biopelícula (5) con una superficie altamente protegida de > 200 m²/m³ de elementos portadores y un volumen de poros de > 60 %, en el que el grado de llenado de los elementos (5) en operación normal constituye una cantidad correspondiente al 90 % -100 %, más preferido 92 %-100 %, y lo más preferido 92 %-99 % del volumen de líquido del reactor (4), de modo que los elementos (5) portadores se mantienen aproximadamente estacionarios o se previene que se muevan durante el funcionamiento normal, y en el que los elementos (5) tienen un peso específico que está en el área 0,8-1,4, más preferido 0,9-1,1 y más preferido 0,93-0,97, y que -arrastrar el agua tratada a uno o más tubos (2) de salida, y que además comprende - fluidificación temporal de los elementos portadores mediante elevación del nivel de agua en el reactor (4) para la eliminación de lodos de exceso.

25 Los elementos se fluidifican preferiblemente porque el nivel de agua en el reactor se incrementa temporalmente de modo que el grado de llenado de los elementos sea inferior al 90 %, más preferido menos del 85 % y lo más preferido menos del 80 % del volumen de líquido del reactor, en el sentido de que un mecanismo de mezcla crea turbulencia en el reactor, de modo que el exceso de lodo se desprende de los elementos y el lodo sedimentado se suspende, y en que el agua de entrada se introduce en el reactor a través de una o más tuberías de entrada o zonas de entrada y, por lo tanto, saca el lodo del reactor a través de una o más zonas de salida y una o más tuberías para lodo y cuando se elimina el lodo, se reduce el nivel de agua en el reactor, ya que el agua tratada sale a través de una o más tuberías de salida para que el grado de llenado de los elementos durante el funcionamiento normal es del 90 % al 100 %, más preferido del 92 %-100 % y lo más preferido del 92 %-99 % del volumen de líquido del reactor.

30 Una corriente continua de agua contaminada se suministra preferiblemente al reactor a través de una o más tuberías de entrada o zonas de entrada.

35 El procedimiento se caracteriza además porque en la eliminación de lodo se suministra una corriente discontinua de agua no tratada al reactor a través de una o más tuberías de entrada o zonas de entrada, el suministro de agua no tratada se detiene después de que el nivel de agua en el reactor se eleva y proporciona turbulencia con la ayuda de los dispositivos de mezcla para crear turbulencia en el reactor para fluidificar los elementos, de modo que el exceso de lodo se desprenda de los elementos y se resuspenda el sedimento sedimentado, y luego se lleve nuevamente el agua de entrada al reactor a través de una o más tuberías de entrada o zonas de entrada para que los lodos puedan sacarse del reactor a través de una o más zonas de salida y una o más tuberías para lodos.

45 Durante el funcionamiento normal, el grado de llenado (volumen a granel) de los elementos de la biopelícula es tan grande que no se tienen, o se tienen movimientos muy limitados, de los elementos de la biopelícula. El grado de llenado del volumen de líquido durante la operación normal dependerá del tipo de elementos de biopelícula que se utilicen, pero normalmente será de 90-100 %. Durante el lavado para eliminar el lodo, el nivel de agua en el reactor aumenta lo suficiente para que todos los elementos de biopelícula puedan moverse libremente. El grado de llenado y la cantidad de turbulencia que se necesita durante el lavado dependerán nuevamente del tipo de elemento de biopelícula utilizado. El peso específico de los elementos de biopelícula debería estar entre 0,85 y 1,25.

50 La invención se explicará a continuación con más detalle con la ayuda de un ejemplo de realización con referencia a las figuras adjuntas, donde:

La Fig. 1A muestra esquemáticamente el funcionamiento normal del procedimiento del reactor de biopelícula de acuerdo con la presente invención;

La Fig. 1B muestra esquemáticamente que los lodos se sueltan y se lavan con un suministro continuo de agua al reactor de biopelícula;

La Fig. 2A muestra una figura correspondiente a la Fig. 1A y muestra el reactor de biopelícula durante el funcionamiento normal;

La Fig. 2B muestra el exceso de lodo que se suelta al detener el suministro de agua;

La Fig. 2C muestra el lavado de los lodos excedentes;

5 La Fig. 3 muestra esquemáticamente una sección de un reactor de biopelícula.

El procedimiento operativo estándar para el nuevo proceso de biopelícula con suministro continuo de agua y la eliminación intermitente de lodos se describe en las Figuras 1A-B. El reactor de biopelícula tiene un tubo (1) de entrada, un tubo de salida con una válvula (2) para agua purificada biológicamente y un tubo de salida con una válvula (3) para la eliminación de lodos. Durante la operación (A) normal, se puede tener de 90 a 100 % de llenado del medio de biopelícula y restringido o casi sin movimiento del medio. La erosión de la biopelícula debido a la colisión entre elementos de biopelícula será muy pequeña y la concentración de material suspendido fuera del reactor será muy baja.

10 Cuando se desea eliminar los lodos, primero se cierra la válvula para la salida de agua (2) purificada biológicamente y se abre la válvula para la eliminación de los lodos (3). Cuando el nivel del agua sube hasta el nivel de la tubería (3), se garantizan condiciones muy turbulentas en el reactor (Fig. 1B) para que se desprendan y se suspendan la biomasa suelta, las partículas sedimentadas (las partículas puedan sedimentarse dentro de los elementos de biopelícula) y la capa exterior de la biopelícula en el líquido. Esto supone que el nivel de agua en el reactor aumenta tanto que el grado de llenado cae por debajo de aproximadamente el 85 % y que los elementos de biopelícula se mueven rápidamente. La turbulencia necesaria se puede configurar soplando en el aire, con el uso de agitadores mecánicos o mediante bombeo circular. El tiempo requerido para el aflojamiento del material en partículas puede ser de 1 minuto a aproximadamente ½ hora, dependiendo de la forma del reactor y la fuerza de la turbulencia. Posteriormente, debe pasar suficiente agua entrante a través del reactor para que los lodos se transporten fuera del reactor a través de la tubería (3). La cantidad necesaria de agua para transportar el lodo fuera del reactor, y por lo tanto el volumen de agua del lodo, será normalmente de 1 a 3 veces el volumen del reactor, dependiendo de qué tan bajo debe ser el contenido de material suspendido cuando se retorna al funcionamiento normal abriendo la válvula en la tubería (2) (Fig. 1 A).

15 El procedimiento de operación estándar para el nuevo proceso de biopelícula con suministro intermitente de agua y eliminación intermitente de lodo se describe en la Figura 2. El reactor de biopelícula tiene un tubo de entrada con una válvula (1), un tubo de salida con una válvula (2) para agua purificada biológicamente y una tubería de salida con una válvula (3) para la eliminación de lodos. Durante la operación (A) normal, se puede tener de 90 a 100 % de llenado del medio de biopelícula y restringido o casi sin movimiento del medio. La erosión de la biopelícula debido a la colisión entre los elementos de la biopelícula será muy baja y la concentración de sólidos en suspensión fuera del reactor será muy baja.

20 Cuando se desea eliminar los lodos, primero se cierra la válvula para la salida de agua (2) purificada biológicamente y se abre la válvula para la eliminación de los lodos (3). Cuando el nivel del agua se ha elevado al nivel de la tubería (3), se cierra la válvula en la línea (1) de entrada. Se garantizan condiciones muy turbulentas en el reactor (Fig. 2 B) de modo que se desprenden y se suspenden la biomasa suelta, las partículas sedimentadas (las partículas pueden sedimentarse dentro de los elementos de biopelícula) y la capa exterior de biopelícula en el líquido. Esto supone que el nivel de agua en el reactor aumenta tanto que el grado de llenado cae por debajo de aproximadamente el 85 % y que los elementos de biopelícula se mueven rápidamente. La turbulencia necesaria se puede configurar soplando en el aire, con el uso de agitadores mecánicos o mediante bombeo circular. El tiempo requerido para el aflojamiento del material en partículas puede ser de 1 minuto a aproximadamente ½ hora, dependiendo de la forma del reactor y la fuerza de la turbulencia en el reactor.

25 Cuando una cantidad suficiente de material suspendido está en suspensión, se abre la válvula en la línea (1) de entrada al mismo tiempo que se continúa con las condiciones turbulentas en el reactor. El exceso de lodo será transportado fuera de la tubería (3) como se muestra en la Figura 2C. La cantidad necesaria de agua para transportar el lodo fuera del reactor, y por lo tanto el volumen de agua del lodo, será normalmente de 1 a 3 veces el volumen del reactor, dependiendo de qué tan bajo debe ser el contenido de material suspendido cuando se retorna al funcionamiento normal abriendo la válvula sobre la tubería (2) y cerrando la válvula en la tubería (3) (Fig. 2 A).

30 Los reactores deben tener una disposición de salida que prevenga que los elementos de la biopelícula puedan abandonar el reactor, al mismo tiempo que el agua purificada y el lodo pueden ser expulsados a través de la tubería (2) y la tubería (3), respectivamente.

El reactor puede comprender un mecanismo de mezcla para el transporte del agua y el sustrato y que suministra oxígeno a un proceso aeróbico al mismo tiempo. Ejemplos de mecanismos de mezcla serán los aireadores difusores y aireadores expulsores.

35 El reactor puede comprender un mecanismo de mezcla para el transporte del agua y el sustrato en un proceso anaeróbico y anóxico. Ejemplos de mecanismos de mezcla serán agitadores mecánicos, bombeo circular y agitación

anaeróbica de gases.

En relación con los procesos de lodos activos, la presente invención tiene muchas ventajas. No hay necesidad de bombear lodos reciclados. No hay riesgo de descarga de lodos. La concentración de material suspendido fuera del biorreactor es baja. Por lo tanto, la carga de partículas en el paso de separación de lodos será baja y se pueden usar muchos procesos de separación de lodos alternativos, como, por ejemplo, sedimentación, flotación, tamizado fino o filtración. El biorreactor puede manejar cargas considerablemente más altas que un proceso de lodo activado, por lo que el volumen necesario del biorreactor es considerablemente menor y se obtiene una planta de purificación compacta. En un proceso aeróbico, los elementos de la biopelícula en la presente invención romperán grandes burbujas de gas, reducirán la velocidad de todas las burbujas de gas y aumentarán la distancia que deben recorrer las burbujas de gas para llegar a la superficie del líquido en el reactor. De este modo, se logra una transferencia de oxígeno considerablemente mejor y un menor consumo de energía que en un proceso de lodo activado.

La presente invención también tiene muchas ventajas con respecto a otros procesos de biopelículas. Los filtros biológicos sumergidos con un medio de biopelícula estacionario y sin lavado de retroceso tienen problemas con el bloqueo y la formación de canales, además de que no hay acceso a los aireadores de difusión en la parte inferior de los reactores. Cuando existe la necesidad de tener acceso a los aireadores de difusión en la parte inferior de los reactores en la presente invención, los elementos de la biopelícula pueden ser simplemente apilados, aspirados o bombeados fuera de los reactores. Además, la presente invención tiene un área de superficie de biopelículas específica más alta y una capacidad considerablemente mayor que los filtros biológicos sumergidos mencionados anteriormente, de modo que el biorreactor se vuelve más compacto.

En comparación con los procesos BAF, la presente invención tiene la ventaja de que no es necesario que haya cuencas para almacenar el agua que se utilizará para el lavado de retroceso. También se puede tener un suministro continuo de agua para la presente invención. Además, la presente invención tolera aguas residuales con una mayor concentración de material suspendido de lo que toleran los procesos BAF. Con la presente invención, se tiene más libertad en la elección de formas y conformaciones de biorreactores. Los procesos BAF tienen una alta caída de presión, mientras que la presente invención tiene una caída de presión despreciable a través del biorreactor.

En relación con los procesos de "lecho móvil", la presente invención tiene un mayor grado de llenado de elementos de biopelícula. Esto resulta en un aumento del área de superficie de biopelícula. En los procesos de "lecho móvil", los elementos de biopelícula se mueven libremente y siguen el patrón de flujo del agua en el reactor. Esto significa que el gradiente de velocidad entre los elementos de la biopelícula y el agua es relativamente pequeño. En la presente invención, los elementos de biopelícula han impedido o no movimiento y el gradiente de velocidad entre los elementos de biopelícula y el agua se hace mayor. Esto da como resultado una mejor transferencia de sustrato y oxígeno a la biopelícula, de modo que las tasas de reacción aumentan. Junto con una mayor área de superficie de biopelícula, esto indica que la presente invención conduce a un proceso muy compacto. La transferencia de oxígeno también es mejor que en un proceso de "lecho móvil". En un proceso de "lecho móvil", las burbujas de gas se ralentizan, en cierta medida, por los elementos de biopelícula, pero debido a que los elementos de biopelícula siguen en gran parte la corriente de agua creada por las burbujas de aire, el efecto es considerablemente menor que en la presente invención donde los elementos de biopelícula tienen un movimiento limitado o nulo. La presente invención tendrá así una transferencia de oxígeno específica de hasta 50 % más alta que un proceso de "lecho móvil".

Con la presente invención, se puede lograr, con una potente turbulencia para el lavado del exceso de lodo, una edad de lodo algo más corta y algo más de lodo que en un proceso convencional de "lecho móvil". Una alta producción de lodos antes se consideraba una desventaja, ahora se considera una ventaja. Una mayor producción de lodos biológicos significa un menor consumo de energía, ya que el requerimiento de oxígeno y, por lo tanto, la necesidad de aire es menor. En el lavado de lodos como se describe en la presente invención, la necesidad de oxígeno se reducirá típicamente en un 10 a un 20 %. Si se tienen tanques de degradación en la planta de purificación, más lodos biológicos significarán más recuperación de energía en forma de biogás.

En comparación con los procesos de lecho fluidizado, la presente invención es considerablemente más sencilla de construir y operar. Los costes de energía son considerablemente más bajos que para un proceso de lecho fluidizado, debido a los altos costes de bombeo para mantener el medio de biopelícula (normalmente arena) fluidizado.

La presente invención y el procedimiento asociado para la eliminación del exceso de lodo tendrán muchas ventajas en comparación con otros procesos de biopelículas:

- La eliminación del exceso de lodo es provocada por las aguas residuales entrantes. Otros procesos con lavado de retroceso utilizan aguas residuales costosas, ya purificadas. Además, necesitan una cuenca de almacenamiento para el agua purificada que se utilizará para el lavado de retroceso.
- La técnica para el lavado de retroceso es muy simple. La caída de presión es mínima.
- Dependiendo del procedimiento de operación elegido y la frecuencia de lavado de los lodos, se puede obtener una baja concentración de sólidos en suspensión (SS) fuera del reactor (tubería 2 en la figura 1 y en la figura 2). Una biopelícula más delgada, que se obtiene del lavado regular, es normalmente más eficiente que una biopelícula gruesa. Las partículas que se encuentran en el agua residual entrante se absorberán, en gran medida, en la biopelícula entre cada lavado, de modo que se tendrá un SS bajo en el flujo de salida.

- Un SS más bajo en el flujo de salida que el que logrará en filtros de goteo, biofiltros sumergidos, biorrotores o reactores de lecho móvil abre muchas posibilidades:

- Si no se tiene requisitos muy estrictos (por ejemplo, requisitos de limpieza secundaria para BOF y KOF), la salida (tubería 2) puede ir directamente al destinatario.

5 ◦ La salida puede ir a un proceso de separación de partículas. Esto puede ser sedimentación o flotación como en otros procesos de biopelículas. Sin embargo, la baja concentración de SS de la presente invención se abre para el uso de microtamices o filtros de arena para la separación final. Con los otros procesos de biopelículas mencionados anteriormente, la carga de partículas será demasiado grande para un filtro de arena.

10 • Puede moverse el exceso de lodo (tubería 3 en la figura 1 y la figura 2); volver a la sedimentación previa para la separación junto con lodos mecánicos; a un espesante (convencional o mecánico); a un buen tamiz; o a una pequeña instalación de flotación. En plantas de purificación grandes con muchas líneas paralelas, un pequeño paso de separación (por ejemplo, un tamiz fino o una instalación de flotación) puede servir a toda la planta, ya que se elimina el exceso de lodo de un reactor a la vez y distribuye la carga de exceso de lodo entre los pasos de separación posteriores durante todo el período de 24 horas.

15 • Si es necesario, el suministro de agua y la descarga de agua purificada biológica puede ser continua, ya que permite que el agua de lavado (tubería 3) pase un paso de separación (por ejemplo, un tamiz fino) en relación con el lavado, donde las partículas de lodo van más allá del tratamiento de lodos y la fase de agua va al receptor o a la purificación adicional.

20 El diseño de los reactores (4) (véanse las figuras 3A y 3B) no representa una limitación para la invención, pero típicamente tendrá un fondo plano y paredes verticales. La profundidad efectiva del reactor (4) estará típicamente en el área de 1,5 a 12 metros, normalmente de 3,0 a 8,0 metros. La elección del material para la fabricación del reactor (4) no tiene importancia para el proceso y se puede elegir libremente.

25 La entrada de agua al reactor (4) puede comprender una o más zonas de entrada, típicamente dispuestas con tuberías (1) o construcciones de canales. En los reactores aeróbicos, el agua puede entrar por la parte superior del reactor de modo que se tenga una brecha de nivel de agua (véase la figura 3 A) o se puede tener una entrada sumergida (véase la figura 3B). Para reactores con procesos anóxicos o anaeróbicos, es importante evitar la entrada de oxígeno en el agua que se producirá con una brecha abierta en el nivel del agua, y la entrada debe estar sumergida o al mismo nivel que la superficie del agua en el reactor durante el funcionamiento normal. Incluso con una tubería de entrada sumergida, se puede conducir el agua al reactor por gravitación, también en relación con la eliminación de lodos, en el sentido de que el nivel de agua en un paso de proceso o tanque anterior se encuentra más alto que el nivel más alto de agua en el reactor. En tal caso, se tendrá una tubería de entrada llena bajo presión. Esto se ilustra porque en las figuras 1, 2 y 3B se muestra un tubo de entrada curvado que se extiende por encima del nivel máximo de agua en el reactor. El agua también puede ser bombeada al reactor a través de una tubería de entrada sumergida con una válvula de retención.

35 La dirección del flujo de agua a través del reactor (4) puede ser horizontal y vertical.

40 La salida de agua del reactor puede comprender una o más zonas (7) de salida, típicamente con una disposición para mantener los elementos (5) de biopelícula en su lugar en el reactor. La disposición de salida se caracterizará típicamente porque se usa una construcción con aberturas que son más pequeñas que las dimensiones lineales de los elementos (5) de biopelícula.

45 El sistema de aireación en un reactor aeróbico asegurará que se suministre oxígeno al bioprocesamiento y que se proporcione suficiente energía para arrancar el exceso de lodo suelto y mantener el lodo en suspensión en relación con el proceso de lavado. El sistema de aireación se colocará típicamente en la parte inferior del reactor (4) y se dispondrá de manera que el aire se distribuya en la parte más grande de la extensión horizontal del reactor (4).

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de purificación biológica del agua.

5 **caracterizado por** llevar el sustrato que contiene agua para ser eliminado al interior de un reactor (4) a través de una o más tuberías (1) de entrada o zonas de entrada, y conducir el agua y el sustrato a través de elementos portadores para una biopelícula (5), donde dichos elementos tienen una superficie protegida de elementos portadores de $>200 \text{ m}^2/\text{m}^3$, y un volumen de poros de $> 60 \%$, en el que el grado de llenado de los elementos (5) en operación normal constituye una cantidad correspondiente a $90 \%-100 \%$, más preferido $92 \%-100 \%$, y lo más preferido es $92 \%-99 \%$ del volumen de líquido del reactor (4), de modo que los elementos (5) portadores se mantengan aproximadamente estacionarios o se prevenga que se muevan durante el funcionamiento normal, y en el que los elementos (5) tienen un peso específico que está en el área $0,8-1,4$, más preferido $0,9-1,1$ y lo más preferido $0,93-0,97$, y conducir el agua tratada a una o más tuberías (2) de salida.

- y que además comprende elevar temporalmente el nivel de agua en el reactor (4) y fluidificar los elementos portadores para la eliminación del exceso de lodo.

15 2. Procedimiento de purificación biológica de agua de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además elevar el nivel de agua en el reactor (4) temporalmente para que los elementos (5) se fluidifiquen y el grado de llenado de los elementos (5) sea menor que 90% , más preferido menos del 85% y lo más preferido menos del 80% del volumen de líquido del reactor (4), y que comprende la creación de turbulencia en el reactor (4) con un mecanismo (6) de mezcla para que el exceso de lodo se desprenda de los elementos (5) y el lodo sedimentado se suspenda y comprendiendo además conducir agua al reactor (4) a través de una o más tuberías (1) de entrada o zonas de entrada y sacar el lodo del reactor (4) a través de una o más tuberías (3) de salida para el lodo y que comprende posteriormente, cuando se haya eliminado el lodo, un paso de reducir el nivel de agua en el reactor (4) llevando el agua tratada hacia afuera a través de una o más tuberías (2) de salida para que el grado de llenado de los elementos comprendan un $90 \%-100 \%$ correspondiente, más preferido $92 \%-100 \%$ y lo más preferido $92 \%-99 \%$ del volumen de líquido del reactor (4), y luego continuar la operación normal.

3. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2,

30 **caracterizado porque** el nivel del agua se eleva para la eliminación de lodos mediante el suministro continuo de agua sucia al reactor (4) a través de una o más tuberías (1) de entrada o zonas de entrada, mientras se cierran la una o más tuberías (2) de salida para agua purificada, aumentando así el nivel de agua en el reactor, y en el que, para volver al funcionamiento normal, el nivel de agua se reduce abriendo una o más tuberías (2) de salida mientras continúa el suministro de agua sucia a través de una o más tuberías (1) de entrada o zonas de entrada.

4. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2,

35 **caracterizado porque** para la eliminación de lodos, el nivel del agua se eleva al suministrar agua sucia al reactor (4) a través de una o más tuberías (1) de entrada o zonas de entrada, mientras se cierra la una o más tuberías (2) de salida para agua purificada, lo que aumenta el nivel de agua en el reactor (4), deteniendo el suministro de agua sucia una vez que se ha elevado el nivel de agua en el reactor y proporcionando turbulencia con la ayuda de los mecanismos (6) de mezcla para crear turbulencia en el reactor para fluidificar los elementos, de modo que el exceso de lodo se desprenda de los elementos (5) y el lodo sedimentado quede suspendido, y luego de nuevo suministrar agua al reactor (4) a través de una o más tuberías (1) de entrada o zonas de entrada, de modo que el lodo se pueda sacar del reactor (4) a través de una o más tuberías (3) de salida para lodos.

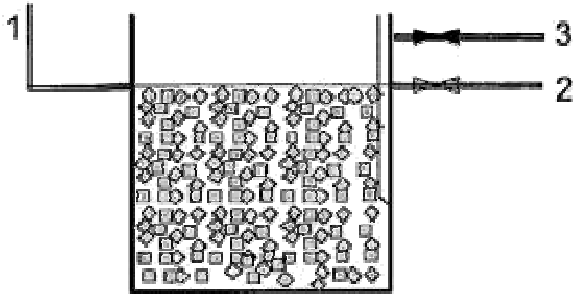


FIG. 1A

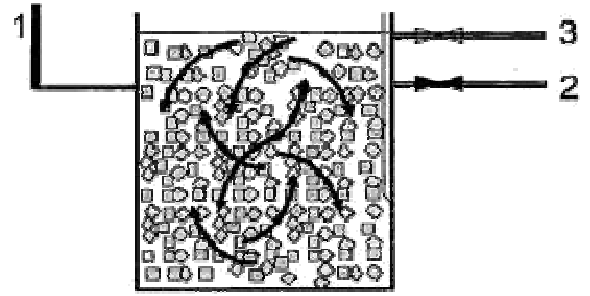


FIG. 1B

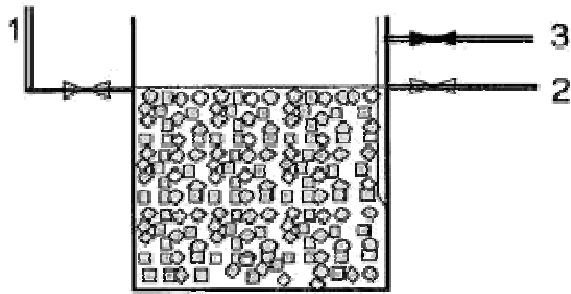


FIG. 2A

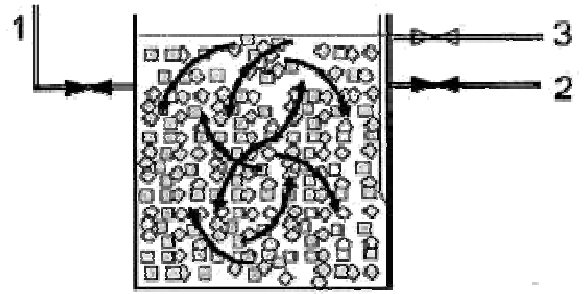


FIG. 2B

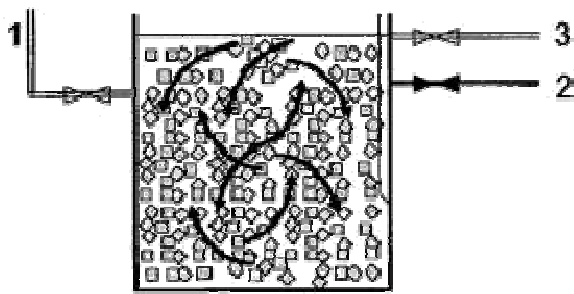


FIG. 2C

