

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 472**

51 Int. Cl.:

C02F 3/30

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.01.2009 PCT/NO2009/000032**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.08.2009 WO09096797**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2009 E 09706515 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.09.2016 EP 2254842**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de tratamiento de agua residual**

30 Prioridad:

28.01.2008 NO 20080493
28.01.2008 GB 0801518

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.03.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

PHATTARANAWIK, JIRACHOTE y
LEIKNES, TOR OVE

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 607 472 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 y dispositivo de tratamiento de agua residual

Introducción

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para tratar el agua residual, en el que el agua residual se dispone para su tratamiento en un único reactor compuesto de forma general por dos zonas de reacción. El reactor está dispuesto para tratar agua tanto anóxicamente/aeróbicamente como aeróbicamente dentro de un único volumen del reactor.

10 De acuerdo con la invención, el reactor está especialmente bien adaptado para el tratamiento de agua residual industrial, municipal, agrícola, o de otro tipo. Esto conlleva que preferiblemente una parte importante de los sólidos en suspensión de deban retirar del agua de alimentación, así como la eliminación de tanta materia biológica como sea posible en el efluente tratado del reactor. El reactor de acuerdo con la invención está dispuesto para reducir el sólido en suspensión del efluente tratado a la salida del reactor, y reducir de esta forma la necesidad de procedimientos de tratamiento posterior del efluente, tal como sedimentaciones fisicoquímicas, reducción del consumo de agua para la limpieza del reactor, y procedimientos de tratamiento posterior y reducir significativamente el uso de reactivos químicos en el tratamiento posterior, así como facilitar el mantenimiento del reactor. La reducción en el uso de agua y de reactivos químicos es especialmente interesante desde un punto de vista ambiental. El reactor de acuerdo con la invención está dispuesto además para reducir la cantidad de fango aerobio en exceso y reducir de esta forma la necesidad de procedimientos de tratamiento posterior y de eliminación de fango tal como la deshidratación de fango convencional, la estabilización de fango convencional, la desinfección química u otras técnicas de tratamiento posterior. Debido al novedoso e inventivo diseño del reactor, la presente invención también puede reducir los requisitos de energía para el tratamiento del agua.

Antecedentes de la invención

25 Los reactores biológicos, o biorreactores, se han utilizado ampliamente para degradar contaminantes tales como sustancias orgánicas o inorgánicas biológicamente degradables en sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Normalmente, se comercializan dos tipos de reactores biológicos: i) reactores de fangos activados, y ii) reactores de biopelícula.

30 Los diseños convencionales de sistema de tratamiento biológico de aguas residuales que utilizan reactores convencionales de fangos activados y de biopelícula requieren una unidad para la separación de fango o partículas para eliminar parte de los sólidos en suspensión de los efluentes de los reactores antes de que los efluentes se descarguen hacia los cursos de agua naturales. Los costes de capital de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y también los costes de operación tal como el consumo de electricidad y productos químicos se reduciría si la unidad de separación de partículas no fuera necesaria.

35 El mantenimiento periódico de los sistemas de tratamiento biológico convencional de las aguas residuales da como resultado costes adicionales y pérdidas de productividad del efluente limpio. Además, los reactores biológicos aerobios de fangos activados y biopelículas para los sistemas de tratamiento de aguas residuales necesitan una gestión adicional para la eliminación del fango y, por tanto, incurren en costes adicionales para el sistema de gestión de fangos. El exceso de fangos procedente de los reactores biológicos aerobios de la técnica anterior debe gestionarse correctamente y eliminarse adecuadamente.

40 Concentraciones elevadas de sólidos en suspensión en los efluentes, elevadas viscosidades de los efluentes, y exceso de gestión de fango en los reactores biológicos convencionales de fangos activados ocasionan problemas de funcionamiento y requieren costes de capital adicionales para el conjunto de sistemas de tratamiento de aguas residuales y de producción de agua limpia.

45 La presente invención está dispuesta para gestionar al menos parte de los problemas resultantes de una elevada producción de sólidos en suspensión y de fango aeróbico en exceso en el agua de alimentación de los sistemas de tratamiento y reducir significativamente de esta forma los costes de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento biológico de agua de alimentación.

La presente invención proporciona un reactor biológico novedoso diseñado para controlar los sólidos en suspensión en el reactor, para reducir la cantidad de fango aerobio en exceso producir en la digestión aerobia, y producir un efluente que tenga una concentración relativamente baja de sólidos en suspensión.

Antecedentes biológicos generales

55 La composición del agua residual puede variar de una sociedad que produce agua residual a otra, y depende de la calidad del agua, el uso y las prácticas de conservación, atributos culturales, actividad industrial y tipo de tratamiento industrial realizado en la planta. Un problema ocasionado por el vertido de agua residual bruta en un receptor es la eutrofización del receptor debido a la introducción de sustancias nutritivas (nitrógeno, fósforo y materia orgánica) que son factores limitantes del crecimiento biológico. El vertido de agua residual bruta en el medio ambiente tiene el

riesgo de diseminación de organismos patógenos y la acumulación y almacenamiento de diferentes metales pesados. Los reactores biológicos se utilizan para biodegradar sustancias orgánicas o inorgánicas en sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales.

5 El tratamiento anaeróbico/anóxico del agua residual es el tratamiento biológico del agua residual generalmente sin el suministro de aire u oxígeno elemental. Los microorganismos anaerobios anóxicos pueden transformar los compuestos orgánicos de las aguas residuales y producir gas que contiene una importante proporción de metano y algo de dióxido de carbono, conocido como biogás. Las bacterias anaerobias anóxicas realizan la desnitrificación en un entorno anóxico anaerobio. Los procedimientos de desnitrificación en un entorno anóxico pueden convertir el nitrito/nitrato en nitrógeno gaseoso, que por lo general es menos dañino si se libera a la atmósfera. El nitrato, que
10 puede ser indeseable en el efluente, se lixivia rápidamente hacia las aguas subterráneas, donde puede desempeñar un papel importante en los procedimientos de eutrofización.

En el campo de la ingeniería de aguas residuales, las sustancias orgánicas se pueden medir por la cantidad de oxígeno que necesitan para oxidarse químicamente. Esta cantidad de oxígeno se denomina como "demanda química de oxígeno" (DQO), que es, básicamente, una medida del contenido de materia orgánica o de su
15 concentración. Una parte importante de la DQO en las aguas residuales puede ser biodegradable y, por tanto, se convierte en fango, que es caro de eliminar y requiere tratamiento posterior. Una depuradora de aguas residuales aeróbica es, básicamente, una "fábrica de fango biológico". Debe suministrarse oxígeno continuamente aireando las aguas residuales, con el consiguiente coste elevado de energía para hacer funcionar los aireadores.

La nitrificación puede tener lugar en la zona aeróbica del reactor. La nitrificación es la oxidación biológica del amoníaco con oxígeno para dar nitrito, seguido por la oxidación de esos nitritos a nitratos.
20

Un problema principal resuelto por la presente invención es que la cantidad de componentes indeseados en el agua residual debería reducirse para evitar la contaminación derivada del vertido del efluente.

Antecedentes de la técnica

En la técnica anterior se conocen numerosos sistemas de tratamiento del agua existentes ya en uso. Algunos de los
25 más pertinentes con respecto a la presente invención se describen a continuación.

La publicación de patente alemana DE19758486A1, "Method and device for biological removal of Nitrogen from wastewater", describe un reactor tanque vertical que comprende una zona de reacción anaerobia en la parte inferior y una zona de reacción aerobia en la parte superior. Las dos zonas de reacción están separadas por una placa horizontal de tipo boquilla cuyo fin es evitar que el fango de la zona aerobia superior migre a la zona anaerobia inferior. Las reacciones anaerobias se producen en un filtro denso de pequeño tamaño de partículas, donde el filtro ocupa todo el diámetro del tanque. Las reacciones aerobias se producen en un filtro menos denso de tamaño de partículas grande, que también ocupa todo el diámetro del tanque. El agua residual se bombea a través de una
30 entrada inferior al interior del filtro inferior, en la zona anaerobia. El filtro inferior recoge las partículas residuales y permite que el agua que contiene el nitrógeno gaseoso producido ascienda hasta el filtro superior más grueso en la zona aerobia. Una conducción de aire bombea oxígeno al tanque por debajo del filtro superior. El procedimiento aerobio que se produce en el filtro superior fabrica una mayor cantidad de fango. El residuo del filtro inferior y del filtro superior se eliminan deteniendo todo el procedimiento del tanque, y usando el depósito superior de agua limpia para limpiar la totalidad del sistema en dirección de la gravedad, y drenando el tanque hacia la entrada inferior, que se ha convertido en una salida.
35

El resumen de patente japonesa JP01231994 publicado el 18.09.1989: "Sewage treating equipment", también describe un tanque vertical para el flujo ascendente de agua residual a través de un filtro de reacción anaerobia inferior, y adicionalmente a través de una zona aerobia superior. Los gases como el nitrógeno y el dióxido de carbono que se pueden formar en la zona de reacción anaerobia inferior quedan atrapados mediante lo que se denomina un tabique que está formado por un dispositivo en forma de embudo doblemente concéntrico situado por
40 encima de lecho del filtro anaerobio. Los gases se desvían del tanque a través de una conducción de gas desde las partes superiores del dispositivo embudo. El agua de la zona de reacción anaerobia inferior para de forma ascendente a través del tabique en forma de embudo, y pasa a una zona de reacción en un lecho de filtro aerobio superior a la que se suministra oxígeno desde abajo mediante una conducción de oxígeno situada justo por encima del tabique en forma de embudo. El agua se trata mediante organismos aerobios adheridos al material suspendido en el material del lecho del filtro de la zona aerobia. El material del lecho del filtro debe limpiarse o intercambiarse.
45 La salida de dicho material suspendido del lecho del filtro se evita mediante una red que evita la salida del lecho del filtro situada en la parte superior del lecho del filtro superior. El agua purificada se recoge por encima de la red protectora superior.
50

El resumen de patente japonesa JP09253687 publicado el 30.09.1997, "Anaerobic and aerobic treatment and apparatus for waste water", también describe una disposición de tanque vertical. El agua se deja ascender desde la zona empaquetada anaerobia inferior a la zona empaquetada anaerobia superior, y se dispone en la parte superior una salida para el agua purificada. Un dispositivo de aireación constituye la separación entre la zona aerobia superior y la zona anaerobia inferior. Un equipo de agitación se dispone por de debajo del lecho empaquetado
55

inferior.

La patente de Estados Unidos US6063273 publicada el 16.05.2000, "Apparatus for the biological purification of waste water" también describe una disposición de tanque vertical con una zona anaerobia inferior, denominada reactor UASB, y una partición que separa la zona inferior de una zona aerobia superior. Se deja que los efluentes anaerobios asciendan a través de la partición y lleguen la zona de reacción aerobia. Encima de la zona anaerobia hay una trampa de recogida de gases. Un separador por flotación está dispuesto en el reactor aerobio para separar la biomasa del agua purificada. El exceso de biomasa producido en la zona aerobia descrito en esta patente de Estados Unidos seguirá el exceso de agua que sale de la parte inferior de la zona aerobia y asciende a través de una conducción hasta una cámara de flotación, en la que burbujas de aire arrastran el exceso de biomasa en forma de floculos en la superficie del agua de la cámara de flotación. En la superficie, se deja que los floculos salgan por una disposición de vertedero a través de un canal situado en el centro de tronco del tanque de fango, y se eliminan del sistema. El documento US6063273 menciona especialmente en la col. 1, líneas 47-50: "As the result of the fact that the flow in the aerobic reactor may be fairly turbulent, the anaerobic biomass cannot sink back into the anaerobic reactor, which adversely affects the purification efficiency". Además, de las líneas 59-65 los autores citan "The partition ensures, inter alia, that the anaerobic sludge does not end up in the aerobic reactor and the aerobic sludge cannot sink into the anaerobic reactor." Las frases citadas muestran que las dos zonas de reacción están estrictamente separadas, y que no intercambian material. Para eliminar el exceso de masa aerobia producida a partir del líquido purificado, un equipo de separación con flotación está montado en la parte superior del reactor aeróbico.

El documento US 5972219 describe un reactor de capa de fango de flujo ascendente modificado que tiene la característica adicional, con respecto a los reactores UASB anteriormente mencionados, de tener una conducción de suministro de oxígeno también bajo la zona anaerobia. El uso de la conducción de oxígeno adicional puede estimular el crecimiento de biomasa facultativo y de biomasa aerobia, de esta forma, los procedimientos del reactor pueden realizarse alternando entre los modos anaerobio y aerobio, que se pueden utilizar durante las condiciones cambiantes durante el año. Esta publicación no consigue describir la combinación entre el control del tiempo de residencia del fango en la zona de reacción anaerobia/anóxica inferior, la recirculación de al menos una parte del efluente procedente de la zona de reacción aerobia superior del reactor y el suministro periódico de grandes cantidades de burbujas para retirar el exceso de crecimiento de biopelícula.

El documento US 4350588 describe la fermentación biológica de materia orgánica en un recipiente único individual integral donde tanto el procedimiento aerobio como el anaerobio se realizan en el interior de dicho recipiente. Esta publicación no enseña que el agua se trata anaerobiamente en primer lugar y después aeróbicamente, por el contrario, el flujo de materia a través del reactor se realiza en dirección descendente, partiendo de la cámara anaerobia superior y el flujo desciende hasta la cámara anaerobia.

Existen algunas desventajas comunes a los cinco aparatos anteriormente mencionados. El fango producido en la zona anaerobia inferior se elimina del tanque por separado del fango producido en la zona aerobia superior. Como las dos zonas están separadas, y la zona aerobia no es pura, se necesita mucho oxígeno, lo que requiere mucha energía. El fango producido en la zona aerobia generalmente según la técnica anterior debe eliminarse mecánicamente de la parte superior de la zona aerobia, o los filtros para retirar el fango del agua purificada deben limpiarse regularmente. Existe un riesgo general de crecimiento indeseado en las conducciones.

Una desventaja de la técnica anterior es, entre otros factores, la producción de sólidos en suspensión y otras sustancias químicas. Dichos componentes pueden incurrir en una eutrofización indeseada.

La técnica anterior muestra que varios reactores utilizados en el tratamiento de las aguas residuales utilizan reactores de tipo UASB (capa de fango anaerobio de flujo ascendente) que comprenden zonas aerobias y anaerobias independientes que se recorren de forma verticalmente hacia arriba. Los reactores UASB se caracterizan por tener dos zonas separadas por una barrera tal que evita que la materia de la zona aerobia descienda hasta la zona anaerobia, tal como una placa de boquilla, un tabique, un filtro, o una zona de separación combinada con una placa perforada.

El documento US 6132602 describe un reactor de flujo vertical ascendente para el tratamiento de aguas residuales. La publicación describe la agitación violenta y la consiguiente distribución de la materia biológica del agua residual a tratar junto con una oxigenación muy importante del agua residual mediante el bombeo de una gran cantidad de aire que burbujea a través del sistema. la distribución fina de la materia biológica dentro de la sección de tratamiento permite una mayor área de contacto entre los agentes de tratamiento biológico y el agua residual fuertemente oxigenada. El agua tratada y el material biológico deberían fluir hacia debajo de forma externa hasta el elemento de tratamiento principal, en donde el material biológico debería sedimentar y tratarse anaerobiamente en una zona de fango, y recircularse el agua residual. Uno de los principales objetivos de acuerdo con dicha patente estadounidense es distribuir el material biológico de tal manera que no se aglomere. Un inconveniente importante del documento US 6132602 es, en primer lugar, que el material biológico finamente distribuido no sedimentará con facilidad en la zona de fango. la distribución activa del material biológico para evitar la aglomeración contrarrestará la eliminación de parte de los sólidos en suspensión. De acuerdo con ello, se necesita una segunda zona de sedimentación, lo que complica el diseño. Adicionalmente, incluso una segunda zona de sedimentación no eliminará adecuadamente todos los sólidos en suspensión, y se necesitará tratamiento adicional del agua residual. Dicho diseño presenta además la

desventaja de tener que burbujear una gran cantidad de aire a través del sistema, necesitando por tanto un gran consumo de energía. Además, el documento US 6132602 requiere la instalación de numerosos elementos discoidales y canales en el espacio del reactor, que lo aumenta también los gastos de capital, y reduce el volumen de reactor disponible.

5 El documento WO 9416999 se refiere a un sistema de tratamiento secundario en el que se proporciona un único reactor y en el que se sitúan una pluralidad de zonas de reacción. Existen tres zonas principales en el reactor, en el que la zona más inferior 9 es una zona de recogida de fango, una zona 10 inferior siguiente es una zona de sedimentación anóxica, por encima de la cual existe una zona 11, que es una zona de mezcla y aireación a través de a que se bombea el agua residual, y provista de bolas de flotación 17 que son bolas de plástico flotante sobre el
10 que se adhiere el medio bacteriano por sí mismo. Sin embargo, las bolas flotantes delimitan simplemente el tanque en tres zonas, en la que solamente el área más superior del tanque es la zona en la que tiene lugar la reacción. El flujo hacia la zona aerobia se dirige de forma descendente, y el fango activado anaerobio no contribuye al tratamiento del agua residual. Adicionalmente, este reactor funciona de acuerdo con el procedimiento de elevación de aire, y por tanto requiere bastante energía. El efluente también comprenderá una gran cantidad de sólidos en
15 suspensión debido a la agitación violenta del agua residual.

El documento EP0428537 describe un procedimiento para la purificación biológica del agua residual mediante un procedimiento de fangos activados, en el que el agua residual se pone en contacto con microorganismos en las zonas de tratamiento anóxico y aerobio, respectivamente, que se introducen de forma alternante en dichas zonas de tratamiento. Sin embargo, Este procedimiento requiere un tratamiento posterior en una zona de tratamiento aerobio
20 adicional separada seguida por la introducción del agua en una balsa de decantación. Así, el documento EP0428537 requiere cuatro volúmenes separados para tratar el agua, de los que dos son volúmenes de tratamiento aerobio.

El documento WO 9111396 se refiere a un sistema y procedimiento para la producción de los denominados "soportes de biopelícula" y a un tratamiento posterior de las aguas residuales mediante los mismos.

Los artículos de revisión como "Moving-medium biofilm reactors" de Rodgers y Zhan Reviews in Environmental Science and Biotechnology 2: 213-224 2003, y "Development of anaerobic sludge bed (ASB) reactor technologies for domestic wastewater treatment: motives and perspectives" de Kalago y Verstraete, World journal of Microbiology & Biotechnology 15:523-534, 1999, muestran algunos de los diversos enfoques de tratamiento de aguas residuales que bien están en uso o empiezan a implantarse. Se deben mencionar los contactores biológicos rotatorios (RBC) y los reactores de biopelícula de desplazamiento vertical descritos por Rodgers and Zhan. Ambas metodologías difieren del reactor descrito en la presente solicitud. Los autores describen además el procedimiento conocido como reactores de biopelícula de lecho móvil, en el que se utilizan soportes, como se describe el documento WO 9111396.
25
30

Kalago y Verstraete analizan varios procedimientos para el tratamiento anaerobio de las aguas residuales, pero están menos interesados en el tratamiento aerobio posterior del efluente resultante. Entre los procedimientos analizados se encuentra el uso del reactor anaerobio de capa de fango de flujo ascendente (UASB), así como el tanque séptico descrito según el mismo principio, el lecho de fango granular expandido (EGSB), la hidrólisis en lecho de fango de flujo ascendente (HUSB) y variantes de los mismos. Como se indica, existe una necesidad general de un sistema aerobio posterior para tratar posteriormente el efluente para conseguir eliminar nutrientes y patógenos. Los sistemas de tratamiento posterior pueden ser bastantes grandes, y sus ejemplos incluyen lagunas y estanques de oxidación.
35

Goncalves y col en Water Science and Technology, Volumen 38, fascículos 8-9, 20 de noviembre de 1998, páginas 189-195 presentan un procedimiento para un tratamiento en dos etapas del agua residual que utiliza una combinación de reactor de capa de fango de flujo ascendente (UASB) y un biofiltro sumergido. El biofiltro sumergido es principalmente una etapa de afinado del efluente, una vez que el agua residual se ha tratado con el UASB, y el procedimiento descrito ilustra la complejidad de los sistemas de la técnica anterior. El biofiltro sumergido no forma parte del reactor UASB, requiere una gestión del fango independiente, y no existe circulación entre el procedimiento anaerobio y el biofiltro sumergido.
40
45

Breve resumen de la invención

La presente invención busca superar los problemas anteriormente descritos relativos a la reducción en el exceso de fango aerobio y una elevada concentración de sólidos en el efluente del reactor, y comprende: Un tanque reactor para el tratamiento biológico del agua contaminada en el que dicho tanque reactor comprende un único volumen de reactor en el que el agua se somete a tratamiento tanto en una zona de reacción anóxica/anaerobia inferior como en una zona de reacción aerobia superior que está parcialmente separada por una estructura de separación, comprendiendo dicho tanque de reacción una o más entradas de agua de alimentación dispuestas en la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior de dicho tanque reactor, y una o más salidas del efluente en la zona de reacción aerobia superior de dicho tanque reactor, y en el que dicha estructura de separación está dispuesta para permitir el paso ascendente del fluido desde la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior hasta la zona de reacción aerobia superior, a la vez que evita parcialmente que entre el oxígeno en la zona de reacción anóxica/anaerobia, teniendo además dicha estructura de separación una superficie superior generalmente inclinada dispuesta para guiar dicha materia biológica liberada desde la zona de reacción aerobia superior hasta la zona de reacción anaerobia/anóxica
50
55

inferior para el procesamiento adicional de dicha materia biológica y recogida del fango, dicha zona de reacción aerobia superior está provista de medios de biopelícula aireada para formar sustratos para el crecimiento y la liberación de la materia biológica, caracterizado porque dicho tanque reactor comprende además una salida de fango desde dicha zona de reacción anóxica/anaerobia inferior de dicho tanque reactor mediante la cual el tiempo de residencia del fango en la zona de reacción anaerobia/anóxica inferior se puede controlar mediante una purga periódica o continua de fango a través de la salida de fango, se dispone una línea de recirculación para recircular al menos una parte del efluente procedente de la zona de reacción aerobia superior hasta la zona anóxica/anaerobia inferior del reactor, y un difusor de burbujas dispuesto para proporcionar periódicamente una gran cantidad de burbujas de tal forma que el medio de biopelícula dispuesto en la zona aerobia superior puede desprenderse del exceso de crecimiento de biopelícula y el exceso de biopelícula desprendida descenderá hasta la zona anaerobia/anóxica inferior.

La invención comprende además un procedimiento para un procedimiento de tratamiento biológico del agua de alimentación en un tanque reactor de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende recibir dicho agua de alimentación mediante una o más entradas de agua de alimentación en una zona de reacción anaerobia/anóxica inferior de dicho tanque reactor, dejar que los efluentes fluyan a través de una o más salidas de fluente en una zona de reacción aerobia superior de dicho tanque reactor, sometiendo dicha agua de alimentación a tratamiento tanto en dicha zona de reacción anóxica/anaerobia inferior como en dicha zona de reacción aerobia superior que están parcialmente separadas por una estructura de separación, airear dicha zona de reacción aerobia superior, y permitiendo dicha estructura de separación el paso ascendente del fluido desde la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior hasta la zona de reacción aerobia superior, a la vez que evita parcialmente que entre el oxígeno en la zona de reacción anaerobia/anóxica, guiando una superficie superior de dicha estructura de separación dicha materia biológica liberada desde dicha zona de reacción aerobia superior hasta la zona de reacción anaerobia/anóxica inferior que procesa adicionalmente dicha materia biológica, caracterizado porque dicha zona de reacción aerobia superior está provista de sustratos de formación de medios de biopelícula para el crecimiento y la liberación de materia orgánica, y como el fango recogido en dicha zona de reacción anaerobia/anóxica inferior deja dicho tanque reactor de forma periódica o continua a través de una salida de fango desde dicha zona de reacción anóxica/anaerobia inferior de dicho tanque reactor, el tiempo de residencia del fango dentro de la zona de reacción anaerobia/anóxica inferior se puede controlar.

La invención comprende además el uso de dicho tanque reactor para el tratamiento de agua residual de origen municipal, industrial, agrícola y de acuicultura, tal como se define en las reivindicaciones 17, 18, 19, y 20, respectivamente. Las realizaciones adicionales preferidas de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

Para iniciar el reactor de acuerdo con la invención, se cree que se pueden utilizar los procedimientos convencionales para iniciar reactores biológicos, es decir, siembra de las zonas de reacción, o acondicionado, dejando que el agua residual pase al interior del reactor en las condiciones de funcionamiento establecidas. Los organismos anaerobios/anóxicos ya presentes en el agua residual crecerán en la zona anaerobia/anóxica inferior y los organismos aerobios presentes en el agua residual se establecerán en la zona aerobia. Cuando los procedimientos anaerobios/anóxicos y los procedimientos aerobios estén establecidos e intercambien materia, y el agua residual se alimente lentamente al sistema, el efecto global del procedimiento es que el efluente de buena calidad fluirá desde la zona aerobia, y el exceso de fango aerobio se recogerá en la zona anaerobia/anóxica de la que se retira el fango residual.

Ventajas de la invención, y solución a algunos problemas de la técnica anterior

Una primera ventaja de la invención es principalmente el tratamiento del agua tanto en condiciones anóxicas/anaerobias y en condiciones aerobias en el interior de un solo volumen del reactor. Una parte importante de los sólidos en suspensión del agua alimentada y del efluente se eliminan de forma biológica e hidrodinámica. En la presente invención, se deja que el material biológico producido en la zona aerobia superior quede expuesto a la zona anaerobia/anóxica inferior, y de esta forma se reduce la cantidad de masa de fango aerobio total producida, en oposición a los dispositivos de la técnica anterior donde se evita que la materia orgánica producida en la zona orgánica descienda hasta la zona anóxica/anaerobia. En la presente invención, se deja que el material biológico producido en la zona aerobia superior quede expuesto a la zona anaerobia/anóxica inferior, y de esta forma se reduce el fango aerobio total producido. Una parte muy importante de la biomasa que crece en la zona aerobia se conduce hacia abajo para su reprocesamiento en la zona anaerobia/anóxica, produciendo en su caso fango residual.

Una segunda ventaja de la invención es una descomposición más eficaz de los compuestos orgánicos del agua de alimentación, que da como resultado una cantidad reducida de fango residual, y por tanto una contaminación reducida del medio ambiente. Esto dará como resultado menos problemas de obstrucción en el reactor, reduciendo de esta forma en tratamientos posteriores del fango vertido tal como la deshidratación de fango convencional, la estabilización de fango convencional, la desinfección química u otras técnicas de tratamiento posterior.

Una tercera ventaja de la presente invención con respecto a la técnica anterior, es la posible eliminación del fango que se produce en la zona anaerobia/anóxica, que elimina la necesidad de eliminar el fango de la zona aerobia.

Una cuarta ventaja de la invención es principalmente la reducción de productos químicos orgánicos e inorgánicos, y las partículas sólidas del agua tratada, reduciendo el riesgo de eutrofización del receptor.

5 Una quinta ventaja de la invención es que el tiempo de residencia del fango en la zona de reacción anaerobia/anóxica aumenta, y por tanto está disponible más tiempo disponible para la compresión gravitacional del fango, tal como el volumen de fango resultante se reduce.

Una sexta ventaja de la invención es un menor requisito de oxígeno y, por tanto, una necesidad menor de consumo de energía para bombear aire al difusor de burbujas para liberar las burbujas de oxígeno bajo la zona aerobia.

Una séptima ventaja de la invención es conseguir una calidad del agua mejorada usando menos energía.

10 Una octava ventaja de la invención es que, aunque la estructura de separación guía las partículas de biomasa descendentes producidas en la zona aerobia hasta la zona anaerobia/anóxica, la misma estructura de separación guía el agua que fluye hacia arriba desde la zona anaerobia/anóxica hasta la zona aerobia y evita que el oxígeno se difunda en la zona anaerobia/anóxica.

15 Una novena ventaja de la invención es que, debido a la buena calidad del efluente con concentraciones relativamente bajas de sólidos en suspensión, potencialmente se reducen las necesidades de tratamiento posterior, dependiendo del uso previsto del efluente. Esto dará como resultado una reducción en los costes de capital de los procedimientos de tratamiento posterior asociados con la menor necesidad de usar químicos en los procedimientos de tratamiento posterior.

20 Una décima ventaja de la invención es incluso aunque se produce biomasa en la zona aerobia superior del reactor, esta biomasa se transporta por gravedad hasta la zona anaerobia/anóxica inferior del reactor de tal forma que la descomposición principal del exceso de biomasa aerobia y la producción del fango residual se producen en la zona anaerobia/anóxica. El tiempo de residencia de la biomasa y el fango dentro de la zona de reacción inferior se puede controlar mediante una retirada periódica o continua de fango de la zona anaerobia/anóxica inferior y se puede adaptar de tal forma que haya tiempo suficiente para la compactación y la estabilización del fango. Esto dará como resultado un volumen de fango residual inferior, y también dará como resultado costes de tratamiento posterior menores asociados con la menor necesidad de tratamiento posterior y la menor necesidad de transporte del fango residual, ya que su masa es menor.

Otra ventaja adicional de la presente invención es que, en oposición a la técnica antecedente que necesita una salida de fango en la zona aerobia superior, la presente invención no requiere una salida para extraer fango de la zona aerobia.

30 El reactor de la invención está dispuesto para tratar agua tanto anaeróticamente/anóticamente como aeróticamente dentro de un único volumen de reactor. La técnica antecedente describe procedimientos de una sola línea de flujo para la depuración biológica de las aguas residuales que se introduce sucesivamente en zonas de tratamiento de forma diferente de la presente invención donde el reactor comprende un procedimiento integrado en el mismo volumen y donde la biomasa de la zona aerobia se dirige hacia la zona anaerobia/anóxica para un tratamiento adicional mediante la circulación hidrodinámica ventajosa autoimpulsada.

35 El tratamiento aerobio del agua residual de acuerdo con la técnica anterior puede ser un procedimiento que requiere mucha energía, en el que se forma una gran cantidad de fango aerobio. El tratamiento anaerobio/anóxico del fango puede requerir menos energía. Al combinar estos dos sistemas aerobio y anaerobio/anóxico en el mismo volumen de reactor y utilizando la gravedad para transportar los componentes seleccionados en las direcciones seleccionadas, se pueden obtener ventajas de ambos entornos y reducir al mismo tiempo las desventajas de cada sistema.

Leyendas de las figuras

La invención se ilustra en la figura adjunta, que en ninguna forma limita el alcance de la invención, quedando dicho alcance limitado solamente por las reivindicaciones.

45 La Figura 1 es una ilustración de una realización del reactor de acuerdo con la invención. La entrada de agua residual (1) se ilustra comprendiendo un distribuidor (11) de flujo de agua de alimentación. Se ilustra una posible salida de fango residual (21) desde la zona anaerobia/anóxica. Se muestra una salida de efluente (22) desde la parte superior de la sección superior de la zona aerobia. La zona de reacción anóxica/anaerobia inferior (31) puede incluir un medio (51) de fango activado y/o biopelícula. La zona de reacción aerobia superior (32) comprende medios de biopelícula (52). Una estructura de separación (4) está situada entre la zona de reacción aerobia superior y la zona de reacción anaerobia/anóxica inferior. En la realización ilustrada, tamices (6) superior e inferior están dispuestos para delimitar la zona de reacción aerobia superior (32). Un dispositivo difusor de burbujas (7) está situado sobre la estructura de separación (4) para liberar gas a la zona de reacción aerobia superior (32). Se puede situar una línea de recirculación (8). Se indica la dirección de flujo del agua de alimentación, y tiene un ángulo de inclinación (8) en la estructura de separación. Se han indicado las direcciones de flujo para mostrar algunos de los patrones de flujo dentro del reactor.

La Fig. 2 es una sección vertical a lo largo de la línea A-A' de una realización de la invención que tiene una estructura de separación (4) cónica dispuesta de forma concéntrica con un eje central del tanque reactor (0), y la horizontal

5 La Fig. 3 es bastante similar a la Fig. 2, salvo porque la estructura de separación está dispuesta asimétricamente, desplazada para colocarse más cerca de una de las paredes verticales.

La Fig. 4 ilustra una estructura de separación en forma de cúpula, y

La Fig. 5 ilustra una estructura de separación que comprende varias subestructuras de separación.

Realizaciones de acuerdo con la invención

10 La invención se describirá en referencia a las figuras adjuntas, aunque el alcance de la invención está limitado solamente por las reivindicaciones adjuntas. La presente invención presenta un reactor en el que el volumen del reactor permite un tratamiento anóxico/anaerobio, así como un tratamiento anaerobio realizados en dicho volumen. El tanque reactor (0) comprende entradas para el agua de alimentación (1) a tratar, y salidas para el efluente (22) y el fango (21). Las entradas (1) de agua de alimentación deben situarse en el extremo inferior del tanque reactor (0) de tal forma que el agua de alimentación atraviese el fango o los posibles medios de biopelícula (51) dispuestos en su interior. Esto es una ventaja, ya que el agua de alimentación proporcionará carbono a la zona de reacción anóxica/anaerobia (31). En consecuencia, el agua de alimentación se tratará en primer lugar en el interior de la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior (31).

20 En una realización de la invención, el agua de alimentación se distribuye a través de un distribuidor (11) de flujo de agua de alimentación de tal forma que el flujo de agua de alimentación se distribuye bien antes de fluir a través de la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior (31). Esto permitirá una buena distribución del carbono orgánico y las sustancias nutrientes en realizaciones en las que el agua de alimentación comprende carbono orgánico y sustancias nutrientes que se degradarán y consumirán mediante el material biológico anóxico/anaerobio de la zona de reacción inferior (31).

25 La zona de reacción anóxica/anaerobia inferior (31) puede incluir un fango activado, medios de biopelícula (51) u otros agentes biológicos para el tratamiento anóxico/anaerobio del agua de alimentación, así como para la estabilización del fango y de la biomasa en sedimentación procedentes de la zona de reacción aerobia superior (32). En una realización de la invención, se puede disponer una mezcla de fango activado y medios de biopelícula (51) para el tratamiento anaerobio/anóxico del agua de alimentación y el fango. Los mecanismos de reacción de la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior (31) son bien conocidos en la técnica, y por tanto no se describirán detalladamente en la presente solicitud. Existen varios mecanismos de tratamiento que pueden utilizarse, tal como una desnitrificación anóxica/anaerobia del fango en el interior de la zona de reacción inferior (31). Mediante el uso de un procedimiento de desnitrificación, el carbono orgánico contenido en el agua de alimentación, como se ha mencionado anteriormente, servirá como fuente de carbono para la reacción.

35 La zona de reacción inferior (31) está dispuesta por tanto para digerir y recoger el exceso de fango que sedimenta desde una zona de reacción superior (32) del reactor. El tiempo de residencia del fango dentro de la zona de reacción inferior (31) se puede controlar mediante una purga periódica o continua de fango a través de la salida de fango (21) y se puede adaptar de tal forma que haya tiempo suficiente para la estabilización del fango. Esto dará como resultado un volumen de fango inferior y por tanto también un volumen de fango reducido, lo que da como resultado una disminución en los costes del tratamiento posterior asociado con el tratamiento del fango.

40 Tras haber atravesado la zona de reacción anóxica/anaerobia (31), el agua de alimentación pasará por una estructura de separación (4), en la que la estructura de separación (4) tiene una variedad de funciones, incluyendo mantener la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior (31) separada de la zona de reacción aerobia superior (32), evitando la difusión del oxígeno desde la zona de reacción aerobia superior (32) hasta la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior (31), así como para dirigir el material biológico que sedimenta desde la zona de reacción superior (32) hacia la zona de reacción inferior (31).

45 Por encima de la estructura de separación (4) se encuentra la zona de reacción aerobia superior (32) anteriormente mencionada, en la que el agua de alimentación experimenta un tratamiento biológico aerobio. El tratamiento del agua de alimentación dentro de la zona de reacción aerobia superior (32) comprende un tratamiento biológico del agua de alimentación mediante el material biológico dispuesto en el interior de la zona de reacción aerobia (31).

50 La zona de reacción aerobia (32) puede comprender una pluralidad de medios de biopelícula (52) aireados que se mantienen en su sitio mediante tamices (6) gruesos, un lecho fluidizado que comprende medios de biopelícula, un lecho fijo que comprende medios, o cualquier otro procedimiento adecuado para soportar la biopelícula; todos estos deben considerarse comprendidos dentro del alcance de la presente invención. Los medios de biopelícula, como tal, se conocen en la técnica, y no son un objeto de la presente invención. A medida que se produce el tratamiento del agua de alimentación en la zona de reacción superior (32), crecerá biopelícula sobre los medios de biopelícula (52). La biopelícula resultante, después de haber alcanzado un tamaño suficiente, caerá o se desprenderá de los soportes (52) y el material biológico que ahora flota libremente sedimentará hacia la sección inferior del reactor. La estructura

de separación (4) está dispuesta para dirigir el material biológico en sedimentación hacia la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior (31) en la que el material biológico se unirá al fango incluido en la misma.

En la presente invención, la estructura de separación (4) puede tener más de una función, por tanto. Deberá mantener la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior separada de la zona de reacción aerobia superior, evitando la difusión del oxígeno desde la zona de reacción aerobia superior hasta la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior. Además, deberá dirigir el material biológico que sedimenta desde la zona de reacción superior hacia la zona de reacción inferior. El separador parcialmente abierto integra tanto la zona aerobia como las zonas anaerobias/anóxicas y controla el flujo hidrodinámico en el biorreactor de la invención. Al permitir la interacción mutua entre los procedimientos de fango activado anaerobio/anóxico en la zona anóxica/anaerobia y el procesamiento adicional de digestión/descomposición anaerobia/anóxica de la biomasa sedimentada dentro de la zona anaerobia/anóxica en la que el fango anaerobio utiliza la biomasa aerobia sedimentada como sustancias/nutrición para actividades biológicas, y la velocidad de producción de biomasa biológicamente anaerobia es significativamente inferior la velocidad de producción de fango aerobio, por lo tanto; la cantidad neta de fango y material sólido producido de esta forma se puede reducir significativamente en el reactor y en el agua efluente.

Los procedimientos microbianos dentro de la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior (31) pueden comprender, en una realización de la invención, un procedimiento de desnitrificación. Esto dará como resultado que los nitratos y nitritos del agua de alimentación se reduzcan para formar nitrógeno gaseoso. Otros procedimientos de reacción biológica anóxica/anaerobia pueden tener lugar, evidentemente, dentro de la zona de reacción inferior (31) de acuerdo con la invención. Otros ejemplos pueden incluir la degradación biológica de microcontaminantes orgánicos que frecuentemente constituyen un problema en los procedimientos de tratamiento del agua.

Los procedimientos microbiológicos dentro de la zona de reacción aerobia superior (32) pueden comprender, en una realización de la invención, la nitrificación de los compuestos del agua de alimentación, de tal manera que el amoníaco NH_3 reacciona para formar nitrito y nitrato.

Otros procedimientos de reacción biológica aerobia pueden tener lugar, evidentemente, dentro de la zona de reacción superior (32) de acuerdo con la invención.

Las proporciones volumétricas de las zonas de reacción inferior y superior (31, 32) entre sí se pueden seleccionar libremente de acuerdo con la composición del agua de alimentación y la reacción y calidad del efluente deseadas.

Tras haber atravesado la zona de reacción superior (32), el agua de alimentación ha experimentado tanto la reacción anóxica/anaerobia como la reacción aerobia dentro de un único volumen del reactor.

Para airear la zona de reacción aerobia superior (32) se dispone un difusor de burbujas (7) para liberar las burbujas que comprenden oxígeno de tal forma que se cumple la demanda biológica de oxígeno del agua de alimentación y puede tener lugar la reacción aerobia. El difusor de burbujas (7) puede tener cualquier constitución adaptada y se encuentran en la técnica numerosos ejemplos. En una realización de la invención, el difusor de burbujas (7) puede liberar burbujas que tienen un diámetro bastante pequeño, estando dispuestas de tal forma que no tengan un efecto de cizallamiento demasiado grande sobre la biopelícula incluida en la zona de reacción superior (32). Además, proporcionará una mayor superficie de contacto entre el oxígeno y la biopelícula en comparación con el uso de burbujas gruesas. Si es necesario, el difusor de burbujas (7) deberá estar también dispuesto para ser capaz periódicamente de proporcionar una gran cantidad de burbujas de tal forma que el medio de biopelícula dispuesto en la zona aerobia superior puede desprenderse del exceso de crecimiento de biopelícula y el exceso de biopelícula desprendida descenderá hasta la zona anaerobia/anóxica inferior.

Las burbujas de aire a través de la zona de reacción superior (32) puede dar adicionalmente como resultado un mezclado de la zona de reacción superior (32) garantizando que existe circulación de fluido dentro de la zona de reacción (32), lo que permite que se produzca el mezclado. Es importante garantizar que el volumen del reactor se utiliza de forma eficaz.

La estructura de separación (4) sirve a una pluralidad de funciones como se ha mencionado anteriormente. La forma del separador es de cierta importancia para garantizar que realizará las diferentes funciones de manera adecuada. El separador debe tener una forma ahusada hacia arriba o forma de domo de tal forma que el material biológico no se acumule en la cara superior de dicho reactor. El ángulo de inclinación de la estructura de separación (4) puede variar de acuerdo con el tamaño de los flóculos biológicos que sedimentan desde la zona de reacción superior (32) y de acuerdo con el régimen de flujo que se produce alrededor de la estructura de separación (4). La estructura de separación (4) puede tener, de acuerdo con una invención, un ángulo comprendido entre aproximadamente 20° y aproximadamente 70° . La estructura de separación (4) deberá impedir también el movimiento del fango anóxico/anaerobio dentro de la zona de reacción aerobia (32). Si el fango comprendido en la zona de reacción inferior (31) se arrastra a la zona de reacción aerobia superior, el reactor evidentemente funcionará menos bien, y esto producirá de forma indeseable un aumento significativo en la concentración de sólidos en suspensión del efluente. La estructura de separación (4) deberá tener además un tamaño y forma suficiente para impedir el movimiento de dicho fango anóxico/anaerobio. En correspondencia, la estructura de separación (4) deberá impedir que la difusión de oxígeno sea demasiado grande procedente de zona de reacción aerobia superior (32) hasta la

zona de reacción anóxica/anaerobia inferior (31). Evidentemente, se producirá cierto flujo descendente hacia la zona de reacción inferior (31) proporcionando de esta forma oxígeno a la zona anóxica/anaerobia, sin embargo, debido a la forma de la estructura de separación (4), la difusión de oxígeno será reducida. Así, la estructura de separación (4) funcionará como un separador hidrodinámico entre las zonas de reacción inferior y superior (31, 32), como control de la difusión del oxígeno, y como trampa de fango para evitar que el fango ascienda hasta la zona aerobia superior (32).

Entre las diferentes formas que se pueden considerar para la estructura de separación (4) están las formas de tipo techo ahusadas hacia arriba, o conos dirigidos hacia arriba, conos convexos dirigidos hacia arriba, y otras estructuras que tengan una superficie superior estanca que permita que la materia biológica que cae desde arriba se dirija de forma lateral descendente, dejando que el fluido de la zona anaerobia inferior pase hacia arriba, por el lado de dicha superficie superior de la estructura de separación (4). Sin embargo, cualquier geometría del separador deberá considerarse como comprendida dentro del alcance de la invención si realiza el guiado de la materia biológica de forma descendente hasta la zona anaerobia/anóxica evitando al mismo tiempo que el oxígeno se difunda hasta la zona anaerobia/anóxica a la vez que guía el flujo hacia arriba desde la zona anaerobia/anóxica. La estructura de separación (4), en una realización de la invención, estará dispuesta alrededor de un eje central del reactor, por favor, véanse las Figs. 1 y 2, aunque también se puede disponer más cerca de una primera pared del tanque que de una segunda pared opuesta, por favor, véase la Fig. 3. Otras realizaciones de la invención pueden usar una estructura de separación en forma de domo, tal como se ilustra en la Fig. 4. En otras realizaciones de la invención, se puede usar una pluralidad de estructuras de separación en paralelo en una matriz en el mismo reactor. Los huecos (d) entre las estructuras de separación (si se usan varias en paralelo) o entre el separador y la pared del tanque, deben ser lo suficientemente grande (más de 7 mm de los experimentos) para permitir los intercambios entre la masa aerobia que se mueve hacia abajo y el agua y otros fluidos que se mueven hacia arriba más allá del separador. Las estructuras de separación pueden cubrir 70 % - 90 % o más del área de sección transversal del reactor. El hueco (d) tampoco debe ser demasiado grande, debe ocupar menos del 25 % de la anchura del reactor para el tanque pequeño usado en el experimento de laboratorio, y menos para tanques de gran diámetro. Dado el funcionamiento del reactor en el que debe evitar el mezclado de las diferentes zonas de reacción (3), es además evidente que se deberá usar en la invención una velocidad de flujo ascendente del líquido superficial relativamente baja. La velocidad de flujo ascendente del líquido superficial deberá permanecer, por tanto, entre aproximadamente 0,001 cm/min y 3,5 cm/min, aunque se pueden prever velocidades de flujo más grandes.

Adicionalmente, se debe reducir la cantidad de materia biológica del efluente, ya que esto será, de acuerdo con la presente invención, la fuente más importante de sólidos en suspensión totales en el efluente. Si se tiene una velocidad de flujo demasiado grande, o si se tiene una acción de burbujeo demasiado violenta, esto podría dar como resultado un valor creciente de sólidos en suspensión totales en el efluente por arrastre del material biológico desde los medios de biopelícula.

El patrón de flujo dentro del reactor es en realidad algo más complicado que la mera salida de agua desde la parte inferior del reactor hacia la salida de efluente situada en la parte superior del reactor. Existirá un retromezclado debido al movimiento de sedimentación del material biológico aerobio, existirá un patrón de flujo complejo alrededor del separador, en el que el agua de alimentación que ha fluido más allá de la estructura de separación (4) pasará cerca de la pared del reactor, y el agua de retorno desde la parte superior del reactor pasará a lo largo de las placas del separador en dirección descendente hacia la zona de reacción inferior (31). También se producirá una mezcla de ambas zonas de reacción superior (32) e inferior (31). Este mezclado y el flujo de retorno en el interior del reactor dará como resultado que el agua de alimentación pasará varias veces desde la zona de reacción inferior (31) hasta la zona de reacción superior (32) antes de salir del reactor como efluente tratado. Si se necesita una línea de recirculación (8), esta se puede disponer además de tal forma que el efluente es se recircule de vuelta a la entrada de agua residual (1) para tratamiento adicional. El porcentaje de efluente a recircular se puede variar de acuerdo con la necesidad y el grado de tratamiento deseado del agua de alimentación. Las mediciones de, entre otros, el contenido de amoníaco y la demanda de oxígeno, pueden estar entre los parámetros que afectan el grado de recirculación.

Esto se ha mencionado a través de las zonas de reacción superior e inferior (3), como se muestra en la figura 1 de la presente solicitud. Aunque se ha mostrado como principalmente vertical, es evidente que el reactor como tal puede estar inclinado siempre que haya suficiente inclinación vertical del reactor para permitir que el material biológico de la zona de reacción superior (32) sedimente hacia la zona de reacción inferior (31). Para construir un reactor inclinada como se ha descrito anteriormente, es evidente que la estructura de separación (4) deberá modificarse también para adaptarla a la disposición modificada del reactor.

El reactor que se ha descrito en la presente invención se puede operar en modo continuo o discontinuo, de acuerdo con las especificaciones de operación del tratamiento del agua de alimentación.

Así, la presente invención describe tanto un reactor como tal, y un procedimiento para tratar el agua de alimentación contaminada de tal forma que se puede tratar posteriormente para que el agua vertida sea de alta calidad, adecuada para tratamiento secundario y terciario, o adicionalmente para cumplir con las normas de reutilización de aguas residuales.

Realizaciones ilustrativas de la invención

El reactor de acuerdo con la invención se ha verificado experimentalmente en un reactor biológico a escala de laboratorio para evaluar el grado de control de los sólidos en suspensión y la reducción en la cantidad de fango aerobio en exceso. El reactor biológico y la estructura de separación se construyeron a partir de acrílico transparente de alta calidad. Medios de biopelícula fabricados de HDPE, se introdujeron en la zona aerobia superior, donde las fracciones de llenado de los medios de biopelícula de aproximadamente un 50 % del volumen de la cámara proporciona áreas de superficie específica de $250 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Los medios de biopelícula se conformaron como cilindros cortos que tienen aletas internas cruzadas y externas onduladas. El caudal de aire para la aireación de la cámara de biopelícula fue de 1 l/min. La cámara de biopelícula se rodeó con placas perforadas con orificios de 5 mm de diámetro dispuestas para retener los medios. El fango activado anaerobio se introdujo en la cámara inferior. Las concentraciones de sólidos en suspensión totales del fango activado anaerobio estaban en un intervalo de 6,2-8,7 g/l con un tiempo de retención de sólidos (SRT) de 21 días. Los volúmenes eficaces de la cámara de biopelícula aerobia y la zona de fango activado anaerobio de la invención fueron de aproximadamente 1,6 l y aproximadamente 2,2 l, respectivamente. La zona de biopelícula aerobia y la zona de fango activo anaerobio de la invención contribuyen teóricamente con aproximadamente un 33 % y 66 % al tiempo de retención hidráulico total, respectivamente. El flujo líquido de agua residual pasó más tiempo de retención hidráulico en la cámara de fango activado anaerobio. Las velocidades superficiales del líquido en el reactor biológico vertical inventado estaban en el intervalo de aproximadamente 0,05 a aproximadamente 0,1 cm/min. La placa divisora que constituye la estructura de separación (4) usada en el experimento de laboratorio de acuerdo con la invención cubrió aproximadamente un 88 % del área de la sección transversal del reactor, y tenía una forma de techo con un ángulo de pendiente de 380 grados con la horizontal. La separación entre los bordes de la estructura del separador y las paredes de separación del reactor fue de 7 mm.

El experimento estaba destinado a investigar la estrategia para controlar las concentraciones de sólidos en suspensión totales. Se determinó el efecto de las velocidades de líquido ascendentes y los tiempos de retención hidráulicos (TRH) sobre las concentraciones de sólidos en suspensión. El agua residual municipal de la comunidad de Trondheim utilizada se pretrató mediante sedimentación por gravedad, y a continuación el sobrenadante del decantador se bombeó al reactor biológico. Se usó una bomba peristáltica MasterFlex informatizada con un control de velocidad de $\pm 0,25 \%$ para controlar el caudal de las aguas residuales. Se usaron una tarjeta National Instrument DAQ: USB 6210 y LabVIEW 8.2 para la adquisición de los datos experimentales.

30 Efecto de las velocidades de ascensión de líquido y los tiempos de retención hidráulicos (TRH) sobre la calidad del efluente del reactor biológico vertical

Las concentraciones de sólidos en suspensión totales (SST) y las características orgánicas residuales del efluente del reactor biológico inventado dependen de las velocidades de ascensión del flujo de líquido de la invención. Se usaron velocidades superficiales de ascensión de líquido bajas de 0,099 cm/min a un TRH de 5,2 h y 0,062 cm/min a un TRH de 8,3 h. La Tabla 1 muestra las características promedio de las aguas residuales y los efluentes del reactor biológico vertical para TRH de 5,2 y 8,3 horas. La concentración de sólidos en suspensión totales, FCOD, y la turbidez en los efluentes para un TRH de 8,3 h fue significativamente inferior que los valores para un TRH de 5,2 h. Para un TRH de 8,3 h o la velocidad de ascensión de 0,062 cm/min, la concentración de SST promedio se redujo a 14,3 mg/l que era muy baja comparada con los efluentes típicos de aproximadamente 200 mg/l para la biopelícula reactiva y 350 mg/l para el reactor biológico de fango activado con un sedimentador de partículas. La eliminación del color, DQO, amoníaco, nitrógeno total, y absorbancias UV en los efluentes para un TRH de 5,2 y 8,3 h fueron relativamente similares. Se consiguieron elevadas tasas de eliminación de sólidos en suspensión y turbideces para un TRH de 8,3 horas, que fueron del 87,5 % y el 92 % para el rechazo de sólidos en suspensión y el rechazo de la turbidez del reactor biológico inventado, respectivamente. El efluente del reactor de acuerdo con la invención para un TRH de 8,3 horas fue mucho más transparente que el de la TRH de 5,2 horas. La reducción en la conductividad de la Tabla 1 muestra que la parte anaeróbica extrajo principalmente las sales inorgánicas del afluente de aguas residuales. Los valores de SUVA a 254 y la absorbancia espectral específica a 436 nm en el efluente para un TRH de 8,3 horas fueron diferentes de los obtenidos para el afluente y los del efluente para un TRH de 5,2 horas. Los incrementos en los valores de SUVA se refieren a determinados cambios moleculares de las sustancias orgánicas tras las biodegradaciones en el reactor biológico inventado.

Tabla 1. Características promedio del agua residual afluente y tasas de eliminación en los efluentes del reactor biológico vertical para un TRH de 5,2 y 8,3 hora

Característica	Afluente al biorreactor	Efluente del biorreactor			
		TRH de 5,2 h		TRH de 8,3 h	
		Valor	% Eliminación	Valor	% Eliminación
Demanda química de oxígeno - DQO (mg O ₂ /l)	273,4	89,7	67,2	56,1	79,5
Demanda química de oxígeno filtrada FCOD (mg O ₂ /l)	135,2	52,4	61,2	27,6	79,6
Sólidos en suspensión totales- SST (mg/l)	114,7	46,1	59,8	14,3	87,5
Carbono orgánico total -COT (mg/l)	73,6	27,2	63,0	19,9	73,0
Carbono orgánico disuelto -COD (mg/l)	42,4	17,8	58,0	13,1	69,1
Turbidez (NTU)	89,3	19,6	78,1	7,1	92,0
N-NH ₃ (mg/l)	29,7	22,5	24,2	21,2	28,6
Nitrógeno total (TKN) (mg/l)	41,3	34,2	17,2	28,6	30,8
Absorbancia UV a 254 nm - UV ₂₅₄ (m ₁)	-	28,6	32,2	27,3	35,3
Absorbancia espectral 436 nm -UV ₄₃₆ (m ⁻¹)	2,1	1,8	14,3	1,6	23,8
Absorbancia UV específica a 254 nm -SUVA a 254 nm (l/m.mg)	0,99	1,6	-	2,0	-
Absorbancia espectral específica a 436 nm (l/m.mg)	0,050	0,101	-	0,122	-
Conductividad (mS/cm)	1016	804	-	781	-
pH	7,34	8,15	-	8,29	-
Color (mg Pt/l)		56,4	-	47,1	-

- 5 La reducción en el volumen de fango aeróbico en exceso en una realización del tanque reactor de acuerdo con la invención se evaluó preliminarmente pro un procedimiento convencional. Las comparaciones entre las tasas de acumulación de fango (altura) del fango en exceso que cae de la zona aerobia superior hasta la zona anóxica/anaerobia inferior con y sin la estructura de separación se puede utilizar razonablemente en este ensayo preliminar. Sin la estructura de separación, no se establecen condiciones anóxicas en la zona inferior debido a la
- 10 difusión de oxígeno hacia abajo. La altura de fango en la zona anaerobia inferior sin la estructura de separación aumentó con la velocidad promedio (en 8 días) en aproximadamente 1,2 cm/día, y los flocos de fango sedimentado tenían una densidad de empaquetamiento baja. Sin embargo, tras instalar la estructura de separación, se establecieron condiciones anaerobias en la zona anaerobia inferior. Las características del fango cambiaron, donde el color del fango fue notablemente más oscuro con mayor densidad del fango acumulado. Después del tercer día se
- 15 descubrió un ligero aumento en el nivel de fango de la cámara. La velocidad de aumento promedio de la altura de fango con el separador fue aproximadamente 13-16 veces menor que la velocidad de aumento sin la presencia de una estructura de separación y condiciones de digestión anaerobia.

De acuerdo con el reactor de la presente invención, la producción de fango total será inferior que con procedimientos comparables de acuerdo a los de la técnica antecedente. Esto es importante, porque la gestión del fango es costosa

20 para convertir el fango resultante en un producto que se pueda desechar. Existirá, sin embargo, menos necesidad de bombeo de fango ya que el fango aerobio en exceso de la zona de reacción superior (32) simplemente sedimentará en la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior para formar parte del fango comprendido en la misma. El diseño del reactor permitirá un tiempo de residencia del fango más prolongado, lo que reduce adicionalmente el volumen de fango aerobio en exceso, y reduce por tanto el coste de la gestión del fango.

25 Debido al patrón de flujo del reactor, en el que el flujo se dirige fundamentalmente hacia arriba, el agua de alimentación pasa en primer lugar a través de la zona de reacción anóxica/anaerobia inferior, el efluente resultante del reactor tender un contenido de sólidos en suspensión totales menor que en los procedimientos comparables de la técnica antecedente. Esto permite una pluralidad de beneficios, entre los cuales, menos problemas de obstrucciones en la zona de reacción aerobia (32), evidentemente, menos cantidad de sólidos en suspensión totales

30 en el efluente que pueden necesitar tratamiento adicional del efluente y especialmente habrá menos necesidad de aireación de la zona de reacción aerobia (32). Como la mayor parte del coste de energía asociado con la gestión del agua de alimentación se debe a la necesidad de bombear aire para satisfacer la demanda biológica de oxígeno del

- agua de alimentación, el ahorro de utilizar un reactor de acuerdo con la presente invención es notable. Otros beneficios del reactor de acuerdo con la presente invención incluyen menos necesidad de tratamiento posterior del agua y menos consumo de productos químicos durante el tratamiento posterior del efluente. Esto es de especial interés desde el punto de vista ambiental. El reactor es de especial interés cuando se aplica a la gestión de aguas residuales municipales o industriales. Los volúmenes de agua de alimentación que se deben tratar en dichas aplicaciones son muy grandes, por tanto, existe un incentivo importante para reducir todos los costes asociados con la gestión de dichas aguas de alimentación. Otras aplicaciones incluyen el tratamiento en aplicaciones específicas de aguas de bebida, o el tratamiento de agua de alimentación procedente de aplicaciones de la agricultura o acuicultura.
- 5
- 10 Una pluralidad de reactores de acuerdo con la invención se puede disponer en paralelo de tal forma que una planta de agua de alimentación puede tratar grandes volúmenes de agua de alimentación. Una disposición modular tiene numerosas ventajas, facilitando la inspección y la sustitución de elementos estropeados o de tanques completos. En la realización en la que los reactores están dispuestos verticalmente principalmente, esto puede permitir que una planta de agua de alimentación tenga una huella pequeña, reduciendo adicionalmente las necesidades de superficie y, por tanto, los costes de capital de la planta.
- 15
- El reactor como tal se puede usar para el tratamiento biológico de cualquier agua de alimentación tal como, por ejemplo, aguas residuales industriales y municipales. La composición biológica tanto del fango comprendido dentro de la zona de reacción inferior (31) y la composición de la zona de reacción superior (32) es muy adaptable para ajustarse a las necesidades de tratamiento de una amplia variedad de composiciones de aguas residuales.
- 20
- El reactor de acuerdo con la invención también puede usarse en barcos. En muchas partes del mundo, la descarga de aguas residuales no es aconsejable o está incluso prohibida debido a la legislación ambiental. Un barco que deje e puerto con un tanque reactor de acuerdo con la invención puede tratar las aguas residuales de las actividades de pasajeros y tripulación en el tanque del reactor mientras navega, descargando o purificando adicionalmente el efluente en la planta según necesidad, y manteniendo el fango. El fango producido será tendrá un volumen mucho más pequeño que el agua residual. Cuando llegue al puerto, el fango recogido se puede retirar del tanque y transportarse a una instalación terrestre, reduciendo significativamente de esta forma la contaminación del agua durante la travesía del barco.
- 25

REIVINDICACIONES

1. Un tanque reactor (0) para el tratamiento biológico de agua de alimentación, en el que dicho tanque reactor (0) comprende un único volumen de reactor en el que el agua de alimentación se somete a tratamiento tanto en una zona de reacción anóxica/anaerobia (31) inferior como en una zona de reacción aerobia (32) superior que están parcialmente separadas por una estructura de separación (4), comprendiendo dicho tanque de reacción una o más entradas (1) de agua de alimentación dispuestas en la zona de reacción anóxica/anaerobia (31) inferior de dicho tanque reactor (0), y una o más salidas (22) del efluente en la zona de reacción aerobia (32) superior de dicho tanque reactor (0), y en el que dicha estructura de separación (4) está dispuesta para permitir el paso ascendente del fluido desde la zona de reacción anóxica/anaerobia (31) inferior hasta la zona de reacción aerobia (32) superior, a la vez que evita parcialmente que entre el oxígeno en la zona de reacción anaerobia/anóxica (31), teniendo además dicha estructura de separación (4) una superficie superior generalmente inclinada dispuesta para guiar dicha materia biológica liberada desde la zona de reacción aerobia (32) superior hasta la zona de reacción anaerobia/anóxica (31) inferior para el procesamiento adicional de dicha materia biológica y recogida del fango, dicha zona de reacción aerobia (32) superior está provista de medios de biopelícula (52) aireada para formar sustratos para el crecimiento y la liberación de la materia biológica,
- caracterizado porque**
dicho tanque reactor comprende además una salida de fango (21) desde dicha zona de reacción anóxica/anaerobia (31) inferior de dicho tanque reactor (0) mediante la cual el tiempo de residencia del fango en la zona de reacción anaerobia/anóxica (31) inferior se puede controlar mediante una purga periódica o continua de fango a través de la salida de fango (21), se dispone una línea de recirculación (8) para recircular al menos una parte del efluente procedente de la zona de reacción aerobia (32) superior del tanque reactor (0) hasta la zona anóxica/anaerobia (31) inferior del reactor, y un difusor de burbujas (7) dispuesto para proporcionar periódicamente una gran cantidad de burbujas, de tal forma que el medio de biopelícula dispuesto en la zona aerobia superior pueda desprenderse del exceso de crecimiento de biopelícula y el exceso de biopelícula desprendida descenderá hasta la zona anaerobia/anóxica (31).
2. El tanque reactor (0) de la reivindicación 1 en el que dicha zona de reacción aerobia (31) inferior comprende un fango activado para la descomposición anaerobia/anóxica de la materia biológica o biomasa procedente de la zona de reacción aerobia (32) superior.
3. El tanque reactor (0) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dichos medios de biopelícula (52) aireados reciben oxígeno mediante inyección de aire a través de un difusor de burbujas (7) situado bajo dicha zona de reacción aerobia (32).
4. El tanque reactor (0) de la reivindicación 1, 2 o 3, en el que dichos medios de biopelícula (52) están dispuestos para liberar dicho material biológico en una dirección generalmente descendente tras la finalización de un ciclo de crecimiento sobre los medios de biopelícula (52).
5. El tanque reactor (0) de la reivindicación 4 en el que dichos medios de biopelícula (52) están dispuestos para ser fluidificados en la zona de reacción aerobia (32) superior.
6. El tanque reactor (0) de la reivindicación 5 en el que dichos medios de biopelícula (52) están dispuestos para ser restringidos mecánicamente en el interior de la zona de reacción aerobia (32) superior.
7. El tanque reactor (0) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho difusor de burbujas (7) está dispuesto para liberar burbujas que tienen un diámetro pequeño.
8. El tanque reactor (0) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, comprendiendo dicha estructura de separación (4) un montaje de dos o más subestructuras de separación (41).
9. Un procedimiento de tratamiento biológico de agua de alimentación en un tanque reactor (0) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende recibir dicha agua de alimentación a través de una o más entradas (1) de agua de alimentación en una zona de reacción anaerobia/anóxica (31) inferior de dicho tanque reactor (0), dejar que los efluentes fluyan a través de una o más salidas (22) de efluente en una zona de reacción aerobia (32) superior de dicho tanque reactor (0), sometiéndose dicha agua de alimentación a tratamiento tanto en dicha zona de reacción anóxica/anaerobia (31) inferior como en dicha zona de reacción aerobia (32) superior que están parcialmente separadas por una estructura de separación (4), airear dicha zona de reacción aerobia (32) superior, permitiendo dicha estructura de separación (4) el paso ascendente del fluido desde la zona de reacción anóxica/anaerobia (31) inferior hasta la zona de reacción aerobia (32) superior, a la vez que evita parcialmente que entre el oxígeno en la zona de reacción anaerobia/anóxica (31), una superficie superior de dicha estructura de separación (4) que guía dicha materia biológica liberada desde dicha zona de reacción aerobia (32) superior hasta la zona de reacción anaerobia/anóxica (31) inferior que procesa adicionalmente dicha materia biológica,

- caracterizado porque** dicha zona de reacción aerobia (32) superior está provista de sustratos de formación de medios de biopelícula (52) para el crecimiento y la liberación de materia orgánica, y permitiendo que el fango recogido en dicha zona de reacción anaerobia/anóxica (31) inferior abandone dicho tanque reactor (0) de forma periódica o continua a través de una salida de fango (21) desde dicha zona de reacción anóxica/anaerobia (31) inferior de dicho tanque reactor (0), el tiempo de residencia del fango dentro de la zona de reacción anaerobia/anóxica (32) inferior se puede controlar.
- 5
10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9 en el que dicho tratamiento biológico comprende un procedimiento de nitrificación en dicha zona de reacción aerobia (31), y un procedimiento de desnitrificación en dicha zona de reacción anóxica/anaerobia (32).
- 10
11. El procedimiento de la reivindicación 9 o 10, en el que dicha zona de reacción aerobia (31) inferior comprende fango activado.
12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, 10 u 11, que comprende además airear dicha zona de reacción aerobia (32) superior con un difusor de burbujas (7).
- 15
13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dicho difusor de burbujas (7) libera burbujas que tienen un diámetro pequeño.
14. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que dichos medios de biopelícula (52) aerobios son circulados en el interior dicha zona de reacción aerobia (32) superior.
- 20
15. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, en el que dicha velocidad de flujo ascendente del líquido superficial de flujo ascendente del líquido superficial en el interior de dicha zona de reacción anóxica/anaerobia está en el intervalo de aproximadamente 0,0005 cm/s a aproximadamente 4 cm/s.
16. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, en el que al menos una parte de dicha corriente efluente se recircula mediante una conducción de recirculación (8) para un tratamiento adicional dentro de dicho tanque reactor (0).
- 25
17. Uso de un reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 para el tratamiento de una corriente de aguas residuales municipales.
18. Uso de un reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 para el tratamiento de una corriente de aguas residuales industriales.
19. Uso de un reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 para el tratamiento de una corriente de aguas residuales agrícolas.
- 30
20. Uso de un reactor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 para el tratamiento de una corriente de aguas residuales de acuicultura.

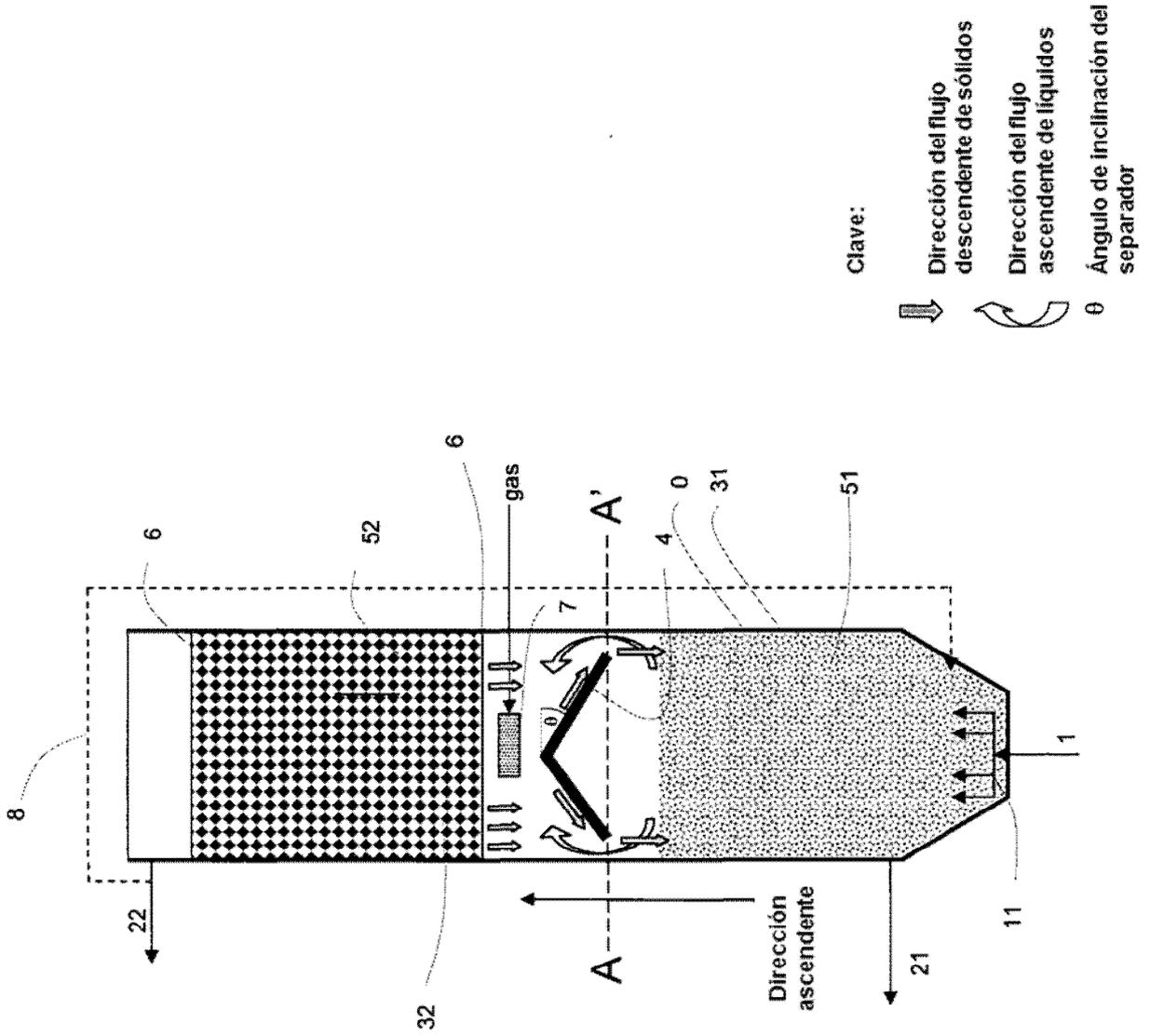


Fig. 1

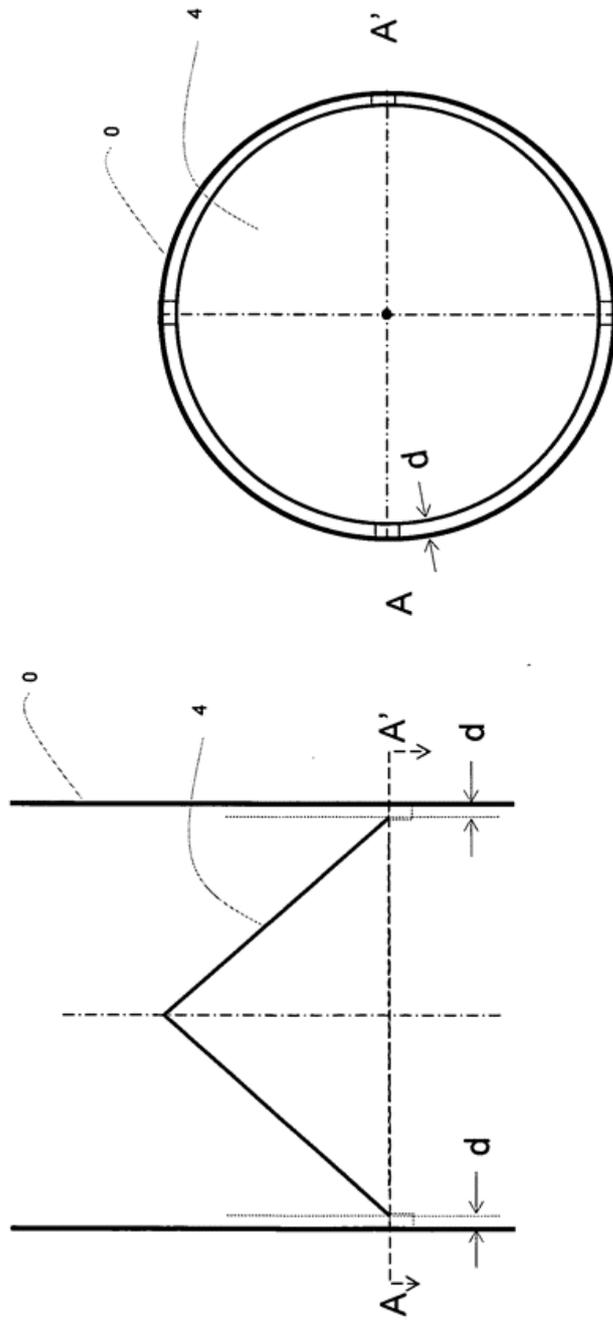


Fig. 2

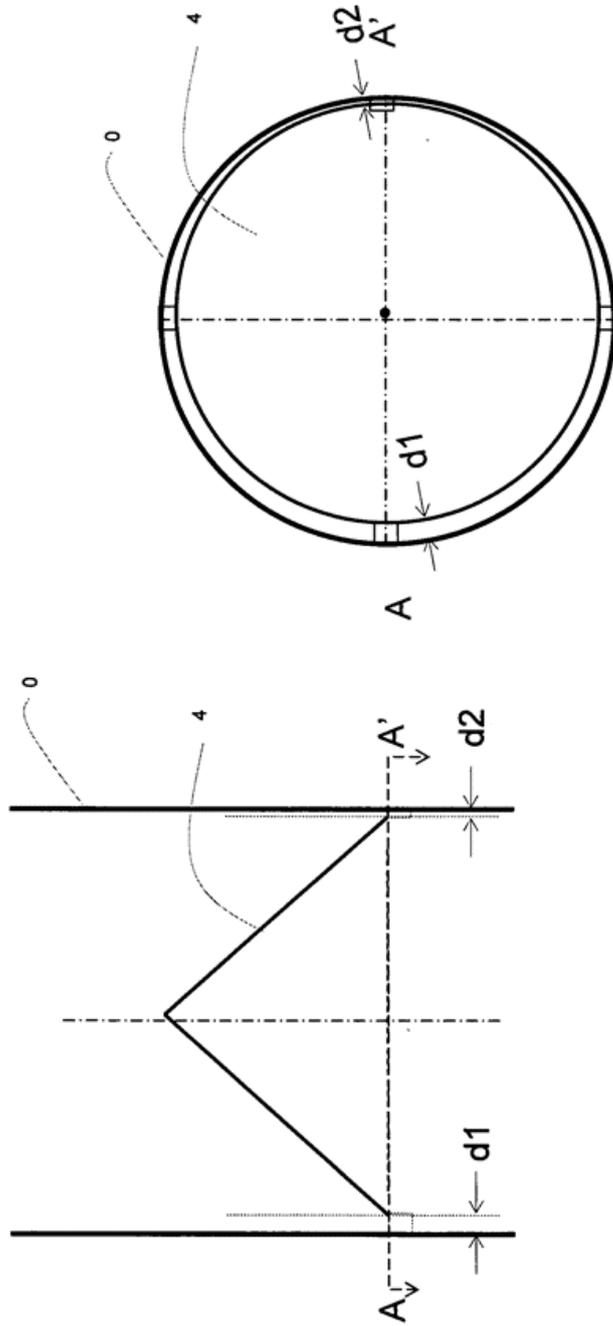


Fig. 3

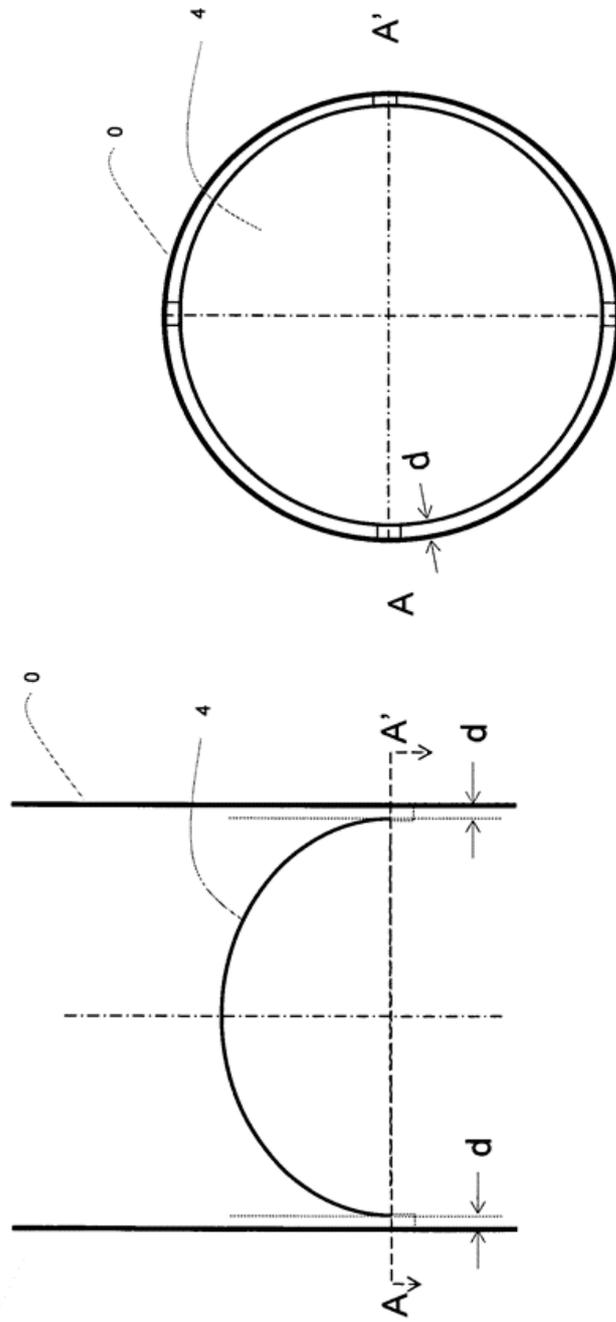


Fig. 4

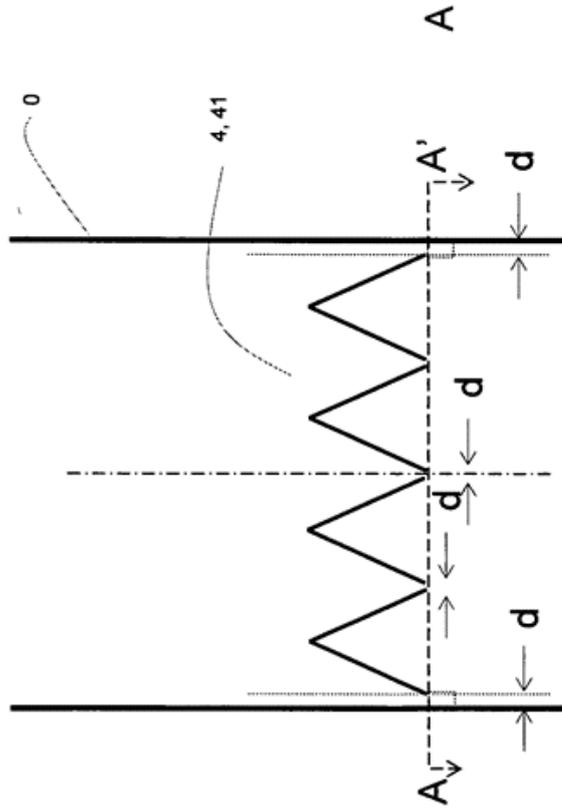


Fig. 5