

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 398**

51 Int. Cl.:

C02F 3/30 (2006.01)

C02F 3/34 (2006.01)

C02F 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2008 E 08019792 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2012 EP 2067750**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el tratamiento de aguas residuales con alto contenido de nitrógeno y bajo contenido de DBO5, especialmente aguas de vertederos**

30 Prioridad:

27.11.2007 DE 102007056996

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

15.03.2013

73 Titular/es:

**LAMBDA GESELLSCHAFT FÜR GASTECHNIK
MBH (100.0%)
Hertener Markt 3
45699 Herten, DE**

72 Inventor/es:

**DENECKE, MARTIN;
REKERS, VOLKER y
WALTER, UWE**

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 398 398 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 para el tratamiento de aguas residuales con alto contenido de nitrógeno y bajo contenido de DBO₅, especialmente aguas de vertederos

5

La invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de aguas residuales, especialmente aguas de vertederos. Se trata de un proceso en dos fases, donde el agua residual, en una primera fase, se mezcla con un lodo activado, y el amonio contenido en el agua residual se oxida parcialmente para después, en una segunda fase, ser transformado en nitrógeno gaseiforme.

10

Las composiciones similares a las de aguas de vertederos se encuentran en parte de los chorros en instalaciones de clarificación, así como en aguas procesadas en el tratamiento de desechos biológicos.

15

En el tratamiento de aguas residuales desempeña un papel central la eliminación del nitrógeno, porque el nitrógeno puede ocasionar daños a las aguas y al medio ambiente, por ejemplo, por fertilización en exceso, consumo de oxígeno y toxicidad. El nitrógeno llega a las aguas residuales a través de excreciones humanas, aplicaciones industriales (ácido nítrico), o por instalaciones de tratamiento biológico, a través de la descomposición de compuestos orgánicos en el agua residual. Esto vale también para vertederos en los cuales surge agua infiltrada altamente cargada de nitrógeno. La composición del agua infiltrada de un vertedero está sometida tanto a variaciones a corto plazo, por ejemplo debido a precipitaciones extremas que rebajan fuertemente el agua infiltrada, como también a cambios a largo plazo, dependientes del funcionamiento y el desarrollo del vertedero en cuestión. Aquí se deben mencionar el grado de cobertura, la técnica de montaje, la antigüedad del vertedero y efectos semejantes. La relación entre nitrógeno y DQO (demanda química de oxígeno) degradable en el agua infiltrada, cambia cuanto mayor sea la antigüedad del vertedero. Mientras más antiguo sea un vertedero, tanto menor será la parte de DQO degradable en el agua infiltrada. El nitrógeno se presenta en el agua residual mayormente como nitrógeno de amonio (NH₄-N).

25

En "New Concepts of microbial treatment process for the nitrogen removal in Wastewater" - FEMS Microbiology Review 27 (2003), de Ingo Schmidt y otros, páginas 481-492, se describen los procedimientos conocidos de nitrificación parcial según el estado de la técnica, SHARON, Anammox y Canon. En la nitrificación parcial el amonio es oxidado a nitrito, con lo cual debe evitarse la oxidación a nitrato. En el procedimiento Sharon se aprovechan las diferentes tasas de incremento de los oxidantes de amonio y los oxidantes de nitrito a más de 26°C. El procedimiento Anammox se basa en una oxidación anaerobia del amonio, donde el nitrito junto con el amonio se reduce a nitrógeno atmosférico. El procedimiento Canon es una combinación de nitrificación parcial con el procedimiento Anammox en un solo reactor ventilado.

30

El documento US 6589425 B1 describe un procedimiento para el tratamiento de aguas residuales fuertemente cargadas con amonio, en el que los microorganismos nitrificantes son colocados en presencia de una sustancia sustentadora en suspensión, con una superficie específica de > 20m²/g.

35

En el documento DE 43 39 630 C1 se describe que la nitrificación es postconectada preferentemente a una reducción o eliminación de DBO₅/DQO, para preparar la fuente inorgánica de carbono y con esto las condiciones del medio necesarias para los nitrificantes. La desnitrificación, o sea, la reducción de nitrato (NO₃-N) a nitrógeno elemental (N₂) es un proceso de reducción que presupone condiciones anóxicas en las aguas residuales. En el agua residual no puede haber ningún oxígeno disuelto. Al mismo tiempo, en los procedimientos practicados según el estado de la técnica deben existir sustancias orgánicas biológicamente reducibles, como donantes de H. Si estas han sido eliminadas antes en la eliminación de DBO₅/DQO, surgen problemas por ese motivo, porque entonces las fuentes orgánicas de carbono ya no existirán o no serán suficientes.

45

Según el estado de la técnica se pueden incorporar bacterias a los procesos antes mencionados, tanto en forma de una biología de suspensión (procedimiento de lodo activado), como en forma de una biología de lecho fijo. En el procedimiento de lodo activado la biomasa es mantenida en suspensión. Un procedimiento tal exige una retención de la biomasa, por ejemplo, sobre una cuenca de sedimentación, para a continuación llevar la biomasa, con altas tasas de recirculación, de vuelta al reactor de lodo activado, y así poder conseguir una antigüedad del lodo lo más alta posible. Sólo una pequeña parte es retirada en forma de lo que se llama lodo excedente.

50

En el procedimiento de lecho fijo se disponen superficies de crecimiento para los microorganismos, de modo que no se requiere obligatoriamente una cuenca de sedimentación. Con el fin de poner a disposición la fuente orgánica de carbono necesaria para la desnitrificación, en procedimientos en varias fases sería básicamente posible llevar, hasta la cuenca de desnitrificación, un chorro parcial desde el reactor que sirve para la reducción de DBO₅/DQO. Sin embargo, aquí existe el peligro de que se lleve demasiada carga orgánica a la cuenca de desnitrificación, y que así ya no se pueda lograr un agua de desagüe limpia.

55

60

Una purificación biológica de las aguas residuales en un único reactor debería, primero, contener un grado de nitrificación con suministro de oxígeno, y después – tras desconectar un suministro de aire – contener una desnitrificación, lo que requiere un uso considerable de la medición y regulación. De ahí que en el DE 43 39 630 C1, para la simplificación de la técnica del procedimiento, se proponga un procedimiento de lecho fijo, para la reducción simultánea de la demanda biológica y química de oxígeno, para la nitrificación y desnitrificación del agua residual mediante la ventilación intermitente de al menos un reactor de lecho fijo, en tanto que el agua residual, durante un primer intervalo de tiempo, es ventilada en el reactor para la reducción de DBO₅ y DQO hasta la nitrificación, y después, durante un segundo intervalo de tiempo, el reactor es alimentado con nueva agua residual, y durante la alimentación del reactor con nueva agua residual se desconecta la ventilación, al menos temporalmente. Para realizar los procedimientos en esta forma deben cumplirse las siguientes condiciones:

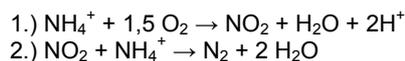
- Suficiente ventilación para la nitrificación,
- Suficiente antigüedad del lodo para la nitrificación,
- Suficiente contenido de DQO reducible para la desnitrificación.

Si el agua residual no contiene la cantidad necesaria de DQO reducible, esta se debe añadir. Mientras el contenido de DQO reducible en la purificación biológica de aguas residuales comunales es casi siempre lo bastante alto para la desnitrificación, en otros casos, por ejemplo, el agua infiltrada de vertederos, hay que añadir siempre DQO reducible, por ejemplo en forma de metanol o ácido acético. La DQO reducida en el marco de la desnitrificación produce lodo excedente que debe ser tratado o eliminado. La desventaja de un tratamiento en dos fases a través de una nitrificación y una posterior desnitrificación, radica en que para la ventilación requiere un alto gasto de energía, hay que emplear DQO reducible y se produce lodo excedente.

En la EP 0 826 639 B1 se describe un procedimiento para el tratamiento biológico de agua residual rica en amonio, donde en al menos un reactor que tiene una temperatura mínima de 25°C, se conduce el agua residual a través de este reactor, con una población conseguida por selección natural sin lodo, donde en un primer paso se crea mediante adición de oxígeno un agua residual rica en nitrito, y de ser necesario, el agua residual rica en nitrito así obtenida se somete a un segundo paso, en el cual no se adiciona ningún oxígeno. Para la desnitrificación se usa una fuente de carbono como el metanol, donde el tiempo de contacto entre el agua residual rica en amonio y las bacterias nitrificantes es cuando más de aproximadamente 2 días, y el valor de pH del medio se establece, mediante adición de la mencionada fuente de carbono, en un valor entre 6,5 y 8,5. El lodo excedente, formado por el incremento de las bacterias nitrificadoras y desnitrificadoras, y el flujo formado por la desnitrificación, son extraídos. La demanda de la fuente de carbono (por ejemplo, metanol) durante el tratamiento, se controla como función de la cantidad de desarrollo de calor en el reactor.

Es un objeto de la presente invención, a partir del estado de la técnica antes mencionado, proporcionar un procedimiento y un dispositivo que sean manejables en forma sencilla y sin gran gasto, y que evite las desventajas antes mencionadas.

Este objeto se alcanza mediante el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que consta de un proceso en dos fases, en el que el agua residual, en una primera fase, se mezcla con lodo activado, y estableciendo una temperatura entre 28 °C y 39 °C y/o un contenido de oxígeno entre 0,01 mg/l y 0,4 mg/l, el amonio contenido en el agua residual es oxidado en parte (como máximo en un 50%) hasta nitrito; y después, en una segunda fase con exclusión de oxígeno, la fase acuosa que contiene nitrito y amonio, separada del lodo activado, reacciona hasta nitrógeno en uno o varios reactores de lecho fijo de carbono activo. En este procedimiento se parte de la idea fundamental de que la oxidación del amonio en la primera fase no se realiza totalmente hasta nitrato, sino sólo hasta nitrito, y el amonio todavía existente o añadido reacciona bajo condiciones anaerobias con el nitrito hasta nitrógeno molecular. Este cambio a nitrógeno molecular sólo pueden catalizarlo tipos de bacterias especiales que pertenecen a la especie de los planctomicetos, donde la relación en volumen entre el carbono activo introducido y los gránulos que contienen los planctomicetos es de 100:1 y 10:1. De este modo, en la primera y segunda fase tienen lugar las siguientes reacciones:



La segunda ecuación pone también de manifiesto que para la eliminación del amonio no es necesario ningún carbono. Realizar el procedimiento de esta forma tiene las siguientes ventajas:

- a) un ahorro de energía, porque sólo es necesaria una nitrificación parcial en la primera fase,
- b) no es necesario ningún carbono degradable y
- c) se produce sólo una escasa cantidad de lodo excedente.

Mediante la elección de una temperatura de funcionamiento entre 28°C y 39°C, la tasa de incremento de los oxidantes de amonio es mayor que la de los oxidantes de nitrito, de manera que proliferarán los oxidantes de nitrito y no se formará ningún nitrato adicional.

5 Otras posibilidades son la limitación del oxígeno mediante la cual se fomenta igualmente una formación de nitrito en vez de una formación de nitrato. En este caso se aprovecha la concentración de saturación de oxígeno diferente. Como los oxidantes de amonio pueden incrementarse bajo concentraciones de oxígeno sustancialmente más bajas que los oxidantes de nitrito, los primeros son favorecidos y desplazan el sistema a los oxidantes de nitrito.

10 Preferentemente la primera fase transcurre bajo regulación, es decir, el contenido de amonio es controlado. Como se ha mencionado, la primera fase es operada bajo condiciones microaerófilas. El contenido de oxígeno establecido para la primera fase está en el intervalo de 0,1 mg/l y 0,4 mg/l.

15 Para contrarrestar la oxidación de nitrito a nitrato, se pueden tomar otras medidas que se exponen en las reivindicaciones secundarias.

Preferentemente se establece sobre un control del proceso una relación $\text{NH}_4\text{-N}/\text{NO}_2\text{-N}$ en el transcurso de la primera fase de 1:1 a 1: 1,2, preferentemente de 1:1,1.

20 Preferentemente, según el procedimiento acorde a la invención, se usan varios reactores de lecho fijo de carbono activo conectados en serie, que son accionados de manera sucesiva. Preferentemente estos depósitos de carbono activo están ordenados de tal manera que el depósito con el mayor tiempo de exposición – lo que atañe al carbono activo introducido – sea accionado primero.

25 Como se conoce en principio según el estado de la técnica, la entrada a la segunda fase, o sea, la entrada a los reactores de lecho fijo de carbono activo, debe estar libre de oxígeno disuelto.

30 Según otra forma de la invención, el carbono activo es inyectado con bacterias al comienzo de la realización del procedimiento, preferentemente con gránulos que contienen las bacterias. Entre la primera y la segunda fase tiene lugar una retención de biomasa preferentemente por filtración de membrana, mediante lo cual se evita un cruce del lodo activado de la primera a la segunda fase.

El procedimiento acorde con la invención posee las siguientes ventajas:

- 35 1) En la biología de lodo activado (primera fase) se eliminan sustancias biológicamente reducibles y no gravan la capacidad del carbono activo. Además, el nitrato que surge se elimina mediante la desnitrificación. El carbono necesario para esto surge de la descomposición de biomasa.
 2) En el carbono activo se retienen compuestos de carbono biológicamente no reducibles.
 40 3) En la biopelícula especial que se forma en el carbono activo y en los gránulos de bacterias que proceden de él, el nitrito y el amonio se reducen por la oxidación anaerobia de amonio a nitrógeno atmosférico.

45 La oxidación anaerobia de amonio tiene lugar dentro de los depósitos de carbono activo existentes en la superficie de partículas de carbono activo. Como las bacterias que catalizan la oxidación anaerobia de amonio se incrementan de modo extremadamente lento, el carbono activo debe ser inyectado con las correspondientes bacterias al comienzo de un procedimiento. Para la inyección se utilizan ya sea gránulos que contienen planctomicetos o lodo activado, ya sea carbono activo que esté selectivamente cubierto. El material de inyección puede proceder entonces de instalaciones que ya tienen un funcionamiento estable de sus dispositivos con oxidación anaerobia de amonio, o que contienen gránulos especialmente destinados a la inyección. El material de inyección debe ser fresco y no puede entrar en contacto con oxígeno. En este contexto, fresco significa que el material sea usado para la inyección dentro de un plazo de 1 a 2 días.

50 Después de la inyección, los depósitos de carbono activo deben presurizarse de inmediato con agua residual libre de oxígeno, proveniente de la instalación de purificación correspondiente. En la inyección deben distinguirse dos casos:

- 55 1.) existe un solo depósito de carbono activo o
 2.) existen varios depósitos de carbono activo

60 Cuando hay un solo depósito de carbono activo, la inyección puede realizarse mezclando el carbono activo con bacterias o lodos que contengan bacterias o los gránulos correspondientes. Para la inyección de una columna de depósitos de carbono activo, se puede mezclar el carbono activo fresco con material de inyección, como se describe arriba, o bien los depósitos deben estar conectados de tal manera que siempre se llene primero un depósito inyectado, directamente después de la

separación de la biomasa. Sólo después de eso pueden ser llenados los depósitos conteniendo carbono activo. El proceso de inyección se realiza siempre en la dirección en que fluye el agua.

- 5 Las ventajas del procedimiento antes descrito se hacen especialmente evidentes en el tratamiento de aguas residuales con una gran relación C/N. El dispositivo usado consiste en al menos dos depósitos, de los cuales el primero está configurado como depósito de lodo activado, y el segundo como depósito de carbono activo. En el depósito de carbono activo se reducen compuestos biológicamente reducibles, con lo cual mediante la oxidación de amonio se produce el nitrito. Un control del procedimiento se realiza mediante el control de la concentración de amonio.
- 10 En la segunda fase se utiliza al menos un reactor de lecho fijo de carbono activo, inyectado con biomasa específica, creándose en la superficie exterior de las partículas de carbono activo una biopelícula específica de la que parte la formación de otros gránulos. En los reactores de lecho fijo de carbono activo, la superficie interior de las partículas de carbono activo sirve para la absorción de compuestos de carbono inertes. De esta manera, en la segunda fase no sólo se transforman los nitritos en nitrógeno gaseoso, sino que también se eliminan eventuales compuestos de carbono aún
- 15 existentes.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el tratamiento de aguas residuales, especialmente aguas de vertederos, en un proceso en dos fases, donde en una primera fase el agua residual se mezcla con un lodo activo nitrificador, y el amonio contenido en el agua residual se oxida a nitrito sólo parcialmente, como máximo en un 50 %, estableciendo una temperatura entre 28 °C y 39 °C y/o un contenido de oxígeno entre 0,01 mg/l y 0,4 mg/l; y en una segunda fase el nitrito y el amonio contenidos en la fase acuosa separada del lodo activado reaccionan hasta nitrógeno molecular, bajo exclusión de oxígeno, en uno o varios reactores de lecho fijo de carbono activo que al comienzo de la realización del procedimiento se inyectan con gránulos conteniendo planctomicetos, donde la relación en volumen de inyección entre el carbono activo utilizado y los gránulos que contienen los planctomicetos está entre 100:1 y 10:1.
- 10 2. Procedimiento según Reivindicación 1, **caracterizado porque** varios reactores de lecho fijo de carbono activo conectados en serie son llenados sucesivamente.
- 15 3. Procedimiento según Reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** en la primera fase es controlado el contenido de amonio.
- 20 4. Procedimiento según una de las Reivindicaciones del 1 al 3, **caracterizado porque** la primera fase se realiza bajo condiciones microaerófilas.
- 25 5. Procedimiento según una de las Reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** sobre un control de proceso se establece una relación $\text{NH}_4\text{-N}/\text{NO}_2\text{-N}$ en el transcurso de la primera fase de 1:1 a 1:1,2, preferentemente 1:1,1.
6. Procedimiento según una de las Reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el tránsito a la segunda fase, o sea el tránsito a los reactores de lecho fijo de carbono activo, está libre de oxígeno diluido.
7. Procedimiento según una de las Reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** la relación en volumen de inyección entre carbono activo utilizado y gránulos que contiene los planctomicetos está en 50:1.
- 30 8. Procedimiento según una de las Reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la superficie interior del carbono activo utilizado está preferentemente entre 600 m²/g y 1.800 m²/g.
9. Procedimiento según una de las Reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la primera y la segunda fase están separadas por una retención de biomasa, preferentemente mediante una filtración de membrana.