

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 579 992**

21 Número de solicitud: 201530185

51 Int. Cl.:

C02F 7/00 (2006.01)

C02F 3/02 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

16.02.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

18.08.2016

71 Solicitantes:

**ACCIONA AGUA, S.A. (100.0%)
PARQUE EMPRESARIAL LA MORALEJA, AV.
EUROPA, 22
28108 ALCOBENDAS (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

ARNALDOS ORTS, Marina

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **CONTROL DE AIREACIÓN EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LA MONITORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE NITRIFICACIÓN**

57 Resumen:

Control de aireación en tratamiento de aguas residuales mediante la monitorización de subproductos de nitrificación.

La presente invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de aguas residuales caracterizado porque en la etapa de aireación se mide a intervalos de tiempo la pendiente de la concentración de NH_4 y N_2O y/o NO con respecto al tiempo y se modifica o se mantiene el caudal del flujo de aire al tanque de aireación según los valores de las pendientes de la concentración de dichos compuestos con el tiempo.

ES 2 579 992 A2

**CONTROL DE AIREACIÓN EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
MEDIANTE LA MONITORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE NITRIFICACIÓN**

DESCRIPCIÓN

5

La presente invención se refiere a un procedimiento para el control de la aireación en el tratamiento de aguas residuales mediante la monitorización de subproductos de nitrificación, concretamente mediante la monitorización de N₂O y NO. Por lo tanto, la presente invención se puede encuadrar en el campo técnico del control de parámetros en el tratamiento de aguas residuales.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA

La eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales se lleva a cabo habitualmente mediante la oxidación biológica de los mismos mediante bacterias y otros microorganismos. El suministro de oxígeno a la fase líquida para que pueda ser empleado por dichos microorganismos es la actividad que mayores costes de operación implica en las plantas de tratamiento de aguas residuales; se ha calculado que entre el 45% y el 75% de los costes energéticos se deben al sistema de aireación. Este gasto energético es especialmente acentuado en las plantas con oxidación de nitrógeno, debido a que los organismos nitrificantes son relativamente intolerantes a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto (OD) en comparación con los organismos heterótrofos (los que eliminan materia orgánica). Como consecuencia, las concentraciones de OD se suelen mantener entre 2 y 6 ppm en plantas de depuración que incluyan nitrificación. Por ello, hay un creciente interés en el desarrollo de sistemas de control que regulen de forma precisa el suministro de aire a los procesos biológicos que incluyan nitrificación para disminuir en lo posible los costes de operación.

15

20

25

30

35

Hasta la fecha se han desarrollado diferentes sistemas de control del suministro de aire al proceso biológico. Dichos sistemas se distinguen en el tipo de variable de entrada al sistema de control; se han empleado de forma relativamente satisfactoria variables como la concentración de OD, el potencial de oxidación-reducción, y la concentración de los principales productos de nitrificación (amonio, nitrito y nitrato). La principal deficiencia de estas variables es que no proporcionan ninguna información sobre el estado metabólico de los organismos que tienen que llevar a cabo la función

de nitrificar, es decir, no proporcionan información sobre su capacidad de nitrificar en las circunstancias a las que están sometidas en el proceso.

5 En el capítulo 16 del libro *Research on Nitrification and Related Processes*, llamado *Protocol for the Measurement of Nitrous Oxide Fluxes from Biological Wastewater Treatment Plants*, escrito por Kartik Chandran se describe la medición de N₂O con la intención de controlar sus emisiones. Así mismo, Mike S. M Jetten *et al.* (*Water research* 43, 17, págs. 4093 – 4103, 2009) estudia cómo disminuir la emisión de N₂O, gas con efecto invernadero.

10

La patente francesa FR2954306 describe un proceso de tratamiento de aguas en el que se mide la concentración de N₂O y se aumenta el flujo de aire mientras se detecte.

15

M. D. Butler *et al.* (*Water Research*, Volumen 43, 5, págs. 1265-1272, 2009) estudia si se puede usar N₂O como indicador de fallo en la nitrificación.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

20

La presente invención se refiere a un procedimiento para el control de la aireación en el tratamiento de aguas residuales mediante la monitorización de subproductos de nitrificación, concretamente mediante la monitorización de N₂O y NO.

25

La idea del nuevo sistema de control es la de optimizar la aireación del proceso biológico empleando los subproductos de nitrificación de las bacterias nitrificantes como variable de entrada; el nivel de producción de dichos subproductos proporciona información acerca de si los organismos están nitrificando de forma adecuada o, por el contrario, están sometidos a un estrés metabólico que va a desencadenar un fallo en la nitrificación de forma inminente.

30

Las ventajas que presenta el procedimiento de la invención son:

35

- mayor eficiencia energética de la planta, ya que aunque se suele trabajar entre 2 y 6 ppm de oxígeno, se ha demostrado que las bacterias amonio oxidantes pueden mantener actividad normal a concentraciones mucho más bajas de oxígeno;

- el sistema de control es más seguro ante posibles desestabilizaciones del proceso, ya que la actuación en la aireación se realizará antes de que haya un fallo total en la nitrificación

5 Por tanto, en un primer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de aguas residuales caracterizado por que en la etapa de aireación:

- se mide a intervalos de tiempo la pendiente de la concentración de NH_4 y N_2O y/o NO con respecto al tiempo;

- se modifica o se mantiene el caudal del flujo de aire al tanque de aireación;

10

donde los intervalos de tiempo comprenden de 0,05 horas a 10 horas;

con la condición de que:

15

- se mantiene el caudal del flujo de aire al tanque de aireación si la pendiente de la concentración de NH_4 es inferior a 0,5 mgN/Lh y la pendiente de la concentración de N_2O y/o NO es igual o superior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido;

20

- se mantiene el caudal del flujo de aire al tanque de aireación si la pendiente de la concentración de NH_4 es igual o superior a 0,5 mgN/Lh y la concentración de N_2O y/o NO es inferior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido;

25

- se aumenta el caudal del flujo de aire al tanque de aireación entre un 5% y un 60% si la pendiente de la concentración de NH_4 es igual o superior a 0,5 mgN/Lh y la pendiente de la concentración de N_2O y/o NO es igual o superior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido;

30

- se disminuye el caudal del flujo de aire al tanque de aireación entre un 5% y un 60% si la pendiente de la concentración de NH_4 es inferior a 0,5 mgN/Lh y la pendiente de concentración de N_2O y/o NO es inferior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido.

Por mgN/Lh se entiende mg en términos de nitrógeno por litro por hora.

Por Nm^3/h se entiende normal metro cúbico por hora.

Por tratamiento de aguas residuales se entiende la transformación de materia orgánica y/o compuestos nitrogenados mediante la acción de un microorganismo.

35

Por etapa de aireación se entiende cualquiera de los reactores en los que se lleva a cabo un tratamiento de aguas aeróbico; es decir, los microorganismos oxidan la materia orgánica y/o compuestos nitrogenados gracias a un aporte externo de oxígeno y/o aire.

5

Por tanque de aireación se entiende un reactor de la etapa de aireación.

En una realización del primer aspecto de la presente invención, los intervalos de tiempo comprenden de 0,5 horas a 5 horas, preferiblemente de 0,75 horas a 2 horas, más preferiblemente los intervalos de tiempo son de 1 hora.

10

En una realización del primer aspecto de la presente invención, se mide la pendiente de la concentración de NH_4 y N_2O . Es decir, el procedimiento sería un procedimiento de tratamiento de aguas residuales caracterizado por que en la etapa de aireación:

15

- se mide a intervalos de tiempo la pendiente de la concentración de NH_4 y N_2O con respecto al tiempo;
- se modifica o se mantiene el caudal del flujo de aire al tanque de aireación;

donde los intervalos de tiempo comprenden de 0,05 horas a 10 horas;

20

con la condición de que:

25

- se mantiene el caudal flujo de aire al tanque de aireación si la pendiente de la concentración de NH_4 es inferior a 0,5 mgN/Lh y la pendiente de la concentración de N_2O es igual o superior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido;

30

- se mantiene el caudal del flujo de aire al tanque de aireación si la pendiente de la concentración de NH_4 es igual o superior a 0,5 mgN/Lh y la concentración de N_2O es inferior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido;

35

- se aumenta el caudal del flujo de aire al tanque de aireación entre un 5% y un 60% si la pendiente de la concentración de NH_4 es igual o superior a 0,5 mgN/Lh, y la pendiente de la concentración de N_2O es igual o superior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido;

- se disminuye el caudal del flujo de aire al tanque de aireación entre un 5% y un 60% si la pendiente de la concentración de NH_4 es inferior a 0,5 mgN/Lh y la pendiente de la concentración de N_2O es inferior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido.

5 En otra realización del primer aspecto de la presente invención, el caudal del flujo de aire al tanque de aireación aumenta entre un 10% y un 35%. Es decir, en el caso de que se cumpla la condición para que aumente el caudal del flujo de aire (la pendiente de la concentración de NH_4 es igual o superior a 0,5 mgN/Lh y la pendiente de la concentración de N_2O y/o NO es igual o superior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo
10 medido), ésta lo hará entre un 10% y un 35% del valor del caudal anterior.

En otra realización del primer aspecto de la presente invención, el caudal del flujo de aire al tanque de aireación disminuye entre un 10% y un 35%. Es decir, en el caso de que se cumpla la condición para que disminuya el caudal del flujo de aire (la pendiente
15 de la concentración de NH_4 es inferior a 0,5 mgN/Lh y la pendiente de la concentración de N_2O y/o NO es inferior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido), ésta lo hará entre un 10% y un 35% del valor de caudal anterior.

En otra realización del primer aspecto de la presente invención, las aguas residuales
20 tienen una demanda química de oxígeno de entre 50 mg/L y 1000 mg/l, preferiblemente entre 100 mg/L y 500 mg/L.

En otra realización del primer aspecto de la presente invención, las aguas residuales
25 tienen una concentración de amonio de entre 5 mgN/L y 100 mgN/L, preferiblemente entre 10 mgN/L y 50 mgN/L.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus
variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o
pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la
30 invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

EJEMPLOS

35

A continuación se ilustrará la invención mediante unos ensayos realizados por los inventores, que pone de manifiesto la efectividad del producto de la invención.

Ejemplo 1. Aireación de aguas residuales siguiendo el procedimiento de la invención

5

Las aguas residuales utilizadas en este ejemplo son aguas residuales municipales con una concentración media de materia orgánica de 200 mg/L (en términos de demanda química de oxígeno) y 30 mg/L de amonio (en términos de nitrógeno). La planta de tratamiento de aguas residuales (EDAR) del presente ejemplo trata un caudal de agua de 6 m³/h y tiene un único tanque aerobio de 20 m³ de capacidad. El tiempo de retención de sólidos en el sistema es de aproximadamente 6 días. El caudal inicial de aire es de 20 Nm³/h.

10

En el ejemplo que se describe, hay un sensor de amonio instalado en la planta de tratamiento de aguas residuales (EDAR); éste se sitúa en la cabecera de planta midiendo el amonio que entra con el influente. Adicionalmente, se mide el N₂O en fase líquida en el tanque aerobio (en el presente ejemplo, la etapa de aireación está compuesta de un único tanque aerobio) que mide la concentración de dicha especie en fase líquida. Las concentraciones se miden de forma continua; los valores medidos se registran en un sistema de supervisión y control (SCADA) de la EDAR. En esta situación, las concentraciones registradas por los sensores son empleadas por el sistema de control instalado en el SCADA para calcular la pendiente de variación de cada una de las especies en intervalos de 1 hora. Se considera un aumento significativo de la concentración de amonio cuando la pendiente registrada supera los 0,5 mg/(L h) en términos de nitrógeno. Se considera un aumento significativo de la concentración de N₂O cuando la pendiente registrada supera los 0,002 mg/(L h) en términos de nitrógeno.

15

20

25

Cada hora se llevan a cabo los cálculos de las pendientes de cada especie y entonces el control emplea esta información para tomar decisiones respecto al caudal necesario de la soplante. Las posibles decisiones del sistema de control son descritas a continuación:

30

- Si el amonio sufre un aumento significativo y el N₂O sufre un aumento significativo, entonces el caudal de la soplante aumenta 5 Nm³/h

35

- Si el amonio sufre un aumento significativo y el N₂O no sufre un aumento significativo, entonces el caudal de la soplante se mantiene en el valor anterior
- Si el N₂O sufre un aumento significativo y el NH₄ no sufre un aumento significativo, entonces el caudal de la soplante se mantiene en el valor anterior
- 5 - Si el N₂O no sufre un aumento significativo y el NH₄ no sufre un aumento significativo, entonces el caudal de la soplante disminuye en 5 Nm³/h.

En la situación descrita, se produce un ahorro en caudal de soplante -y por tanto, en energía eléctrica consumida- respecto a los sistemas convencionales de control de la aireación a partir de medidas de oxígeno en línea. Esto es debido a que la soplante solamente se activa en situaciones en las que existe un aumento en la carga al proceso biológico (es decir, un aumento significativo en las concentraciones de amonio) y simultáneamente, los microorganismos nitrificantes muestran una dificultad en procesar dicho aumento de carga (existe un aumento significativo en las concentraciones de N₂O). En los procesos convencionales, se establece un *setpoint* de oxígeno y la soplante trabaja para mantener dicho *setpoint*, independientemente de la carga al proceso y sobre todo, de la capacidad de los microorganismos nitrificantes para procesar la misma. En el ejemplo descrito, con la implementación de un control basado en los subproductos de nitrificación, se produce un ahorro de al menos un 20% respecto al consumo energético de un proceso convencional.

Existen otros sistemas de control de la aireación además del implementado convencionalmente. Uno de los más efectivos es el control basado en amonio en cabecera de planta; en este control se suministra aire al tanque biológico en función de la carga que entra a la planta. Sin embargo, este control no emplea información sobre la capacidad de los microorganismos de procesar la carga introducida al tanque biológico. Esto genera situaciones en las que se gasta energía innecesaria debido a que aunque la carga aumenta, los microorganismos nitrificantes son capaces de procesarla sin riesgo para el proceso. Además, el control de amonio ignora la situación en la que, a pesar de que la carga no aumenta, los microorganismos quedan inhibidos por alguna situación medioambiental (vertido tóxico, disminuciones de temperatura, etc.) y se pone la continuidad del proceso en peligro. En el ejemplo descrito, se produce un ahorro de energía de al menos un 10% respecto a los controles de amonio en cabecera.

35

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento de aguas residuales caracterizado por que en la etapa de aireación:

- 5
- se mide a intervalos de tiempo la pendiente de la concentración de NH_4 y N_2O y/o NO con respecto al tiempo;
 - se modifica o se mantiene el caudal del flujo de aire al tanque de aireación;

donde los intervalos de tiempo comprenden de 0,05 horas a 10 horas;

10

con la condición de que:

- 15
- se mantiene el caudal del flujo de aire al tanque de aireación si la pendiente de la concentración de NH_4 es inferior a 0,5 mgN/Lh y la pendiente de la concentración de N_2O y/o NO es igual o superior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido;

- 20
- se mantiene el caudal del flujo de aire al tanque de aireación si la pendiente de la concentración de NH_4 es igual o superior a 0,5 mgN/Lh y la concentración de N_2O y/o NO es inferior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido;

20

- se aumenta el caudal del flujo de aire al tanque de aireación entre un 5% y un 60% si la pendiente de la concentración de NH_4 es igual o superior a 0,5 mgN/Lh, y la pendiente de la concentración de N_2O y/o NO es igual o superior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido; o

25

- se disminuye el caudal del flujo de aire al tanque de aireación entre un 5% y un 60% si la pendiente de la concentración de NH_4 es inferior a 0,5 mgN/Lh y la pendiente de la concentración de N_2O y/o NO es inferior a 0,002 mgN/Lh durante el intervalo medido.

30

2. Procedimiento según la reivindicación 1 donde los intervalos de tiempo comprenden de 0,5 horas a 5 horas.

35

3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde los intervalos de tiempo comprenden de 0,75 horas a 2 horas.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde se mide la pendiente de la concentración de NH_4 y N_2O .
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el caudal de flujo de aire al tanque de aireación aumenta entre un 10% y un 35%.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el caudal del flujo de aire al tanque de aireación disminuye entre un 10% y un 35%.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde las aguas residuales tienen una demanda química de oxígeno de entre 50 mg/L y 1000 mg/L.
8. Procedimiento según la reivindicación anterior, donde las aguas residuales tienen una demanda química de oxígeno de entre 100 mg/L y 500 mg/L.
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las aguas residuales tienen una concentración de amonio de entre 5 mgN/L y 100 mgN/L.
10. Procedimiento según la reivindicación anterior, donde las aguas residuales tienen una concentración de amonio de entre 10 mgN/L y 50 mgN/L.