



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 313 141**

51 Int. Cl.:
C02F 3/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05006654 .7**

96 Fecha de presentación : **24.03.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1580169**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.09.2005**

54 Título: **Procedimiento y aparato para eliminar nitrógeno de aguas residuales.**

30 Prioridad: **25.03.2004 JP 2004-90239**
18.06.2004 JP 2004-181541

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2009

73 Titular/es: **Hitachi Plant Technologies, Ltd.**
5-2, Higashi-Ikebukuro 4-chome
Toshima-ku, Tokyo, JP

72 Inventor/es: **Isaka, Kazuichi y**
Sumino, Tatsuo

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 313 141 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 aparato para eliminar nitrógeno de aguas residuales.

5 Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento y aparato para eliminar nitrógeno y, más particularmente, a un
 10 procedimiento y aparato para eliminar nitrógeno en el que el nitrógeno de amonio es suprimido de aguas residuales que contienen un componente de BOD y nitrógeno de amonio mediante oxidación anaeróbica de amonio.

2. Descripción de la técnica relacionada

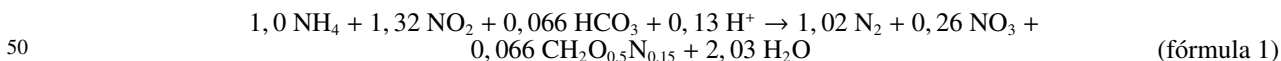
15 Los componentes de nitrógeno contenidos en aguas residuales y efluentes industriales provocan la eutroficación en lagos y disminuyen el nivel de oxígeno disuelto en los ríos. Por estas razones, deben ser suprimidos. Ejemplos de componentes de nitrógeno contenidos en las aguas residuales y efluentes industriales incluyen preferentemente nitrógeno de amonio, nitrógeno de nitritos, nitrógeno de nitratos y nitrógeno orgánico.

20 Convencionalmente, cuando la concentración de nitrógeno en estas aguas residuales es baja, se usa un procedimiento de intercambio iónico y oxidación con cloruro u ozono para eliminar el nitrógeno. Cuando la concentración de nitrógeno es media o elevada, se emplea un tratamiento biológico y habitualmente se hace funcionar en las siguientes condiciones.

25 En el tratamiento biológico, el tratamiento de nitrificación/desnitrificación se realiza mediante nitrificación aeróbica y desnitrificación anaeróbica. En la nitrificación aeróbica, el nitrógeno de amonio y nitrógeno de nitrito se oxidan mediante bacterias de oxidación de amonio (*Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus*, etc.) y bacterias de oxidación de nitritos (*Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* etc.). Sin embargo, en la desnitrificación anaeróbica, la desnitrificación se realiza mediante bacterias heterotróficas (*Pseudomonas denitrificans* etc).

30 Además de ello un recipiente de nitrificación para una nitrificación aeróbica se hace funcionar bajo una carga de 0,2 a 0,3 kg-N/m³/día, mientras que un recipiente de desnitrificación para una desnitrificación anaeróbica se hace funcionar bajo una carga de 0,2 a 0,4 kg-N/m³ por día. Para tratar el nitrógeno contenido en una concentración total de 30 a 40 mg/l en aguas residuales, las aguas residuales deben ser retenidas en un recipiente de nitrificación durante
 35 6 a 8 horas y en un recipiente de desnitrificación durante 5 a 8 horas. Para conseguir estos tratamientos, se requiere un recipiente de tratamiento grande. Además de ello, el recipiente de nitrificación y el recipiente de desnitrificación para ser usados en el tratamiento de efluentes industriales que contienen solamente componentes inorgánicos están diseñados para tratar las mismas cargas que anteriormente. Sin embargo, este caso requiere un material orgánico para la desnitrificación, por lo que habitualmente se añade metanol en una concentración tres o cuatro veces mayor que una
 40 concentración de nitrógeno. Por lo tanto, este caso tiene un problema en cuanto que se requiere no solamente un coste inicial, sino también un coste de mantenimiento elevado.

45 Sin embargo, recientemente, la oxidación anaeróbica de amonio, que es un procedimiento para eliminar nitrógeno de aguas residuales, ha sido un procedimiento de supresión de nitrógeno tan destacado y eficaz como económico (por ejemplo, véase la publicación de patente japonesa puesta a disposición del público n° 2001-37467). En la oxidación anaeróbica de amonio (ANAMMOX), el amonio y el nitrito son simultáneamente separados mediante bacterias de oxidación anaeróbica de amonio según el siguiente esquema de reacción:



55 Este procedimiento tiene las siguientes ventajas. Como se usa amonio como un donante de hidrógeno, la cantidad de metanol que va a ser usado para la desnitrificación puede ser significativamente reducida y se puede disminuir la cantidad de lodos en exceso.

Se describen también procedimientos anaeróbicos de amonio en el documento US-2002/074287 y en el artículo de Strous M *et al* "Ammonium Renoval from concentrated wasted streams with the Anammox process in different reactor configurations" en la publicación Water Research, Vol. 31, n° 8, Agosto de 1997, páginas 1995-1962.

60

Sumario de la invención

65 Sin embargo, para realizar un aparato de supresión de nitrógeno usando esta oxidación anaeróbica de amonio para un uso práctico, se deben resolver los siguientes problemas.

ES 2 313 141 T3

(1) Control de la relación de amonio (NH_4) a nitrito (NO_2) (en lo sucesivo denominado un “primer problema”)

En la oxidación anaeróbica de amonio, el amonio contenido en las aguas residuales es parcialmente oxidado a nitrito y seguidamente el amoníaco y el nitrito son simultáneamente desnitrificados mediante bacterias de oxidación anaeróbica de amoníaco. Por lo tanto, para realizar eficazmente la oxidación anaeróbica de amonio, la relación de nitrógeno de amonio a nitrógeno de nitrito debe ser ajustada hasta aproximadamente 1:1,32, como es evidente a partir de la estequiometría de la reacción. Sin embargo, es difícil controlar exactamente la relación más próxima a este valor. Se ha propuesto un procedimiento para controlar la relación de nitrógeno de amonio a nitrógeno de nitrito, por ejemplo, controlando una velocidad de nitrificación cuando la cantidad es tratada la cantidad global de aguas residuales. Sin embargo, este procedimiento tiene un problema difícil porque la velocidad de nitrificación puede variar grandemente dependiendo de la concentración de amonio de las aguas residuales.

(2) Inhibición del procedimiento de oxidación anaeróbica de amonio mediante el componente de BOD (en lo sucesivo denominado un “segundo problema”)

Es conocido que la eficacia de la oxidación anaeróbica de amonio disminuye debido a la inhibición por un componente BOD. Más específicamente, cuando está presente un componente BOD, tiene lugar no una reacción anaeróbica de oxidación de amonio sino una reacción de desnitrificación general, y se inhibe la proliferación de bacterias de oxidación anaeróbica de amonio, responsables de la oxidación anaeróbica de amonio.

(3) Nitrato restante en las aguas tratadas mediante el procedimiento de oxidación anaeróbica de amonio (denominado en lo sucesivo como un “tercer problema”)

Como es evidente a partir de la estequiometría, ya que se generan 0,26 moles de nitrato (NO_3) por mol de amonio en la oxidación anaeróbica de amonio y, por tanto, el nitrato se deja en las aguas tratadas. Por lo tanto, se debe disponer un dispositivo de tratamiento para separar el nitrato en dirección descendente del recipiente de oxidación anaeróbica de amonio. Sin embargo, si se proporciona discretamente este dispositivo de tratamiento, se ensancha el aparato global de supresión de nitrógeno.

La presente invención se consiguió considerando estas circunstancias. La presente invención no solamente puede superar el primero y tercer problemas, sino mejorar también el rendimiento de la oxidación anaeróbica de amonio y ser dirigida adicionalmente a proporcionar un procedimiento y un aparato para eliminar nitrógeno sin aumentar el tamaño del aparato.

Según un primer aspecto de la presente invención, para conseguir el objetivo anteriormente mencionado, se proporciona un procedimiento para eliminar nitrógeno, en el que el nitrógeno es suprimido de aguas residuales que contienen un componente de BOD y nitrógeno de amonio mediante oxidación anaeróbica de amonio, que comprende las etapas de:

distribuir las aguas residuales en dos partes que son un recipiente de nitrificación y un recipiente de desnitrificación a una relación de distribución predeterminada;

mezclar las primeras aguas tratadas que son nitrificadas por medio de bacterias oxidantes de amonio desde amoníaco hasta nitrito en el recipiente de nitrificación, con las segundas aguas tratadas que son desnitrificadas por bacterias de desnitrificación en el recipiente de desnitrificación; y

alimentar las aguas mezcladas a un recipiente de oxidación anaeróbica de amonio para desnitrificar simultáneamente amoníaco y nitrito mediante bacterias de oxidación anaeróbica de amonio, obteniendo así unas terceras aguas tratadas, que son tratadas en el recipiente de oxidación anaeróbica de amonio y que son seguidamente retroalimentadas al recipiente de desnitrificación para la desnitrificación y descomposición de BOD.

Según un segundo aspecto de la presente invención, para conseguir el objetivo anteriormente mencionado, se proporciona un aparato para eliminar nitrógeno, en el que el nitrógeno de aguas residuales que contienen un componente de BOD y nitrógeno de amonio se suprime mediante oxidación anaeróbica de amonio, que comprende:

un distribuidor, que distribuye las aguas residuales en dos partes;

un recipiente de nitrificación que se conecta a una primera parte de dichas dos partes, en el que amoníaco contenido en las aguas residuales distribuido a la primera parte es nitrificado por medio de bacterias oxidantes de amonio;

un recipiente de desnitrificación que se conecta a una segunda parte de dichas dos partes, en las que las aguas residuales distribuidas a la segunda parte son desnitrificadas mediante bacterias de desnitrificación;

un recipiente de oxidación anaeróbica de amonio, en el que las aguas mezcladas de las primeras aguas tratadas del recipiente de nitrificación y las segundas aguas tratadas del recipiente de desnitrificación son sometidas a una oxidación anaeróbica de amonio por medio de bacterias anaeróbicas de amonio; y

una línea de retorno que retroalimenta unas terceras aguas tratadas del recipiente de oxidación anaeróbica de amonio hasta el recipiente de desnitrificación para la desnitrificación y descomposición de BOD.

Las aguas residuales de amonio usadas en la presente memoria descriptiva y también en lo sucesivo se refieren a aguas residuales que contienen principalmente amonio como un componente de nitrógeno.

Según la presente invención, las aguas residuales de amonio que contienen un componente de BOD son distribuidas en dos partes a una relación de distribución predeterminada por el distribuidor. Casi la totalidad de la cantidad de amonio contenido en una de las partes de aguas residuales distribuidas es nitrificada en el recipiente de nitrificación para nitrógeno de nitrito para obtener unas primeras aguas tratadas. Por otra parte, la otra parte de aguas residuales distribuidas es desnitrificada mediante bacterias de desnitrificación en el recipiente de desnitrificación, para obtener unas segundas aguas residuales. Las segundas aguas tratadas se mezclan con las primeras aguas tratadas y las aguas mezcladas son alimentadas al recipiente de oxidación anaeróbica de amonio. La relación de nitrógeno de amonio a nitrógeno de nitrito de las aguas mezcladas puede ser fácilmente ajustada controlando la relación de distribución de las aguas residuales de esta manera. Por lo tanto, al contrario que en un procedimiento convencional, en el que una relación de nitrificación es controlada en el recipiente de nitrificación, la relación de nitrógeno de amonio a nitrógeno de nitrito puede ser exactamente controlada para que sea adecuada para un procedimiento de oxidación anaeróbica de amonio. Consecuentemente, todo lo que hay que hacer es ajustar previamente una relación de distribución predeterminada por el distribuidor con el fin de proporcionar una relación de nitrógeno de amonio a nitrógeno de nitrito adecuada para la oxidación anaeróbica de amonio.

En el recipiente de desnitrificación, se alimenta por una parte un componente de BOD contenido en la otra parte de las aguas residuales distribuidas por el distribuidor y, por otra parte, se alimenta el nitrato contenido en las terceras aguas tratadas, a través del conducto de retorno desde el recipiente de oxidación anaeróbica de amonio. Por tanto, en el recipiente de desnitrificación, las bacterias de desnitrificación median una reacción de desnitrificación usando el componente de BOD como un donante de hidrógeno. Como consecuencia, son disminuidos en cantidad al mismo tiempo el componente de BOD de las segundas aguas tratadas alimentadas al recipiente de oxidación anaeróbica de amonio y el nitrito contenido en las terceras aguas tratadas. Debe apreciarse que, como el componente de BOD es separado también mediante oxidación aeróbica en el recipiente de nitrificación, ha sido disminuido el componente de BOD de las primeras aguas residuales.

Además de ello, las primeras aguas tratadas contienen oxígeno disuelto (en lo sucesivo denominado "DO") ya que la oxidación aeróbica se realiza en el recipiente de nitrificación mientras se airea oxígeno (aire). El DO es diluido mezclando las segundas aguas tratadas que no contienen DO alimentadas desde el recipiente de desnitrificación con las primeras aguas tratadas. De esta manera, como las aguas mezcladas que contienen un componente de DO bajo y un componente de BOD bajo pueden ser enviadas al recipiente de oxidación anaeróbica de amonio, se puede mejorar el rendimiento del tratamiento llevado a cabo en el recipiente de oxidación anaeróbica de amonio.

Por tanto, la presente invención puede resolver los problemas primero a tercero al mismo tiempo y mejorar el rendimiento de la oxidación anaeróbica de amonio. Además, como la estructura del aparato está constituida de forma sistémica, se puede evitar un aumento del aparato. La presente invención es particularmente eficaz cuando la concentración de componente de BOD en las aguas residuales es de 40 mg/l o más.

Según un tercer aspecto de la presente invención, el aparato según el segundo aspecto comprende adicionalmente un recipiente de oxidación de BOD entre el distribuidor y el recipiente de nitrificación. Con la estructura, es posible evitar que disminuya el rendimiento de nitrificación debido a una inhibición por un componente de BOD en el recipiente de nitrificación. Además, como disminuye adicionalmente el contenido del componente de BOD en las primeras aguas tratadas, se puede disminuir adicionalmente la cantidad de componente de BOD que fluye en el recipiente de oxidación anaeróbica de amonio. En particular, la presente invención es eficaz cuando la concentración del componente de BOD es de 100 mg/l o más.

Según un cuarto aspecto de la presente invención, el aparato según uno de los aspectos 2 y 3 comprende adicionalmente un dispositivo mezclador que mezcla las primeras aguas tratadas y las segundas aguas tratadas y es proporcionado en dirección ascendente del recipiente de oxidación anaeróbica de amonio. Esto es porque cuando la concentración de nitrógeno de nitrito sobrepasa los 200 mg/l se inhibe la activación de las bacterias de oxidación anaeróbica de amonio, deteriorando así el rendimiento de supresión de nitrógeno. Por tanto, la concentración de nitrógeno de nitrito de las aguas mezcladas es preferentemente de 200 mg/l o menos.

Según un quinto aspecto de la presente invención, el aparato según uno cualquiera de los aspectos 2 a 4 comprende adicionalmente un conducto de retroalimentación que retroalimenta las terceras aguas tratadas a una entrada del recipiente de oxidación anaeróbica de amonio. Retroalimentando las terceras aguas tratadas con una concentración disminuida de nitrógeno de nitrito, debida al tratamiento realizado en el recipiente de oxidación anaeróbica de amonio a la entrada del recipiente de oxidación anaeróbica de amonio de esta manera, se puede disminuir la concentración de nitrógeno de nitrito de las aguas mezcladas. De esta forma, puede ser controlada la concentración de nitrógeno de nitrito de las aguas mezcladas para que no aumente excesivamente.

Como se describió en lo que antecede, según el procedimiento y el aparato para eliminar nitrógeno de la presente invención, es posible resolver los problemas relacionados con el control de la relación de nitrógeno de amonio (NH_4) a

nitrógeno de nitrito (NO_2), la inhibición de la oxidación anaeróbica de amonio por un componente de BOD y el nitrito restante en las aguas tratadas puede ser tratado mediante la oxidación anaeróbica de amonio, mejorando asimismo el rendimiento de la oxidación anaeróbica de amonio. Además de ello, se evita el aumento del aparato.

5 Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una representación conceptual que muestra la estructura completa de un aparato de supresión de nitrógeno según la presente invención;

La Fig. 2 es una representación conceptual del aparato de supresión de nitrógeno mostrado en la Fig. 1, que tiene adicionalmente un recipiente de oxidación de BOD en un primer conducto de conexión entre un distribuidor y un recipiente de nitración;

La Fig. 3 es una representación conceptual del aparato de supresión de nitrógeno mostrado en la Fig. 2, que tiene adicionalmente un dispositivo mezclador en un punto de mezcla de un tercer conducto con un cuarto conducto; y

La Fig. 4 es una representación conceptual del aparato de supresión de nitrógeno mostrado en la Fig. 1, que tiene adicionalmente un conducto de retroalimentación para retroalimentar unas terceras aguas tratadas a la entrada del recipiente de oxidación anaeróbica de amonio.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Las realizaciones preferidas de un procedimiento y aparato para eliminar nitrógeno según la presente invención se describirán seguidamente por medio de los dibujos que se acompañan.

La Fig. 1 es una representación conceptual para ser usada en la explicación de la estructura completa de un aparato para eliminar nitrógeno según la presente invención.

Como se muestra en la Fig. 1, un aparato 10 de supresión de nitrógeno de la presente invención está constituido principalmente por un distribuidor 12, un recipiente 14 de nitrificación para nitrógeno de nitrito, un recipiente 16 de desnitrificación y un recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio, que están sistemáticamente conectados por medio de un conducto con el fin de no aumentar el tamaño del aparato 10.

Las aguas residuales de amonio que fluyen a través del conducto 20 de agua en bruto son alimentadas al distribuidor 12 por medio de una bomba 22 de agua en bruto y son distribuidas por el distribuidor 12 a una relación de distribución predeterminada (la bomba 22 de agua en bruto no siempre es necesaria). Una parte de las aguas residuales así distribuidas es alimentada al recipiente 14 de nitrificación para nitrógeno de nitrito por medio de un primer conducto 24, mientras que la otra parte de las aguas residuales es alimentada al recipiente 16 de desnitrificación por medio de un segundo conducto 26. Unas primeras aguas tratadas obtenidas en el recipiente 14 de nitrificación son alimentadas al recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio por medio de un tercer conducto 28; al mismo tiempo unas segundas aguas tratadas, que son tratadas en el recipiente 16 de desnitrificación, son alimentadas a través de un cuarto conducto 30 y mezcladas hasta la mitad del tercer conducto 28. Unas terceras aguas tratadas obtenidas en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio son parcialmente descargadas fuera del sistema por medio de un conducto 32 de aguas tratadas. La parte restante de las terceras aguas tratadas es desviada por medio de un divisor de flujo 34 proporcionado en la mitad del conducto 32 de aguas tratadas y retroalimentada al recipiente 16 de desnitrificación por medio de un quinto conducto 36 para la desnitrificación y descomposición de BOD. Se proporciona una bomba 38 de retorno en el quinto conducto 36. El conducto 32 de aguas tratadas, divisor de flujo 34, quinto conducto 36 y la bomba 38 de retorno constituyen una línea de retorno.

La relación de distribución predeterminada por el distribuidor 12 se controla preferentemente de forma que la relación en moles de nitrógeno de amonio a nitrógeno de nitrito en la entrada final del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio caiga hasta las proximidades de 1:1,3. Si la cantidad de flujo en el primer conducto 24 se define como A y la cantidad de flujo del segundo conducto 26 se define como B, la relación de distribución puede ser expresada mediante $A/(A+B)$. La relación de distribución $A/(A+B)$ se sitúa preferentemente en el intervalo de 50 a 75%, más preferentemente en el intervalo de 55 a 70%.

En el recipiente 14 de nitrificación para nitrógeno de nitrito, una parte de las aguas residuales distribuidas por el distribuidor 12 es alimentada a través del primer conducto 24 y el amonio contenido en las aguas residuales es oxidado a nitrito en su totalidad mediante bacterias de oxidación de amonio. El recipiente 14 de nitrificación está relleno preferentemente con materiales portadores o medios de unión que tienen bacterias de oxidación de amonio inmovilizadas en los mismos. Las bacterias de oxidación de amonio que van a ser inmovilizadas pueden ser las separadas de un lodo o similar, o lodo activado que contiene una comunidad microbiana en la que proliferan preferentemente bacterias de oxidación de amonio. En este caso, el material portador de inmovilización puede ser un material portador de inmovilización de atrapamiento que tiene bacterias de oxidación de amonio atrapadas en el mismo o un material portador de inmovilización por adhesión, que tiene las bacterias adheridas en la superficie.

Como un material para este material portador de inmovilización, se puede hacer uso, pero sin limitación, de un gel de poli(alcohol vinílico), ácido algínico o polietilenglicol; o un plástico hecho de celulosa, poliéster, polipropileno o

cloruro de vinilo. Como el material portador de inmovilización, se puede hacer uso preferentemente de un producto conformado que tenga una forma esférica, cilíndrica o cúbica o una forma porosa, de panal o esponjosa. Como los medios de unión, se pueden usar preferentemente medios formados por cloruro de vinilo o polietileno. Además de ello, la presente invención es aplicable a gránulos que aprovechan la auto-granulación de microbios.

Para fabricar un material portador de inmovilización por atrapamiento para nitrógeno de nitrito, se puede hacer uso de un procedimiento que comprende la etapa de inmovilizar un lodo microbiano que contiene muchos tipos de bacterias que incluyen bacterias de oxidación de amonio y bacterias, de oxidación de nitrito, en un material portador por atrapamiento y calentar el material de inmovilización por atrapamiento, inactivando así las bacterias de oxidación de nitrito contenidas en el lodo microbiano. En este caso, el tratamiento por calentamiento se realiza a una temperatura preferentemente en el intervalo de 50 a 90°C y más preferentemente 60 a 80°C durante un período de tiempo preferentemente en el intervalo de 20 minutos a una semana y más preferentemente 20 minutos a 24 horas. Como un procedimiento para eliminar la activación de oxidación de nitrito de un material portador de inmovilización y un lodo activado colocado en el recipiente 14 de nitrificación, se hace uso de un procedimiento para controlar el oxígeno disuelto (DO) del recipiente 14 de nitrificación en 2,0 mg/l o menos y un procedimiento para proporcionar al recipiente 14 de nitrificación un contenido de amonio tan elevado como 1,0 kg-N/m³ por día, pero sin estar limitado a estos valores.

La relación de relleno del recipiente 14 de nitrificación con materiales portadores inmovilizados es preferentemente de 5 a 40% en volumen y, más preferentemente, de 8 a 20% en volumen. La relación de relleno del recipiente 14 de nitrificación con medios de unión es preferentemente de 30 a 80% en términos de volumen aparente y, más preferentemente 40 a 70%. La relación de relleno con gránulos es preferentemente de 20 a 80 en volumen y más preferentemente, 30 a 60%.

Al recipiente 16 de desnitrificación se añaden aguas residuales que contienen amonio y un componente de BOD a través del segundo conducto 26; al mismo tiempo, las terceras aguas tratadas que contienen nitrato son alimentadas a través de la línea de retorno desde el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio. Cuando las aguas residuales y las terceras aguas tratadas se mezclan en el recipiente 16 de desnitrificación, la reacción de convertir nitrato en gas nitrógeno está mediada por las bacterias de desnitrificación en el recipiente 16 de desnitrificación, mediante el uso del componente de BOD como un donante de hidrógeno. De esta manera, no solamente el componente de BOD en las aguas residuales, sino también el nitrato restante después del tratamiento en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio pueden ser tratados simultáneamente en el recipiente 16 de desnitrificación. Si es necesario, puede ser añadido un donante de hidrógeno orgánico, como metanol, en el recipiente 16 de desnitrificación. Sin embargo, el tratamiento para reducir el contenido del componente de BOD en las aguas residuales debe ser prioritario al recipiente 16 de desnitrificación. La concentración del componente de BOD en las segundas aguas tratadas alimentadas desde el recipiente 16 de desnitrificación se reduce preferentemente hasta 60 mg/l o menos y más preferentemente 40 mg/l o menos.

Es preferible también rellenar el recipiente 16 de desnitrificación con materiales portadores de inmovilización o medios de unión, de la misma manera que en el recipiente 14 de nitrificación. Debe apreciarse que en el caso del recipiente 16 de desnitrificación, las bacterias de desnitrificación están inmovilizadas en los materiales portadores de inmovilización o medios de unión. Las bacterias de desnitrificación que van a ser inmovilizadas pueden ser separadas de microbios o lodo activado o similar o lodo activado que contenga una comunidad microbiana en la que proliferen preferentemente bacterias de desnitrificación. Debe apreciarse que el material y la forma del material portador de inmovilización, el material para los medios de unión y la relación de relleno del recipiente 16 de desnitrificación con el material portador inmovilizado o medios de unión son iguales que los descritos en el caso del recipiente 14 de nitrificación y, por lo tanto, se omiten en la presente descripción. No está particularmente restringido un contenido de nitrógeno basado en la suma (NO_x-N) de nitrógeno de nitrito (NO₂-N) y nitrógeno de nitrato (NO₃-N); sin embargo, se sitúa preferentemente en el intervalo de 0,1 a 0,8 Kg-N/m³/día y más preferentemente 0,2 a 0,6 kg-N/m³/día.

Las aguas mezcladas de las primeras aguas tratadas del recipiente 14 de nitrificación con las segundas aguas tratadas del recipiente 16 de desnitrificación fluyen en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio y seguidamente las bacterias de oxidación anaeróbica de amonio contenidas en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio desnitrifican el amonio y nitrito contenidos en las aguas mezcladas, simultáneamente. En este momento, se produce nitrato en una cantidad de 0,26 moles por mol de amoníaco. En la presente invención, es importante alimentar aguas mezcladas a las primeras aguas tratadas con las segundas aguas tratadas en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio y las primeras aguas tratadas no deben ser alimentadas con las segundas aguas tratadas en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio y las primeras aguas tratadas no deben ser alimentadas en el recipiente 16 de desnitrificación. Esto es porque si las primeras aguas tratadas son alimentadas al recipiente 16 de desnitrificación, el nitrito producido en el recipiente 14 de desnitrificación es desnitrificado por el componente de BOD contenido en las aguas residuales y, por tanto, se suministra una cantidad reducida de nitrito al recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio en la dirección descendente, con el resultado de que no se proporciona suficientemente el nitrito necesario para la reacción realizada en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio. Como consecuencia, aumenta la concentración de nitrógeno de amonio en las terceras aguas tratadas alimentadas desde el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio, disminuyendo significativamente la velocidad de supresión de nitrógeno.

Aunque no se conoce mucho sobre las bacterias de oxidación anaeróbica de amonio, se comenta que las bacterias pueden estar representadas por *Planctomycete*. Se ha informado que la velocidad de proliferación de las bacterias de

oxidación anaeróbica de amonio es tan considerablemente baja como de $0,001 \text{ h}^{-1}$ (Véase, por ejemplo, Strous *M et al.*, Nature 400, 446 (1999)). El recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio está relleno preferentemente con los gránulos de inmovilización o medios de unión que tienen las bacterias de oxidación anaeróbica de amonio unidas a los mismos. Debe apreciarse que las bacterias de oxidación anaeróbica de amonio que van a ser inmovilizadas pueden ser obtenidas enriqueciendo cultivos de microbios de lodos activados o similar o pueden ser un lodo activado que contenga bacterias de oxidación anaeróbica de amonio. El material y la forma del material portador de inmovilización son los mismos que los explicados en el caso del recipiente 14 de nitrificación y, por tanto, se omite la explicación en la presente descripción. Además de ello, el procedimiento de inmovilización usado en la presente descripción no está particularmente limitado y, por ejemplo, se puede hacer uso de un procedimiento para adherir bacterias en un material de inmovilización por adhesión como una tela no tejida y de plástico, un procedimiento para atrapar bacterias en un gel, un procedimiento para formar una película biológica en un gránulo de plástico e inmovilizar bacterias en la membrana y un procedimiento para usar bacterias en forma de un gránulo. La relación de relleno con el material de inmovilización es preferentemente de 10 a 40% en volumen y, más preferentemente, 15 a 30% en volumen. La relación de relleno con una tela no tejida es preferentemente de 40 a 90% en términos de relación de relleno aparente y, más preferentemente, de 50 a 80%. La relación de relleno con medios de unión es preferentemente de 30 a 80% en términos de volumen aparente y, más preferentemente, de 40 a 70%. La relación de relleno con gránulos es preferentemente de 20 a 80% en volumen, y, más preferentemente, 30 a 60%.

En el aparato 10 para eliminar nitrógeno mostrado en la Fig. 2, se proporciona adicionalmente un recipiente 40 de oxidación de BOD en la trayectoria del primer conducto 24 de conexión entre el distribuidor 12 y el recipiente 14 de nitrificación del aparato 10 de supresión de nitrógeno mostrado en la Fig. 1. Debe apreciarse que los números de referencia son usados para indicar aparatos y elementos estructurales iguales correspondientes a los de la Fig. 1 y cualquier explicación adicional es omitida por motivos de brevedad.

Como se describió, la presencia del recipiente 40 de oxidación de BOD dispuesto en la mitad del primer conducto 24 de conexión entre el distribuidor 12 y el recipiente 14 de nitrificación puede evitar que la actividad de las bacterias de oxidación de amonio reduzca el suministro del componente de BOD al recipiente 14 de nitrificación. Debido a esto, la velocidad de conversión de amonio en nitrito puede ser aumentada, de forma que el amonio contenido en una parte de las aguas residuales distribuidas por el distribuidor 12 puede ser oxidado a nitrito en su totalidad. Debe apreciarse que el recipiente 40 de oxidación de BOD es proporcionado preferentemente en dirección descendente del distribuidor 12. Esto es porque en algunos casos, parte del amonio es nitrificado simultáneamente con la oxidación del componente de BOD para producir nitrito y nitrato, con el resultado de que cambia la relación de componentes de nitrógeno de amonio, nitrito y nitrato presentes en las aguas residuales, haciendo difícil que el distribuidor 12 controle la relación de amonio a nitrito de forma exacta. El recipiente 40 de oxidación de BOD está equipado preferentemente con un dispositivo para inmovilizar microbios por adhesión, análogamente al caso del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio. Ejemplos del procedimiento de inmovilización incluyen adecuadamente, pero no de forma particularmente limitada, un procedimiento para unir bacterias a medios como una tela no tejida o un plástico, un procedimiento para atrapar bacterias en un gel y un procedimiento para formar una película biológica en un material portador de plástico e inmovilizar bacterias en la membrana. Debe apreciarse que la relación de relleno del gránulo inmovilizado, tela no tejida y medios de unión son iguales que en el caso del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio.

En el aparato 10 de supresión de nitrógeno mostrado en la Fig. 3, se proporciona un dispositivo mezclador 42 en la posición en que el tercer conducto 28 y el cuarto conducto 30 están empalmados en el aparato 10 de supresión de nitrógeno mostrado en la Fig. 2. Debe apreciarse que los números de referencia iguales son usados para indicar aparatos y elementos estructurales iguales correspondientes a los de las Figs. 1 y 2 y se omite cualquier explicación adicional por motivos de brevedad.

Como dispositivo mezclador 42, puede ser usado adecuadamente un recipiente mezclador equipado con un agitador y un mezclador de línea. Es necesario evitar que disuelva oxígeno (aire) durante una operación de mezclado. Por lo tanto, la operación de mezclado se realiza preferentemente en una cámara hermética al aire o se realiza con agitación bajo aireación de un gas con bajo contenido de oxígeno. La presencia del dispositivo mezclador 42 proporcionado en el punto de empalme del tercer conducto 28 con el cuarto conducto 30 hace posible mezclar las primeras aguas tratadas que contienen nitrito con las segundas aguas tratadas que contienen amonio, para obtener nitrito a una concentración uniforme. Como consecuencia, es posible evitar que el nitrito de concentración elevada fluya directamente en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio. Esto es porque si el nitrito de concentración elevada fluye directamente en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio, la concentración de nitrógeno de nitrito aumenta localmente en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio con el resultado de que la actividad de las bacterias de oxidación anaeróbica de amonio responsables de la reacción de oxidación anaeróbica de amonio puede a veces disminuir o ser inactivada. En particular, el dispositivo mezclador 42 es necesario cuando la concentración de nitrógeno de nitrito en las primeras aguas tratadas alimentadas desde el recipiente 14 de nitrificación sobrepasa los 310 mg/l, y el dispositivo mezclador 42 es proporcionado preferentemente cuando la concentración sobrepasa los 200 mg/l.

En el aparato de supresión de nitrógeno mostrado en la Fig. 4, se proporciona un conducto 44 de retroalimentación para retroalimentar las terceras aguas tratadas a la entrada del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio y simultáneamente se proporciona una bomba 46 de retroalimentación en el conducto 44 de retroalimentación en el aparato 10 de supresión de nitrógeno mostrado en la Fig. 1. En este caso, el conducto 44 de retroalimentación y la bomba 46 de retroalimentación constituyen una línea de retroalimentación. Debe apreciarse que los números de

referencia iguales son usados para indicar aparatos y elementos estructurales iguales correspondientes a los de las Figs. 1, 2 y 3 y se omite cualquier explicación adicional por motivos de brevedad.

Como se mencionó anteriormente, la presencia de la línea de retroalimentación para retroalimentar las terceras aguas tratadas, a la entrada del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio, retroalimenta las terceras aguas tratadas que han sido tratadas en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio y con concentración reducida de nitrógeno de nitrito a la entrada del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio, con el resultado de que se puede reducir la concentración de nitrógeno de nitrito de las aguas tratadas. En particular, se proporciona preferentemente la línea de retroalimentación cuando la concentración de nitrógeno de nitrito de las primeras aguas tratadas sobrepasa los 200 mg/l. Cuando la concentración de nitrógeno de nitrito sobrepasa los 310 mg/ml, se usan preferentemente tanto el dispositivo mezclador 42 como la línea de retroalimentación.

Debe apreciarse que en las Fig. 1 a 4, se forma una estructura básica del distribuidor 12, recipiente 14 de nitrificación, recipiente 16 de desnitrificación, recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio y línea de reciclado (Fig. 1). Además de la estructura básica, se proporciona el recipiente 40 de oxidación de BOD en el caso de la Fig. 2; el recipiente 40 de oxidación de BOD y el dispositivo mezclador 42 son proporcionados en el caso de la Fig. 3; y la línea de retroalimentación es proporcionada en el caso de la Fig. 4. Sin embargo, se puede proporcionar la totalidad del recipiente 40 de oxidación de BOD, dispositivo mezclador 42 y línea de retroalimentación.

Ejemplos

Seguidamente se explicarán ejemplos de la presente invención; sin embargo, la presente invención no debe estar limitada a estos ejemplos.

Ejemplo 1

Se realizó un tratamiento de ensayo de aguas residuales mediante el uso del aparato 10 de supresión de nitrógeno según la presente invención, mostrado en la Fig. 1.

Aguas residuales sometidas a ensayo

Como las aguas residuales sometidas a ensayo, se usó una solución diluida de líquido de descomposición de lodos de aguas residuales digeridas después de que la concentración de nitrógeno de amonio ($\text{NH}_4\text{-N}$) se ajustara a 300 mg/l añadiendo sulfato de amonio como una fuente de $\text{NH}_4\text{-N}$. Las aguas residuales así ajustadas tenían una concentración de componente de BOD de 18 mg/l y una concentración de nitrito (NO_2) y una concentración de nitrato (NO_3) que eran ambas de 5 mg/l o menos.

Condiciones de tratamiento

- La relación de distribución por el distribuidor 12: el primer conducto 24 al segundo conducto 26 = 65:35.
- El contenido de volumen de cada uno de los recipientes 14, 16 y 18 se determinó basado en una concentración de aguas residuales ($\text{NH}_4\text{-N}$) = 300 mg/ml. El contenido de volumen del recipiente 14 de nitrificación se ajustó a 0,6 kg-N/m³/día. Además de ello, el recipiente 14 de nitrificación se rellenó con gránulos de inmovilización por atrapamiento, que fueron previamente calentados a 60°C durante una hora, con el fin de conseguir una relación de relleno de 15% en volumen.
- El contenido de nitrógeno del recipiente 16 de desnitrificación basado en la suma ($\text{NO}_x\text{-N}$) de nitrógeno de nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$) y nitrógeno de nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$) se ajustó a 0,3 kg-N/m³/día. El recipiente 16 de desnitrificación se rellenó con medios de unión hechos de cloruro de vinilo con el fin de conseguir una relación de relleno aparente de 60%. Los medios de unión para las bacterias tenían una porosidad de 98% o más.
- El contenido de nitrógeno del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio se ajustó a 3,0 kg-N/m³/día. Además de ello, el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio se rellenó con tela sin tejer (material portador de bio-película) que tenía bacterias de oxidación anaeróbica de amonio adheridas a la misma con el fin de conseguir una relación de relleno aparente de 80%. La tela no tejida se tejió, teniendo un diámetro de abertura de 510 μm en la forma de crisantemo y tenía una porosidad de 99% o más.
- La cantidad de flujo de las terceras aguas tratadas para ser retroalimentadas al recipiente 16 de desnitrificación para retornar fue igual a la de las aguas residuales (agua en bruto) suministradas desde el conducto 20 de agua en bruto.
- El funcionamiento para el ensayo se realizó después de que se realizara una operación de aclimatación durante aproximadamente 2 meses y se confirmó que la calidad de las aguas tratadas finales que salían del conducto 32 de aguas tratadas se hizo estable. El funcionamiento del ensayo se realizó durante 2 meses para obtener datos experimentales.

Ejemplo comparativo 1

El funcionamiento se realizó sustancialmente en las mismas condiciones que en el ejemplo 1, con la excepción de que el recipiente 16 de desnitrificación no fue proporcionado en el aparato de supresión de nitrógeno del ejemplo 1.

La calidad de las aguas tratadas finales del ejemplo 1 y el ejemplo comparativo 1 se muestran en la Tabla 1. Los valores entre paréntesis son promedios.

TABLA 1

	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)
Ejemplo 1	20-26 (24)	31-38 (35)	5 o menos
Ejemplo comparativo 1	41-58 (48)	57-67 (61)	5 o menos

Como es evidente a partir de la Tabla 1, la concentración de nitrógeno de amonio que permanecía en las aguas tratadas finales del ejemplo 1 era aproximadamente la mitad de la del ejemplo comparativo 1. Por lo tanto, la velocidad de supresión de nitrógeno se mejoró mediante el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio. Aunque las condiciones en el recipiente 14 de nitrificación dispuesto en dirección ascendente del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio eran las mismas entre el ejemplo 1 y el ejemplo comparativo 1, la velocidad de reacción en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio disminuyó. A partir de esto, se considera que la concentración de componente de BOD, que varía dependiendo de la presencia o ausencia del recipiente 16 de desnitrificación, y que es alimentado en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio, puede afectar a la velocidad de reacción en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio.

Ejemplo 2

Se realizó un tratamiento de ensayo de aguas residuales mediante el uso del aparato 10 de supresión de nitrógeno según la presente invención, mostrado en la Fig. 2.

Aguas residuales sometidas a ensayo

Como las aguas residuales sometidas a ensayo, se usó una solución diluida de líquido de descomposición de lodos de aguas residuales digeridas, después de que su concentración de nitrógeno de amonio (NH₄-N) y concentración de componente de BOD se ajustarán respectivamente, a 300 mg/l añadiendo sulfato de amonio como fuente de NH₄-N, y 200 mg/l, añadiendo acetato de sodio como fuente de componente de BOD. Debe apreciarse que la concentración de nitrito (NO₂) y la concentración de nitrato (NO₃), de las aguas residuales así ajustadas eran de 5 mg/l o menos.

Condiciones del tratamiento

- La relación de distribución por el distribuidor 12: el primer conducto 24 al segundo conducto 26 = 65:35.
- El contenido de volumen de cada uno de los recipientes 14, 16 y 18 se determinó basado en una concentración de aguas residuales (NH₄-N) = 300 mg/ml. El contenido de volumen del recipiente 14 de nitrificación se ajustó a 0,6 kg-N/m³/día. Además de ello, el recipiente 14 de nitrificación se rellenó con gránulos de inmovilización por atrapamiento, que fueron previamente calentados a 60°C durante una hora, con el fin de conseguir una relación de relleno de 15% en volumen.
- El contenido de nitrógeno del recipiente 16 de desnitrificación basado en la suma (NO_x-N) de nitrógeno de nitrito (NO₂-N) y nitrógeno de nitrato (NO₃-N) se ajustó a 0,3 kg-N/m³/día. El recipiente 16 de desnitrificación se rellenó con medios de unión hechos de polipropileno con el fin de conseguir una relación de relleno aparente de 10%.
- El contenido de nitrógeno del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio se ajustó a 3,0 kg-N/m³/día. Además de ello, el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio se rellenó con una tela no tejida que tenía bacterias de oxidación anaeróbica de amonio adheridas a la misma con el fin de conseguir una relación de relleno aparente de 80%. La tela no tejida fue tejida de fibra hueca que tenía un diámetro de abertura de 510 μm en forma de crisantemo y tenía una porosidad de 99% o más.
- La cantidad de flujo de las terceras aguas tratadas para ser retroalimentadas al recipiente 16 de desnitrificación para retornar fue igual a la de las aguas residuales (agua en bruto) suministradas desde el conducto 20 de agua en bruto.

ES 2 313 141 T3

- El funcionamiento para el ensayo se realizó después de que se realizara una operación de aclimatación durante aproximadamente 3 meses y se confirmó que la calidad de las aguas tratadas finales que salían del conducto 32 de aguas tratadas se hizo estable. El funcionamiento del ensayo se realizó durante 2 meses para obtener datos experimentales.

Ejemplo comparativo 2

El funcionamiento se realizó sustancialmente en las mismas condiciones que en el ejemplo, con la excepción de que el recipiente 16 de desnitrificación y el recipiente 40 de oxidación de BOD no fueron proporcionados en el aparato de supresión de nitrógeno del ejemplo 2.

La calidad de las aguas tratadas finales del ejemplo 2 y ejemplo comparativo 2 se muestran en la Tabla 2. Los valores entre paréntesis son promedios.

TABLA 2

	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)
Ejemplo 2	24-31 (27)	18-23 (21)	5 o menos
Ejemplo comparativo 2	El funcionamiento se detuvo mediante una disminución rápida de la velocidad de supresión de nitrógeno. El nitrógeno de amonio es más de 100 mg/l		

Como es evidente a partir de la Tabla 2, aunque las aguas residuales del ejemplo 2 tenían una concentración de componente de BOD 10 o más veces mayor que la del ejemplo 1, la concentración de nitrógeno de amonio que permanecía en las aguas tratadas finales se redujo al nivel del ejemplo 1. Además de ello, la concentración de nitrato que permanecía en las aguas tratadas finales era inferior al nivel del ejemplo 1. Esto sugiere que cuando las aguas residuales que tienen una concentración de componente de BOD son tratadas por medio del aparato 10 de supresión de nitrógeno construido como se muestra en el ejemplo 2, el nivel del nitrato que permanece en las aguas tratadas finales puede ser reducido y la inhibición del componente de BOD puede ser editada en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio. La velocidad de supresión de nitrógeno en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio era de aproximadamente 2,7 kg-N/m³/día.

Por otra parte, en el ejemplo comparativo 2, se redujo el rendimiento de supresión de nitrógeno del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio. Como la velocidad de supresión de nitrógeno en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio disminuyó hasta 0,2 kg-N/m³/día dos semanas después del inicio del funcionamiento, el funcionamiento se detuvo. Se considera que un componente de BOD introducido en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio puede inhibir una reacción de oxidación anaeróbica de amonio.

Ejemplo 3

Se realizó un tratamiento de ensayo de aguas residuales mediante el uso del aparato 10 de supresión de nitrógeno según la presente invención, mostrado en la Fig. 4.

Aguas residuales sometidas a ensayo

Se usaron las mismas aguas residuales usadas en el ejemplo 1.

Condiciones del tratamiento

- La relación de distribución por el distribuidor 12: el primer conducto 24 al segundo conducto 26 = 65:35.
- El contenido de volumen de cada uno de los recipientes 14, 16 y 18 se determinó basado en una concentración de aguas residuales (NH₄-N) = 300 mg/ml. El contenido de volumen del recipiente 14 de nitrificación se ajustó a 0,6 kg-N/m³/día. Además de ello, el recipiente 14 de nitrificación se rellenó con gránulos de inmovilización por atrapamiento, que fueron previamente calentados a 60°C durante una hora, con el fin de conseguir una relación de relleno de 15% en volumen.
- El contenido de nitrógeno del recipiente 16 de desnitrificación basado en la suma (NO_x-N) de nitrógeno de nitrito (NO₂-N) y nitrógeno de nitrato (NO₃-N) se ajustó a 0,2 kg-N/m³/día. El recipiente 16 de desnitrifi-

ES 2 313 141 T3

cación se rellenó con medios de unión hechos de cloruro de vinilo con el fin de conseguir una relación de relleno aparente de 55%.

- El recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio se rellenó con materiales portadores huecos de 3 mm de largo hechos de polipropileno y uniendo bacterias de oxidación anaeróbica de amonio a los mismos con el fin de conseguir una relación de relleno aparente de 20%. El contenido de volumen se ajustó a 3,0 kg-N/m³/día.
- La cantidad de flujo de las terceras aguas tratadas para ser retroalimentadas al recipiente 16 de desnitrificación para retornar era igual al de las aguas residuales (agua en bruto) suministradas desde el conducto 20 de agua en bruto.
- La bomba 46 de retroalimentación se controló con el fin de retroalimentar las aguas tratadas a un caudal 1,5 veces mayor que el del agua en bruto.
- La calidad de las aguas tratadas finales que salían del conducto 32 de aguas tratadas en el que se usó la bomba 46 de retroalimentación (Ejemplo 3) y en el que se usó la bomba 46 de retroalimentación (Ejemplo comparativo 3) se muestran en la Tabla 3. El valor entre paréntesis es un promedio.

TABLA 3

	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)
Ejemplo 3	21-28 (24)	30-37 (35)	5 o menos
Ejemplo comparativo 3	36-44 (40)	26-34 (31)	17-22 (18)

Como se confirma a partir de estos resultados, el rendimiento de supresión de nitrógeno disminuyó en el ejemplo comparativo 3 en el que no se usó la bomba 46 de retroalimentación. Esto es supuestamente porque las bacterias de oxidación anaeróbica de amonio no se adhirieron suficientemente a los gránulos colocados en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio, y se dejó nitrito en una concentración de aproximadamente 12 mg/l en el flujo de agua a través del conducto 32 de aguas tratadas. Más específicamente, se considera que como el nitrito encontrado en el conducto 32 de aguas tratadas fue retroalimentado al recipiente 16 de desnitrificación por medio de la bomba 38 de retorno, tiene lugar una reacción de desnitrificación en el recipiente 16. Por lo tanto, la relación de nitrógeno de amonio a nitrógeno de nitrito en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio se desvió desde un valor apropiado (provocando una escasez de NO₂), aumentando la concentración de amonio en las aguas tratadas.

Por el contrario, en el caso en el que se usó la bomba 46 de retroalimentación, no se detectó NO₂ en el flujo de agua a través del conducto 36 y el nitrito detectado en el conducto 32 de aguas tratadas se retroalimentó en su totalidad a la entrada del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio. Por lo tanto, como la escasez de NO₂ no está confirmada a la entrada del recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio, no hubo ninguna desviación de la relación de amonio a nitrito desde la apropiada. Por lo tanto, en el ejemplo, las aguas tratadas se obtuvieron con una buena calidad.

Cuando se usó la bomba 46 de retroalimentación, se pudo mantener la relación apropiada de amonio a nitrito. Por lo tanto, se confirmó que la eficacia de la reacción en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio aumenta, con el resultado de que fue mejorada la calidad de las aguas tratadas en el recipiente 18 de oxidación anaeróbica de amonio y del sistema completo.

REIVINDICACIONES

5 1. Un procedimiento para eliminar nitrógeno, en el que el nitrógeno es suprimido de aguas residuales que contienen un componente de BOD y nitrógeno de amonio mediante oxidación anaeróbica de amonio, que comprende las etapas de:

distribuir las aguas residuales en dos partes que son un recipiente (14) de nitrificación y un recipiente (16) de desnitrificación a una relación de distribución predeterminada;

10 mezclar las primeras aguas tratadas que son nitrificadas por bacterias de oxidación de amonio de amoníaco a nitrito en el recipiente (14) de nitrificación, con las segundas aguas tratadas que son desnitrificadas por bacterias de desnitrificación en el recipiente (16) de desnitrificación; y

15 alimentar las aguas mezcladas a un recipiente (18) de oxidación anaeróbica de amonio para desnitrificar simultáneamente amoníaco y nitrito por medio de bacterias de oxidación de amonio, obteniéndose así unas terceras aguas tratadas, que son tratadas en el recipiente (18) de oxidación anaeróbica de amonio, que seguidamente son retroalimentadas al recipiente (16) de desnitrificación para la desnitrificación y descomposición de BOD.

20 2. Un aparato para eliminar nitrógeno (10), en el que el nitrógeno es separado de aguas residuales que contienen un componente de BOD y nitrógeno de amonio mediante oxidación anaeróbica de amonio, que comprende:

un distribuidor (12), que distribuye las aguas residuales en dos partes;

25 un recipiente (14) de nitrificación que conecta a una primera parte de dichas dos partes en el que el amoníaco contenido en las aguas residuales distribuidas a la primera parte son nitrificadas por bacterias de oxidación de amonio;

un recipiente (16) de desnitrificación que conecta a una segunda parte de dichas dos partes, en el que las aguas residuales distribuidas a la segunda parte son desnitrificadas por bacterias de desnitrificación;

30 un recipiente (18) de oxidación anaeróbica de amonio, en el que las aguas mezcladas de las primeras aguas tratadas del recipiente (14) de nitrificación y las segundas aguas tratadas del recipiente (16) de desnitrificación son sometidas a una oxidación anaeróbica de amonio por bacterias de oxidación de amonio; y

35 una línea (36) de retorno que retroalimenta unas terceras aguas tratadas desde el recipiente (18) de oxidación anaeróbica de amonio hasta el recipiente (16) de desnitrificación para la desnitrificación y descomposición de BOD.

3. El aparato para eliminar nitrógeno (10) según la reivindicación 2, que comprende adicionalmente un recipiente (40) de oxidación de BOD entre el distribuidor (12) y el recipiente (14) de nitrificación.

40 4. El aparato para eliminar nitrógeno (10) según una de las reivindicaciones 2 y 3, que comprende adicionalmente un dispositivo mezclador (42) que mezcla las primeras aguas tratadas y las segundas aguas tratadas y es proporcionado en dirección ascendente del recipiente (18) de oxidación anaeróbica de amonio.

45 5. El aparato para eliminar nitrógeno (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, que comprende adicionalmente una línea (44) de retroalimentación que retroalimenta las terceras aguas tratadas a una entrada del recipiente (18) de oxidación anaeróbica de amonio.

50

55

60

65

FIG.1

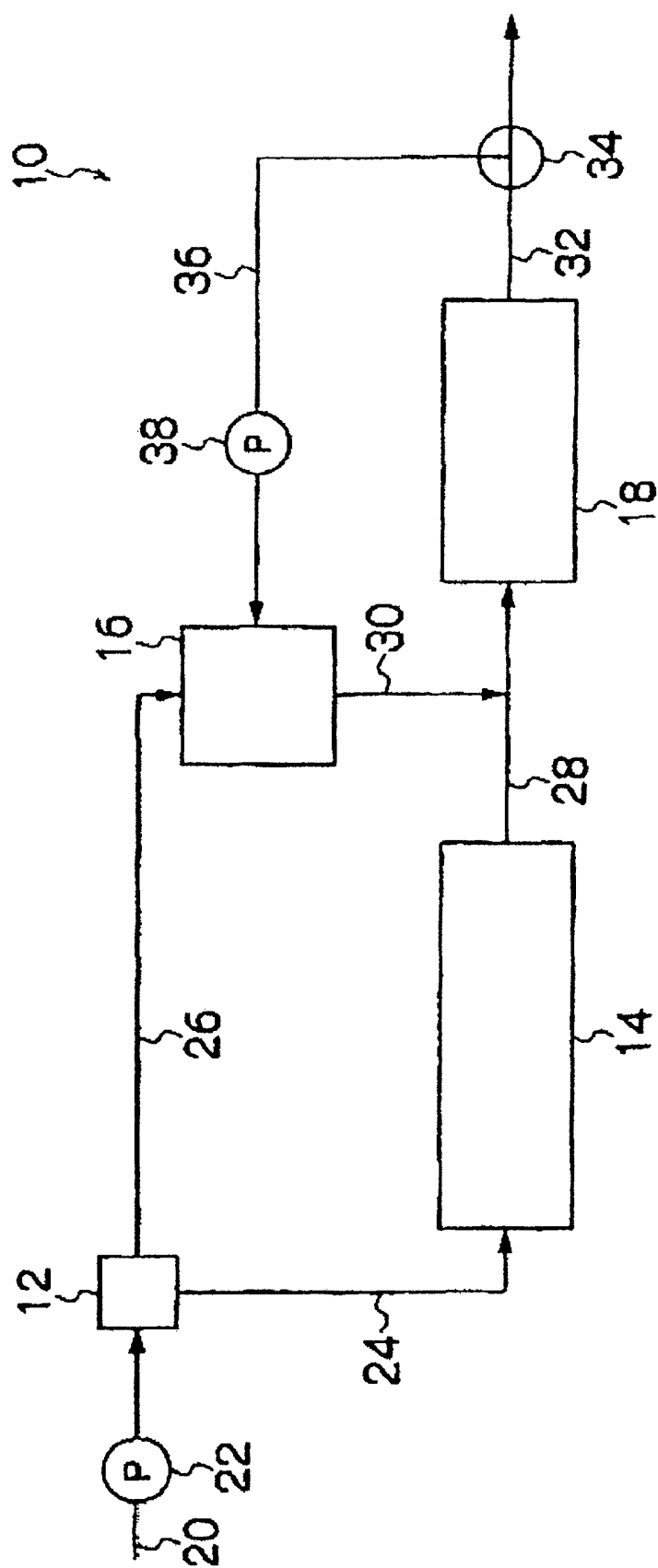


FIG.2

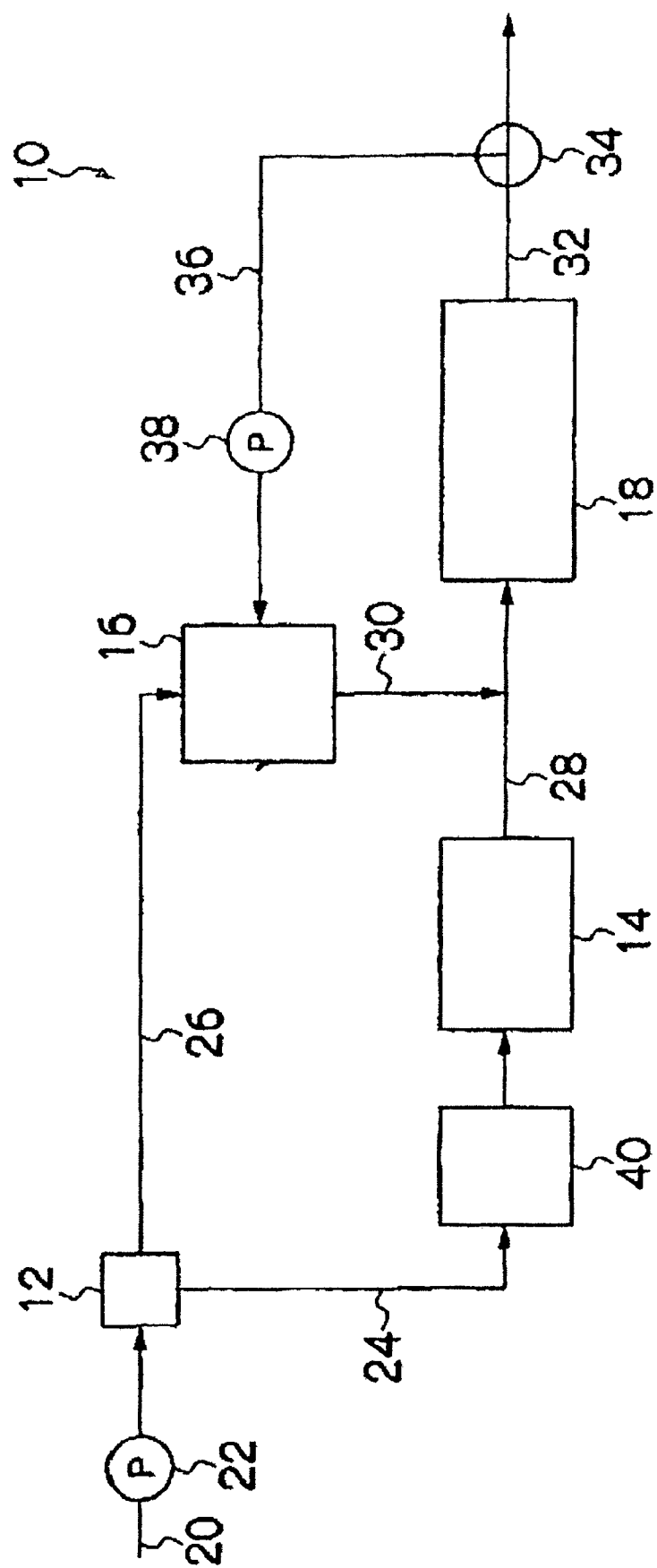


FIG.3

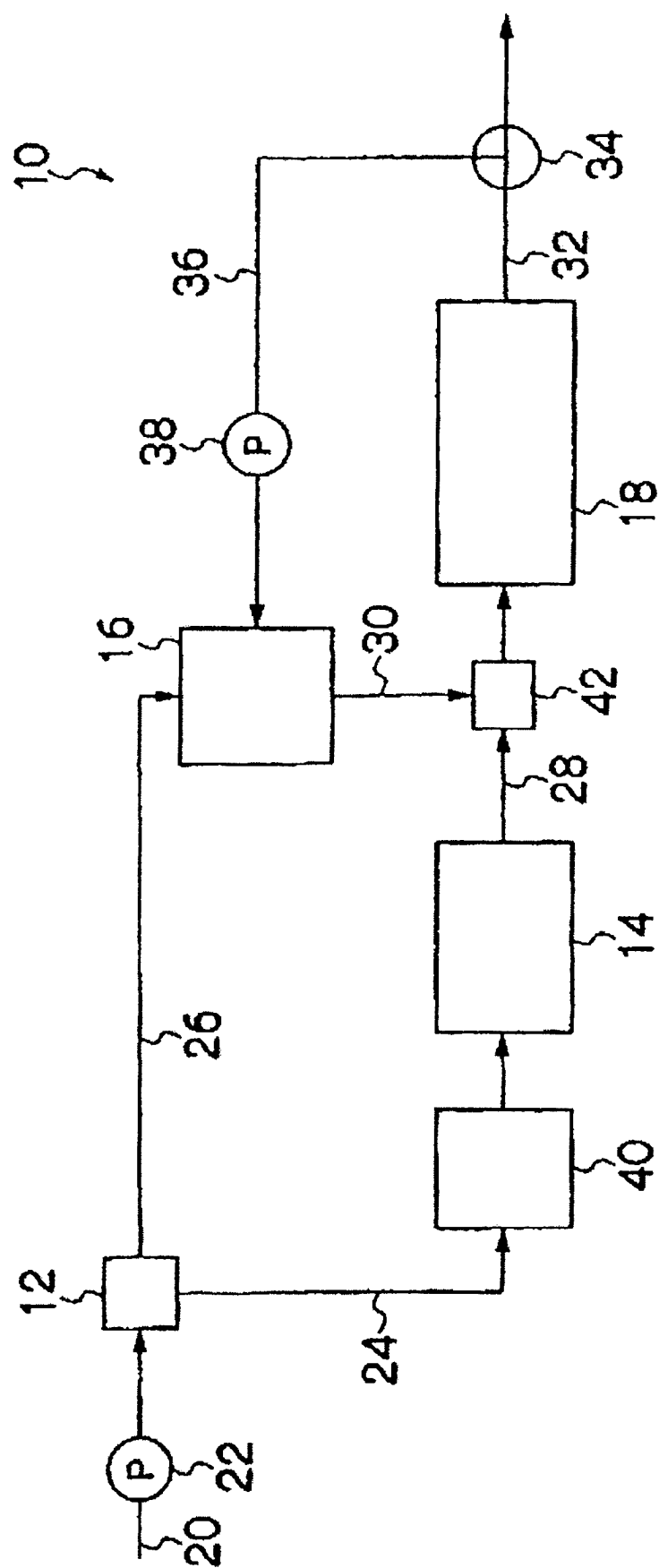


FIG.4

