

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 114**

51 Int. Cl.:

C02F 3/30 (2006.01)

C02F 9/14 (2006.01)

C02F 101/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.01.2014 PCT/IB2014/058331**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2014 WO14111878**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2014 E 14703435 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 2945912**

54 Título: **Método para el tratamiento de efluentes que contienen nitrógeno en forma de amonio**

30 Prioridad:

18.01.2013 FR 1350447

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.05.2020

73 Titular/es:

**SUEZ INTERNATIONAL (100.0%)
Tour CB21, 16, Place de l'Iris
92040 Paris La Défense, FR**

72 Inventor/es:

GRAVELEAU, LAURE

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 759 114 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

Método para el tratamiento de efluentes que contienen nitrógeno en forma de amonio

5 La invención se refiere a un método para el tratamiento de efluentes que contienen nitrógeno en forma de amonio, usando un reactor biológico secuencial, método del tipo según el que:

- en el reactor biológico se introduce un volumen de efluentes a tratar en un ciclo completo, en una o varias fracciones de volumen sucesivas, siendo cada fracción de volumen tratada durante un subciclo,
- 10 - cada subciclo comprendiendo una fase de alimentación con una fracción de volumen, y al menos una primera etapa aireada, durante la cual ocurre la oxidación total o parcial de amonio a nitritos por inyección de aire u oxígeno en el efluente,
- una etapa de decantación y vaciado que tiene lugar después del final del ciclo completo.

15 Generalmente, en cada subciclo, la primera etapa aireada va seguida por una segunda etapa no aireada, en anoxia, durante la cual los nitritos producidos y el amonio se convierten en gas nitrógeno por desamonificación, sin aporte de un sustrato de carbono.

20 El tratamiento del amonio por nitrificación y desamonificación representa un tratamiento relativamente reciente particularmente interesante por los aumentos de energía que genera en comparación con un tratamiento más convencional por nitrificación y desnitrificación.

25 Tal tratamiento se proporciona en la solicitud de patente internacional WO 2009/080912 según la cual la regulación de la aireación durante la etapa de nitrificación parcial se basa en niveles máximos y mínimos de oxígeno disuelto en el efluente contenido en el reactor biológico.

30 La experiencia de comenzar la etapa de nitrificación parcial ha demostrado que es deseable realizar mejoras en el control de esta etapa para controlarla más rápidamente. También es deseable mejorar el control de la eficacia de la etapa no aireada en anoxia.

35 La invención tiene como objeto, especialmente, mejorar la regulación y el control de las reacciones parciales de nitrificación y desamonificación en un reactor biológico secuenciado. Estas dos reacciones implementadas sucesivamente permiten un tratamiento exhaustivo del nitrógeno amoniacal al tiempo que reducen el consumo de energía ya sea en forma de oxígeno o carbono externo.

Cada una de estas dos reacciones requiere condiciones específicas para garantizar un tratamiento completo en un entorno industrial donde el riesgo de deriva es alto.

40 Según la invención, el método para el tratamiento de efluentes que contienen nitrógeno en forma de amonio, usando un reactor biológico secuencial, método según el cual:

- en el reactor biológico se introduce un volumen de efluentes a tratar en un ciclo completo, en una o varias fracciones de volumen sucesivas, siendo cada fracción de volumen tratada durante un subciclo,
- comprendiendo cada subciclo una etapa de alimentación mediante una fracción de volumen, y al menos una
- 45 primera etapa aireada, durante la cual ocurre la oxidación total o parcial de amonio a nitritos por inyección de aire u oxígeno en el efluente,
- una etapa de decantación y vaciado que tiene lugar después del final del ciclo completo,

caracterizado por que:

- la masa de N-NH₄ a tratar se determina a partir del volumen de efluentes en el reactor al final de la etapa de alimentación, y de la diferencia entre la concentración inicial de N-NH₄ medida en el reactor y una concentración deseada al final de la etapa aireada, la concentración de N-NH₄ deseada al final de la etapa aireada estando comprendida entre 40 % y 60 % de la concentración inicial de N-NH₄,
- 55 - un tiempo de aireación máximo T_M se dedica a la etapa aireada, el tiempo T_M siendo fijado, elegido en función del tiempo total del ciclo del reactor biológico secuencial SBR y del número de subciclos,
- y un caudal de aire inicial Q_{aire_{in}}, para el inicio de la etapa aireada, se determina teniendo en cuenta la masa de N-NH₄ a tratar y el tiempo máximo de aireación T_M, según la siguiente fórmula:

$$60 \quad Q_{\text{aire}_{\text{in}}} = k \times \text{masa de N-NH}_4 \text{ a tratar} \times 60/T_M$$

donde:

65 Q_{aire_{in}} = caudal inicial de aire a aplicar, en Nm³/h (m³ normales por hora)
 k = coeficiente comprendido entre 0,1 y 0,5,
 masa de N-NH₄ a tratar, expresada en gramos

ES 2 759 114 T3

T_M expresado en minutos

y, en el caso de una inyección de oxígeno, el caudal de oxígeno se deduce de $Q_{aire_{inic}}$ y el contenido de oxígeno del aire;

- 5 - durante la etapa de aireación después de un cierto tiempo de aireación, la concentración de nitratos excede un valor máximo permitido de 4 mg/l y el caudal de aire inyectado se reduce
- durante todo el periodo de aireación restante, el cálculo del caudal de aire de Q_{aire} se ajusta en función del valor de la concentración de oxígeno residual mantenida dentro de un intervalo definido, entre 0,1 mg O_2/l y 0,6 mg O_2/l , siendo dicho valor de la concentración de oxígeno residual ajustado por sí mismo de manera que la diferencia
- 10 entre el valor medio en el momento del tratamiento de la etapa aireada y el valor inicial de la concentración de nitratos, no es significativo, una diferencia se considera significativa cuando corresponde a un aumento en la concentración de nitratos de al menos 2 mg/l después de 10 minutos de aireación, la condición de aireación se mantiene hasta que se alcanza la concentración deseada de $N-NH_4$, o se alcanza el tiempo máximo de aireación T_M .

15 El tiempo T_M se establece de acuerdo con el tiempo total del ciclo del reactor biológico secuencial SBR y el número de subciclos. De manera general, el tiempo de aireación representa aproximadamente el 30 % del tiempo total de un ciclo de 8 horas que comprende 4 subciclos.

20 El valor de k se calcula experimentalmente en función de la actividad de las bacterias y la concentración de materia suspendida (MES) en el efluente contenido en el reactor.

Durante la etapa aireada, el cálculo del caudal de aire de Q_{aire} se ajusta durante todo el periodo de aireación restante en función del valor de la concentración de oxígeno residual. La concentración de oxígeno residual disuelto se

25 mantiene dentro de un intervalo definido, entre 0,1 mg O_2/l y 0,6 mg O_2/l .

La condición de aireación, es decir, el funcionamiento de los equipos de suministro de aire u oxígeno, se mantiene hasta que la concentración deseada de $N-NH_4$, o concentración mínima, se alcanza, o el tiempo de aireación máximo T_M se alcanza.

30

La concentración de $N-NH_4$ deseada al final de la etapa aireada está comprendida entre 40 % y 60 % de la concentración inicial de $N-NH_4$.

El coeficiente k se elige ventajosamente con un valor medio entre 0,1 y 0,25.

35

Generalmente, en cada subciclo, la primera etapa aireada va seguida por una segunda etapa no aireada, en anoxia, durante la cual los nitritos producidos y el amonio se convierten en gas nitrógeno por desamonificación, sin aporte de un sustrato de carbono.

40 Para evitar que ocurran reacciones biológicas durante las etapas de decantación y vaciado, el último subciclo se puede realizar teniendo en cuenta los resultados de los subciclos precedentes:

- si la carga admitida en subciclos anteriores se ha tratado en su totalidad, la evaluación siendo realizada a partir de la concentración de amonio al final del penúltimo subciclo, que preferentemente debe ser menor o igual a 5 mg/l (valor mínimo que refleja un buen tratamiento y compatible con la sensibilidad de la medición), se introduce una nueva carga de amonio durante la etapa de alimentación del último subciclo para el tratamiento, en aireación luego anoxia,
- 45
- mientras que, si la carga admitida durante los subciclos precedentes solo se ha procesado parcialmente, y la concentración de amonio residual es importante, preferentemente superior a 5 mg/l, el último subciclo se usa para tratar esta carga residual, sin fase de alimentación.
- 50

El método definido anteriormente se realiza en una instalación para el tratamiento de efluentes que contienen amonio, que comprende un reactor biológico secuencial y un conjunto de equipos asociados con el reactor que comprende:

- 55 - un dispositivo para alimentar el reactor biológico con efluente, en una o varias fracciones de volumen sucesivas,
- medios de aireación colocados en el fondo del reactor y conectados a una fuente de aire u oxígeno bajo presión,
- al menos un medio de agitación mecánica, en el reactor,
- un sistema de evacuación de agua tratada, a partir del reactor,
- un sistema de extracción de lodos en exceso,
- 60 - y diferentes sensores ubicados en el efluente a tratar para determinar la carga de nitrógeno a tratar y el número de secuencias de tratamiento a realizar,

caracterizado por que comprende:

- 65 - al menos un sensor para medir la concentración de amonio $N-NH_4$ en el reactor biológico secuencial,
- y un medio de cálculo para:

- tener en cuenta un tiempo de aireación máximo T_M dedicado a la etapa aireada,
- determinar la masa de N-NH₄ a tratar del volumen de efluentes en el reactor al final de la fase de alimentación, y la diferencia entre la concentración inicial de N-NH₄ en el reactor y una concentración deseada al final de la etapa aireada,
- y determinar un caudal de aire inicial $Q_{aire\text{inicial}}$, para el comienzo de la etapa aireada teniendo en cuenta la masa de N-NH₄ a tratar y tiempo máximo de aireación T_M .

El medio de cálculo se programa para determinar un caudal de aire inicial $Q_{aire\text{inicial}}$ de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Q_{aire\text{inicial}} = k \times \text{masa de N-NH}_4 \text{ a tratar} \times 60 / T_M$$

donde:

$Q_{aire\text{inicial}}$ = caudal inicial de aire a aplicar, en Nm³/h (m³ normales por hora)
 k = coeficiente comprendido entre 0,1 y 0,5, preferentemente entre 0,1 y 0,25
 masa de N-NH₄ a tratar, expresada en gramos
 T_M expresado en minutos
 y, en el caso de una inyección de oxígeno, el caudal de oxígeno se deduce de $Q_{aire\text{inicial}}$ y el contenido de oxígeno del aire.

La invención consiste, aparte de las disposiciones establecidas anteriormente, en un cierto número de otras disposiciones que se discutirán más explícitamente a continuación con respecto a las realizaciones ejemplares descritas con referencia a los dibujos adjuntos, pero que de ninguna manera son limitantes. En estos dibujos:

Fig. 1 es una sección vertical esquemática de una instalación para implementar el método de acuerdo con la invención con un reactor biológico secuencial.
 Fig. 2 es un diagrama que ilustra las variaciones de las concentraciones de N-NH₄, N-NO₂, N-NO₃, la tasa de aire insuflado y la concentración de oxígeno disuelto en el reactor, en función del tiempo en abscisas.
 Fig. 3 es un diagrama similar al de la Fig. 2 para los mismos compuestos, que ilustra la regulación de la producción de nitrito.
 Fig. 4 es un diagrama que ilustra cuatro subciclos sucesivos durante los cuales la alimentación de amonio introducida durante la etapa de alimentación se trató al final del subciclo, y
 Fig. 5 es un diagrama que ilustra tres subciclos sucesivos durante los cuales la carga de amonio no se trató por completo, y un cuarto subciclo para tratar el resto de la carga de amonio.

Con referencia a la Fig. 1 de los dibujos, se puede observar una instalación de tratamiento de amonio por nitrificación y desamonificación, que comprende un reactor biológico secuencial 1, en forma de tanque, con un tanque de compensación 2 corriente arriba donde se almacena, si fuera necesario, el efluente a tratar.

La instalación también incluye:

- un dispositivo de alimentación 3 para el reactor de efluente biológico, en particular en forma de una bomba cuya succión está conectada a la parte inferior del tanque 2 y cuyo suministro fluye hacia una abertura de tubería hacia el reactor 1;
- medios de aireación 4, especialmente formados por boquillas, colocados en el fondo del reactor 1 y conectados a una fuente de aire a presión 5 mediante una electroválvula 6.

En una variante, los medios de aireación 4 podrían inyectar oxígeno en el reactor, o aire enriquecido con oxígeno.

En el reactor 1 se prevé al menos un medio de agitación mecánica 7. La evacuación del agua tratada, desde el reactor 1, se asegura mediante un sistema que consiste en particular en una bomba 8 y una tubería 9 que forman un tubo de émbolo hasta un nivel 10 en el reactor.

Un sistema de extracción de lodos en exceso comprende una bomba 11, cuya succión está conectada a la parte inferior del reactor y cuyo suministro se descarga en un tubo de descarga.

En el reactor 1, las fracciones de efluentes a tratar se suministran de una vez, preferentemente, de forma sucesiva, usando el dispositivo 3. Se añaden al volumen biológico del reactor, definido por un nivel mínimo 10, hasta alcanzar un nivel máximo 12. El volumen hidráulico admitido durante un ciclo de tratamiento corresponde a la diferencia entre el nivel máximo 12 y el nivel mínimo 10. Este volumen hidráulico se vierte en fracciones sucesivas, que corresponden a las diferentes secuencias o subciclos de tratamiento.

Después de completar un ciclo de tratamiento y una etapa de decantación al final, el drenaje del agua tratada se garantiza por el sistema de evacuación dedicado 8 que pasa del nivel 12 al nivel 10. Los lodos producidos en exceso se evacúan, si fuera necesario, al final del ciclo de tratamiento usando el sistema 11.

La instalación comprende además un medidor de caudal 13 instalado en la descarga de la bomba 3 para permitir el cálculo, con una medida de tiempo en paralelo, el volumen de efluentes inyectados en el reactor 1 para cada subciclo. El reactor 1 está equipado con un detector 14 del nivel del efluente, lo que hace posible determinar el volumen de efluentes en el reactor 1.

Se instala un sensor o sonda 15 en el reactor para sumergirse en el efluente, y medir la concentración de amonio N-NH_4 . La sonda 15 puede ser un analizador de amonio o una sonda de membrana selectiva.

En el reactor 1 se proporciona al menos un sensor 16 en para medir la concentración de oxígeno disuelto O_2 en el efluente. Se pueden proporcionar otros sensores para determinar la conductividad del efluente, la temperatura y/o el pH en el reactor 1, y, y fuera el caso, en el depósito de almacenamiento 2, en el agua tratada y en las aguas residuales.

Los diferentes sensores están conectados a medios de cálculo constituidos por un ordenador o controlador C que integra las mediciones en tiempo real y permite que los ciclos de procesamiento se realicen en modo automático.

El tratamiento del efluente se ilustra mediante el diagrama de la Fig. 4 en la que el tiempo en minutos se representa en abscisas, mientras que el nivel hidráulico en el reactor 1 se representa en el eje izquierdo de las ordenadas. Este nivel hidráulico se ilustra mediante la curva escalonada 17, en línea continua. En el eje de ordenadas situado a la derecha se representan: la concentración de amonio, ilustrada por las curvas en línea continua 18, en dientes de sierra; la concentración de nitrito se ilustra con las curvas discontinuas 19. Las fases de aireación se ilustran mediante las curvas de puntos 20.

El diagrama de la Fig. 4 corresponde al tratamiento de un volumen de efluentes de un ciclo completo con cuatro subciclos correspondientes a la introducción de cuatro fracciones de volumen sucesivas en el reactor 1.

Cada subciclo incluye una fase de alimentación indicada por el segmento ALIM para el primer diente de sierra 18; una primera etapa aireada indicada por el segmento AER durante el cual tiene lugar una oxidación de amonio en nitritos, por inyección de aire u oxígeno en el efluente 1 del reactor; una segunda etapa no aireada indicada por el segmento ANOX durante el cual los nitritos producidos y el amonio se convierten en gas nitrógeno.

El nivel hidráulico 17 aumenta en una etapa, como se ve en la Fig. 4, en cada introducción de una fracción de volumen. Al final del ciclo, el volumen tratado se evacua y el nivel hidráulico vuelve al nivel inicial.

Los métodos que tratan el amonio mediante las reacciones de nitrificación parcial y desamonificación implementan dos reacciones distintas muy diferentes que se describen a continuación

Nitrificación parcial

Esta transformación de amonio en nitritos tiene lugar en presencia de oxígeno no limitante por bacterias nitrificantes (AOB), de acuerdo con la ecuación:



Reacción de desamonificación

Esta transformación tiene lugar de acuerdo con la ecuación:



Observamos, a partir de las ecuaciones, que la primera reacción convierte el amonio NH_4 en nitritos NO_2 , mientras que la segunda reacción combina amonio y nitritos para formar nitrógeno gaseoso N_2 y nitratos NO_3 .

El rendimiento de la primera reacción es una función de varios elementos entre los cuales:

- actividad de las bacterias implicadas,
- presencia de oxígeno,
- concentración de NH_4 , y
- ausencia de inhibidor.

El rendimiento de la segunda reacción es una función de varios elementos entre los cuales:

- actividad de las bacterias implicadas,
- condiciones ambientales, en particular ausencia de oxígeno libre, alcalinidad suficiente,
- concentración de los dos sustratos de NH_4 y NO_2 , y
- ausencia de inhibidor.

Con respecto a la concentración de los dos sustratos de NH_4 y NO_2 , se necesita, por una parte, que estos sustratos estén en concentración suficiente y, por otra parte, que estén en una concentración relativa satisfactoria para permitir su eliminación total. Observamos, a partir de la ecuación de desamonificación, que es necesario que la relación molar $\text{NO}_2 / \text{NH}_4$ sea del orden de 1,32.

La concentración de N-NH_4 deseada al final de la etapa aireada esté comprendida entre 40 % y 60 % de la concentración inicial de N-NH_4 . La concentración al final de la etapa se rige por la estequiometría de la reacción de desamonificación que requiere 1,32 NO_2 para 1 NH_4 ; el nitrógeno N de NO_2 representa el 0,56 % del nitrógeno total N, de ahí el porcentaje entre 40 y 60 %.

La concentración de N-NH_4 deseada al final de la etapa aireada está comprendida entre 40 % y 60 % de la concentración inicial de N-NH_4 .

En el caso de un método que garantice el tratamiento del amonio de acuerdo con las dos reacciones correspondientes a las ecuaciones proporcionadas anteriormente, se observa la importancia de una buena regulación de las dos etapas correspondientes.

Según el método de la invención, este control del tratamiento con amonio se obtiene mediante una regulación dinámica y fina del suministro de aire u oxígeno.

El reglamento está destinado a satisfacer varias condiciones, incluyendo las siguientes:

- permitir la nitrificación parcial, es decir, no permitir la oxidación de nitrito a nitratos,
- permitir alcanzar, al final de la etapa aireada, la relación: NO_2 producto / NH_4 residual que satisface las condiciones de la reacción de desamonificación.

En el caso de una implementación del tratamiento de amonio en un reactor biológico secuencial o SBR, todas las etapas de tratamiento se realizan dentro del mismo reactor asegurando inicialmente la función de tratamiento, etapa aireada y/o etapa no aireada en anoxia, y la función de decantación/vaciado.

Para facilitar las condiciones de funcionamiento de dicho reactor, es ventajoso operar con periodos fijos de tiempo para cada uno de estas etapas o fases, estos periodos de tiempo determinándose de acuerdo con los objetivos del tratamiento.

El objeto de la invención es establecer reglas para el funcionamiento de dicho reactor SBR, y las instrucciones de regulación para satisfacer las condiciones de procesamiento. El reglamento abarca tanto la primera etapa aireada como la segunda etapa no aireada, en anoxia.

Regulación de la primera etapa aireada

Esta etapa aireada sigue una fase de alimentación de los efluentes a tratar. Al comienzo de esta etapa, la materia prima a tratar es una función de la concentración inicial del efluente en el reactor 1 y del volumen admitido durante la fase de alimentación. Se hace que estos dos parámetros varíen con el tiempo.

La masa, o la carga, en N-NH_4 a tratar, durante la etapa aireada, se determina a partir del volumen de efluente contenido en el reactor 1 al final de la fase de alimentación, y la diferencia entre la concentración inicial de N-NH_4 el efluente en el reactor 1 y una concentración deseada al final de la etapa aireada, para la cual un tiempo máximo de aireación T_M se dedica.

El volumen de efluente contenido en el reactor se determina a partir del nivel de efluente proporcionado por el detector de nivel 14.

La concentración de amonio del efluente en el reactor 1 se calcula manualmente mediante muestreo y análisis de laboratorio, preferentemente mediante el sensor en línea 15. En función del objetivo del tratamiento, un operario determina la concentración deseada que se debe alcanzar al final del periodo de aireación. Esta concentración está comprendida entre 40 % y 60 % de la concentración inicial de N-NH_4 .

El tiempo de aireación máximo T_M es elegido por el operario que realiza el tratamiento y generalmente dura entre 30 y 45 minutos.

El caudal de aire inicial $Q_{\text{aire}_{\text{inic}}}$ entonces se determina de acuerdo con la fórmula:

$$Q_{\text{aire}_{\text{inic}}} = k \times \text{masa de N-NH}_4 \text{ a tratar} \times 60 / T_M$$

$Q_{\text{aire}_{\text{inic}}}$ se expresa en Nm^3/h

La masa de N-NH₄ a tratar se expresa en gramos.
El tiempo T_M se expresa en minutos.

El valor del coeficiente k está entre 0,1 y 0,5, preferentemente con un valor medio entre 0,1 y 0,25.

En caso de inyectar oxígeno en lugar de aire, el caudal de oxígeno se deduce del caudal de aire calculado Q_{aire} aplicando un coeficiente de reducción correspondiente al contenido de oxígeno del aire, este coeficiente reductor pudiendo ser igual a 0,21. En el caso de aire enriquecido con oxígeno, el coeficiente reductor se adaptará a la concentración de oxígeno.

La condición de aireación, que corresponde al funcionamiento del equipo de suministro de aire 4, se mantiene hasta que una concentración mínima de N-NH₄ se alcanza, o el tiempo de aireación máximo T_M se alcanza.

Durante la etapa aireada, el cálculo del caudal de aire de Q_{aire} se ajusta durante todo el periodo de aireación restante en función del valor de la concentración de oxígeno residual. La concentración de oxígeno residual disuelto se mantiene dentro de un intervalo definido, entre 0,1 mg O₂/l y 0,6 mg O₂/l.

Si el valor de la concentración de oxígeno disuelto, proporcionado por el sensor 16, está fuera del intervalo entre el valor mínimo y el valor máximo, El caudal de aire se ajusta de acuerdo con las concentraciones de oxígeno máximas y mínimas. El caudal de aire de Q_{aire} disminuye cuando el valor de la concentración de oxígeno disuelto es mayor que el punto de ajuste máximo, mientras que el caudal de aire de Q_{aire} aumenta cuando el valor de la concentración de oxígeno disuelto es inferior al punto de ajuste mínimo.

Dependiendo del modo de funcionamiento elegido por el operario, la masa de N-NH₄ a tratar puede calcularse como un porcentaje de la masa presente en el reactor 1 al final del periodo de alimentación, o puede ser de tamaño fijo (en el caso de un efluente que tenga una concentración estable en el tiempo).

El reactor 1 está equipado ventajosamente con un sensor 21 para medir la concentración de nitratos. Este sensor 21 puede ser un analizador en línea o una sonda de membrana selectiva. La información proporcionada sobre la concentración de nitrato se utiliza para ajustar el punto de ajuste de oxígeno residual durante la etapa aireada.

El aire suministrado se usa para la oxidación de amonio a nitritos, pero altas concentraciones de oxígeno disuelto pueden favorecer en ciertas condiciones la oxidación de nitritos a nitratos, que debe evitarse en el caso de un tratamiento por nitrificación parcial desamonificación. Este puede ser el caso, en particular, durante la fase de inicio del método donde la actividad de las bacterias nitrificantes, que producen nitratos, puede ser importante. Su actividad se verá reducida por una baja concentración de oxígeno residual, inferior a 0,6 mg O₂/l durante la etapa aireada.

La concentración de nitrato se puede usar para modificar el punto de ajuste de oxígeno residual. Para este propósito, se registra la concentración de nitratos al comienzo de la etapa aireada, luego se compara regularmente con el valor promedio de nitrato medido durante la etapa aireada. Si se observa una diferencia significativa entre el valor medio en el momento del tratamiento de la etapa aireada y el valor inicial de la concentración de nitrato, el valor de consigna de oxígeno residual máximo se reduce a un valor de 0,1 mg/l. Una diferencia se considera significativa cuando corresponde a un aumento de la concentración de nitrato de al menos 2 mg/l después de 10 minutos de aireación (relacionado con la sensibilidad del sensor en línea).

El esquema de control completo se presenta utilizando el gráfico de la Fig. 2.

Comienzo de la nitrificación parcial

En el gráfico de la Fig. 2 se representaron, en ordenadas en la escala de la izquierda, concentraciones de mg/l para N-NH₄, N-NO₂ y N-NO₃, el caudal de aire inyectado también se representa en las ordenadas, pero sin indicación de valores porque el intervalo de caudales de aire será una función del volumen del reactor; para información, para un volumen a tratar de 1 m³, el intervalo de caudal de aire sería del orden de 4 a 6 Nm³/h.

El tiempo expresado en minutos se representa en abscisas.

En el eje de ordenadas a la derecha se representan las concentraciones en mg/l de oxígeno disuelto DO.

Los cambios en la concentración de N-NH₄ se representan con la curva 22 en línea continua; los cambios en la concentración de nitrato N-NO₂ se representan con la curva 23 en línea continua; los cambios del caudal de aire en Nm³/h se representan con la curva 24 en línea mixta; los cambios de la concentración de oxígeno disuelto se representan con la curva 25 con guiones; y los cambios de la concentración de nitrato N-NO₃ se representan con la curva 26, también con guiones.

La curva 22 de concentración de N-NH₄ presenta una parte inicial ascendente correspondiente a la fase de alimentación del reactor con una fracción de efluentes a tratar. La inyección de aire ilustrada por la curva 24 provoca,

con un ligero retraso, la disminución de la concentración de N-NH₄ y un aumento de la concentración de nitrito N-NO₂ ilustrado por la curva 23.

5 Después de cierto tiempo de aireación, la concentración de nitratos NO₃ en el punto P1 supera un valor máximo permitido de aproximadamente 4 mg/l, lo que se traduce en un aporte de aire demasiado importante para la instalación de nitrificación parcial.

10 En consecuencia, el punto de ajuste máximo de oxígeno disuelto se reduce, de acuerdo con el punto P2 que causa la reducción del caudal de aire inyectado, en el punto P3. Esta acción correctora reduce la tasa de formación de nitratos.

Regulación de la producción de nitritos

15 El gráfico de la Fig. 3, ejemplo fuera de la invención, ilustra, de manera similar a la Fig. 2, con las mismas cantidades representadas en las ordenadas y con el tiempo representados en abscisas, un ejemplo de regulación de la producción de nitritos.

Al final del periodo de alimentación, la concentración de N-NH₄ correspondiente al máximo de la curva 22 se utiliza para:

- 20
- determinar el caudal de aire inicial $Q_{aire_{inic}}$ a aplicar durante la etapa aireada,
 - determinar la concentración de N-NH₄ deseada al final de la etapa aireada, o "concentración objetivo"; cuando se alcanza esta concentración, la aireación se detendrá.

25 El caudal de aire se ajusta además de acuerdo con la concentración de oxígeno residual u oxígeno disuelto.

A partir del gráfico de la Fig. 3, ejemplo fuera de la invención, parece que la concentración inicial de N-NH₄ es aproximadamente 40 mg/l. Hacia el final de la etapa aireada, esta concentración es de aproximadamente 20 mg/l, mientras que la concentración de nitrito N-NO₂ es ligeramente superior, sustancialmente 24 mg/l.

30 La concentración de oxígeno disuelto se mantiene a aproximadamente 0,6 mg/l antes y después de un intervalo de aproximadamente 0,7 mg/l. La concentración de nitrato se mantiene a un nivel reducido, inferior a 2 mg/l.

Regulación de la etapa no aireada, en anoxia

35 Una deriva a veces observada en los métodos de tratamiento biológico es que parte de las reacciones no se pudieron realizar durante la fase de tratamiento, lo que conduce a perturbaciones durante la fase de decantación/vaciado del agua tratada.

40 Esta es la situación particularmente cuando las reacciones producen sustratos en forma gaseosa, conduciendo a un aumento de sólidos suspendidos durante la fase de decantación y su descarga con agua tratada.

45 En el caso de un método para tratar el amonio por nitrificación parcial y desamonificación, la última etapa no aireada, en anoxia, permite el consumo de amonio y nitritos, y la producción de di-nitrógeno (en forma gaseosa) y nitratos (en forma soluble).

Según el ciclo del reactor SBR, las etapas del tratamiento, etapa aireada y etapa no aireada, se pueden reunir en un solo periodo (o 1 subciclo) o dividirse en varios subciclos, cada subciclo comprendiendo una fase de alimentación y las dos etapas del tratamiento aireado y no aireado en anoxia.

50 Esta configuración tiene varias ventajas y la invención proporciona una mejora para este tipo de funcionamiento.

55 La reacción realizada en la etapa no aireada, en anoxia, consume dos tipos de nitrógeno, amonio y nitritos de acuerdo con una estequiometría conocida con una relación molar NO₂/NH₄ de aproximadamente 1,5. La reacción se detiene cuando uno de los dos sustratos se consume por completo. En este caso, a menudo los limitantes son los nitritos, porque de hecho son producidos por la actividad biológica de las bacterias nitrificantes, dependiendo de las condiciones de funcionamiento del método.

60 La invención proporciona una mejora para evitar que ocurran reacciones biológicas durante las etapas de decantación y vaciado.

Para ello, la última etapa del tratamiento, en particular el último subciclo de un ciclo de tratamiento, se realiza teniendo en cuenta los resultados de los subciclos precedentes. La evaluación de estos resultados se realiza a partir de la concentración de amonio del efluente en el reactor 1 al final del penúltimo subciclo.

65 Si, al final del penúltimo subciclo, la concentración de N-NH₄ es lo suficientemente baja, especialmente inferior a 5 mg/l, parece que la carga permitida de N-NH₄ durante los subciclos precedentes se trató casi por completo; por lo

tanto, el último subciclo puede tratar una nueva fracción de efluentes cargados de amonio que se suministrarán mediante una fase de alimentación habitual, luego se trata con la etapa aireada y la etapa no aireada.

5 Esta configuración corresponde a la del gráfico de la Fig. 4. Al final del tercer subciclo, la concentración de amonio N-NH₄ correspondiente al extremo inferior del tercer diente de sierra 18 es inferior al límite deseado, y se activa un cuarto subciclo, similar al subciclo anterior, con alimentación a una fracción de efluentes a tratar.

10 Por el contrario, si la carga de N-NH₄ admitida durante los subciclos precedentes solo se ha procesado parcialmente, como se ilustra en el gráfico de la Fig. 5, al final de cada subciclo permanece una carga residual R1, R2, R3. Esta carga residual aumenta de un subciclo al siguiente. La medición de la concentración de amonio al final del tercer subciclo revela una carga residual relativamente grande R3, que es superior al límite deseado, por ejemplo 5 mg/l. Para el último subciclo, no tendrá lugar ninguna fase de alimentación de efluentes a tratar, pero la etapa aireada, seguida de la etapa no aireada, se aplicará a la carga residual R3 para conducir, al final del último subciclo, a una concentración reducida de amonio, preferentemente inferior a 5 mg/l

15 La invención se aplica al tratamiento de efluentes cargados de amonio por nitrificación parcial, acoplado o no a una etapa de desamonificación.

20 La invención puede referirse a cualquier efluente que contenga amonio.

REIVINDICACIONES

1. Método de tratamiento de efluentes que contienen nitrógeno en forma de amonio, usando un reactor biológico secuencial, método según el cual:

- en el reactor biológico se introduce un volumen de efluentes a tratar en un ciclo completo, en una o varias fracciones de volumen sucesivas, siendo cada fracción de volumen tratada durante un subciclo,
- comprendiendo cada subciclo una etapa de alimentación mediante una fracción de volumen, y al menos una primera etapa aireada, durante la cual ocurre la oxidación total o parcial de amonio a nitritos por inyección de aire u oxígeno en el efluente,
- una etapa de decantación y vaciado que tiene lugar después del final del ciclo completo,

caracterizado por que:

- la masa de N-NH₄ a tratar se determina a partir del volumen de efluentes en el reactor al final de la etapa de alimentación, y de la diferencia entre la concentración inicial de N-NH₄ medida en el reactor y una concentración deseada al final de la etapa aireada, la concentración de N-NH₄ deseada al final de la etapa aireada estando comprendida entre 40 % y 60 % de la concentración inicial de N-NH₄,
- un tiempo de aireación máximo T_M se dedica a la etapa aireada, el tiempo T_M siendo fijado, elegido en función del tiempo total del ciclo del reactor biológico secuencial SBR y del número de subciclos,
- y un caudal de aire inicial Q_{aire_{in}}, para el inicio de la etapa aireada, se determina teniendo en cuenta la masa de N-NH₄ a tratar y el tiempo máximo de aireación T_M, según la siguiente fórmula:

$$Q_{aire_{in}} = k \times \text{masa de N-NH}_4 \text{ a tratar} \times 60 / T_M$$

donde:

Q_{aire_{in}} = caudal inicial de aire a aplicar, en Nm³/h (m³ normales por hora)

k = coeficiente comprendido entre 0,1 y 0,5,

masa de N-NH₄ a tratar, expresada en gramos

T_M expresado en minutos

y, en el caso de una inyección de oxígeno, el caudal de oxígeno se deduce de Q_{aire_{in}} y el contenido de oxígeno del aire;

- durante la etapa de aireación después de un cierto tiempo de aireación, la concentración de nitratos excede un valor máximo permitido de 4 mg/l y el caudal de aire inyectado se reduce
- durante todo el periodo de aireación restante, el cálculo del caudal de aire de Q_{aire} se ajusta en función del valor de la concentración de oxígeno residual mantenida dentro de un intervalo definido, entre 0,1 mg O₂/l y 0,6 mg O₂/l, siendo dicho valor de la concentración de oxígeno residual ajustado por sí mismo de manera que la diferencia entre el valor medio en el momento del tratamiento de la etapa aireada y el valor inicial de la concentración de nitratos, no es significativo, una diferencia se considera significativa cuando corresponde a un aumento en la concentración de nitratos de al menos 2 mg/l después de 10 minutos de aireación, la condición de aireación se mantiene hasta que se alcanza la concentración deseada de N-NH₄, o se alcanza el tiempo máximo de aireación T_M.

2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el coeficiente k se elige con un valor medio entre 0,1 y 0,25.

3. Método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el tiempo de aireación representa el 30 % del tiempo total de un ciclo de 8 horas que comprende 4 subciclos.

4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que, en cada subciclo, la primera etapa aireada va seguida por una segunda etapa no aireada, en anoxia, durante la cual los nitritos producidos y el amonio se convierten en gas nitrógeno por desamonificación, sin aporte de un sustrato de carbono.

5. Método según la reivindicación 4, caracterizado por que el último subciclo se realiza teniendo en cuenta los resultados de los subciclos precedentes:

- si la carga admitida durante los subciclos precedentes se ha tratado casi por completo, la evaluación siendo realizada a partir de la concentración de amonio al final del penúltimo subciclo, que preferentemente debe ser inferior o igual a 5 mg/l, se introduce una nueva carga de amonio durante una fase de alimentación del último subciclo, para tratamiento en aireación luego anoxia,
- mientras que, si la carga admitida durante los subciclos precedentes solo se ha procesado parcialmente, y la concentración de amonio residual es importante, preferentemente superior a 5 mg/l, el último subciclo se usa para tratar esta carga residual, sin fase de alimentación.

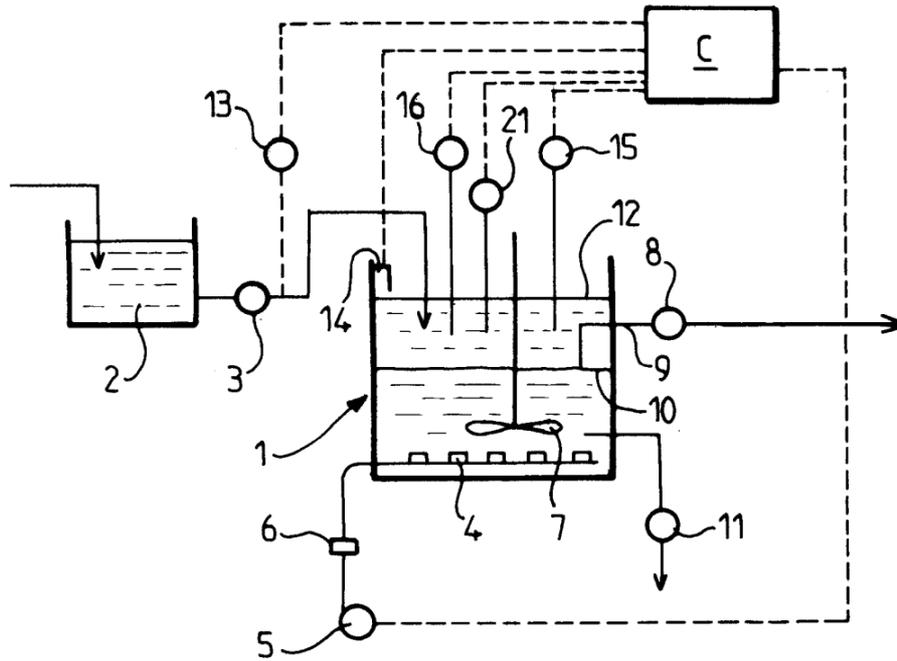


FIG.1

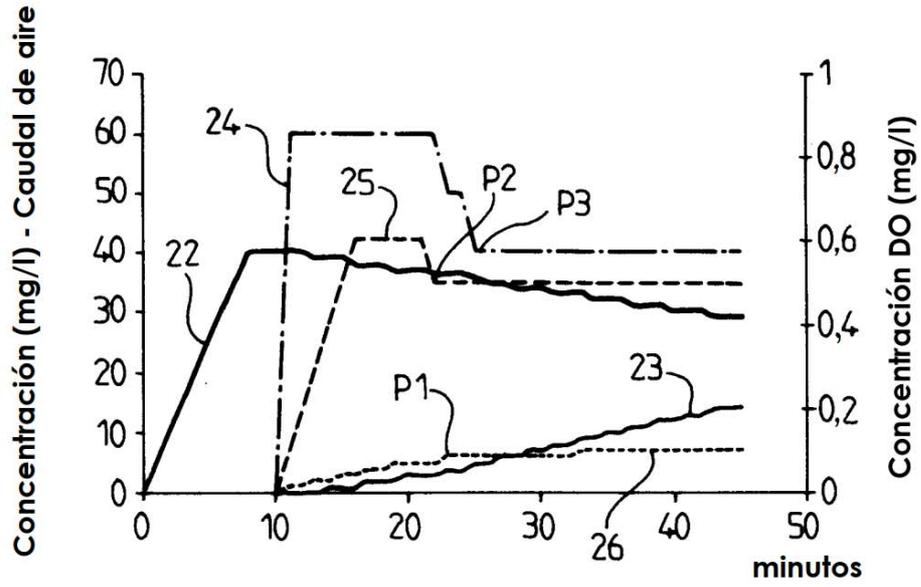


FIG. 2

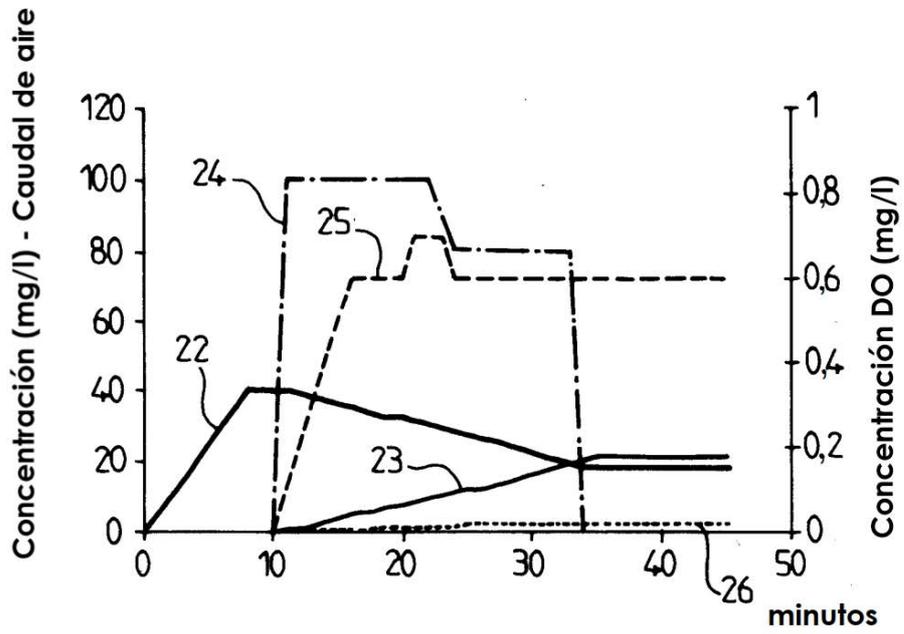


FIG. 3

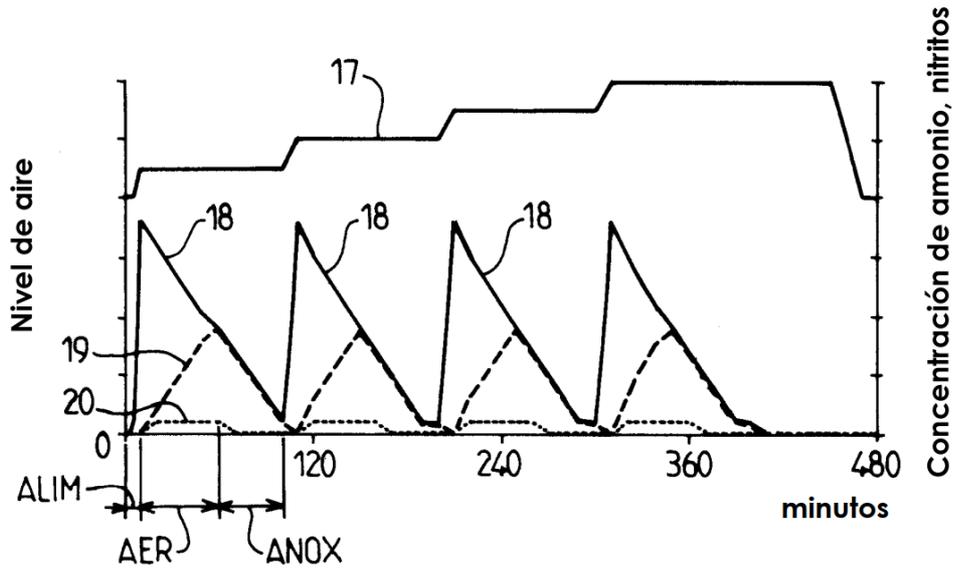


FIG. 4

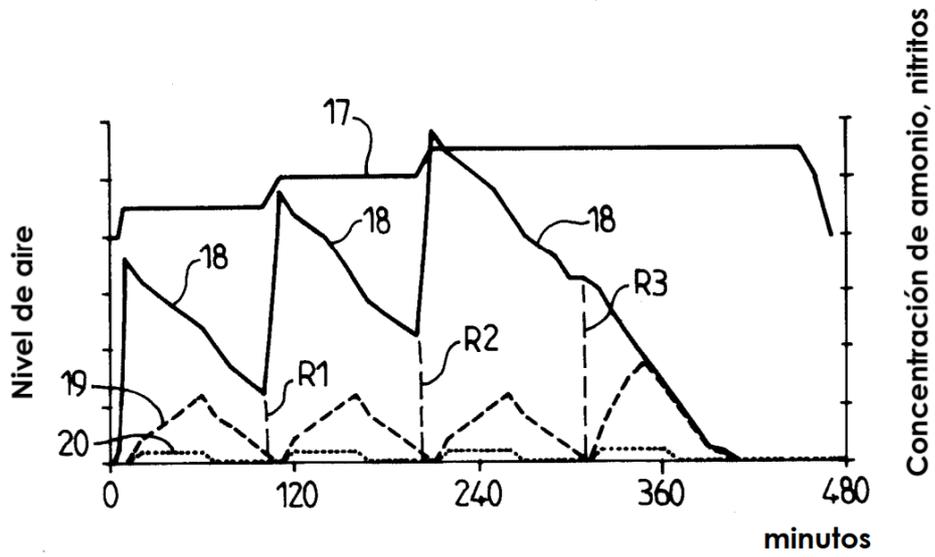


FIG. 5