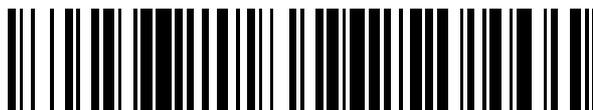


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 444**

51 Int. Cl.:

C02F 1/463 (2006.01)

C02F 1/461 (2006.01)

C02F 101/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.03.2011 PCT/IB2011/000701**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.08.2012 WO12110841**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2011 E 11719641 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017 EP 2675758**

54 Título: **Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica para la eliminación de nitratos del agua potable**

30 Prioridad:

14.02.2011 IN 372DE2011

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

04.05.2018

73 Titular/es:

**COUNCIL OF SCIENTIFIC & INDUSTRIAL RESEARCH (33.3%)
Anusandhan Bhawan Rafi Marg
New Delhi 110 001, IN;
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (33.3%) y
UNIVERSITÉ DE POITIERS (33.3%)**

72 Inventor/es:

**SUBRAMANYAN, VASUDEVAN;
EPRON, FLORENCE;
SUBBIAH, RAVICHANDRAN;
GANAPATHY, SOZHAN;
SWAMINATHAN, MOHAN y
JOTHINATHAN, LAKSHMI**

74 Agente/Representante:

AZNÁREZ URBIETA, Pablo

ES 2 666 444 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 mejorado de coagulación electroquímica para la eliminación de nitratos del agua potable

5 *Campo de la invención*

La presente invención se refiere a un procedimiento mejorado de coagulación electroquímica para eliminar nitratos del agua potable.

La presente invención además se refiere a un procedimiento mejorado de coagulación electroquímica para la eliminación de nitratos utilizando una aleación
10 de aluminio como material de electrodo.

Antecedentes de la invención

La contaminación por nitratos es un problema serio en muchos sistemas de agua
15 potable. Se cree que los altos niveles de nitratos en agua potable, particularmente excediendo 45 ppm, son responsables de la incidencia del "síndrome del bebé azul" y, más especulativamente, del cáncer de estómago. El procedimiento es adecuado para agua potable en áreas afectadas por nitratos como Punjab, Maharashtra, Orisa, Karnataka, Tamilnadu, etc., así como en algunos países desarrollados como
20 Francia y Estados Unidos. La principal ventaja del procedimiento de coagulación electroquímica es que no requiere un catalizador de metal precioso, como sucede con los procedimientos convencionales de reducción electrolítica, y que durante el proceso de eliminación no se producen formaciones de intermedios peligrosos como nitrito, amoníaco, etc.

25 La patente US 4.956.057 describe un procedimiento de eliminación de nitratos y nitritos de soluciones acuosas mediante reducción electrolítica en el cátodo para producir un gas que contiene H_2 , NH_3 y N_2O , que luego atraviesa un lecho catalizador de reacción para producir N_2 y H_2O .

La patente US 5.614.078 describe un método y un aparato para eliminar nitratos
30 del agua por electro-reducción en una celda de flujo electroquímico consistente en fibras de carbono como cátodo y ánodo.

La patente US 5.935.392 describe un método y aparato para la eliminación de nitratos del agua por electro-reducción en un tanque de retención o flujo electroquímico que consiste en fibra de carbono recubierta de óxido de iridio como electrodos.

- 5 La patente US 5.376.240 describe el procedimiento de eliminar especies de óxido de nitrógeno, incluyendo nitritos y nitratos, de aguas residuales y potables, para obtener un gas nitrógeno y amoniacó ambientalmente seguros mediante un proceso de reducción electroquímica con cátodos de alta área superficial.

Se puede hacer referencia a la patente US 5.614.078: donde los autores describen
10 un sistema que reduce los nitratos en sistemas marinos y otros sistemas acuosos sin producir sustancias que puedan ser tóxicas para la vida acuática. La invención incluye una celda de flujo electroquímico con electrodos de fibra de carbono.

La patente US 5.306.400 describe un método para la eliminación y destrucción combinada de iones nitrato en una celda electroquímica, que comprende un
15 compartimento anódico que contiene un electrolito y un ánodo, un compartimento catódico que contiene un electrolito y un cátodo y un compartimento central que contiene una resina de intercambio aniónico, separados por membranas permeables al anión. El procedimiento destruye los iones nitrato someténdolos a reacciones de reducción y oxidación para formar nitrógeno y oxígeno o agua.

20 A partir de los resultados de búsqueda del estado de la técnica anterior es evidente que no existe un procedimiento de coagulación electroquímica para la eliminación de nitratos usando una aleación de aluminio como ánodo y cátodo. Más particularmente, se informó de un procedimiento simple de coagulación electroquímica de un único paso sin la formación de intermedios peligrosos y
25 tratamientos posteriores para la eliminación de nitratos del agua potable por celdas de flujo.

N. Sanjeev Kumar y Sudha Goel, en "Factor influencing arsenic and nitrate removal from drinking water in a continuous flow electrocoagulation (EC) process", Journal of Hazardous Materials 2010, describen la eliminación de nitratos por
30 electrocoagulación a un potencial de 10 V.

La EP 1995 221A1 describe la eliminación de contaminantes de nitrógeno por electrocoagulación paso a paso con una densidad de corriente de 1 A/dm². Con el fin de superar el problema asociado con la técnica anterior, existe la necesidad de métodos más directos para eliminar nitratos sin el uso de un catalizador de metal

precioso, sin formación de intermedios y sin la adición externa de cualquier reactivo. Esta necesidad se satisface mediante un proceso en continuo o de reparto directo para eliminar nitratos del agua potable con una celda electrolítica con un ánodo soluble y un cátodo inerte para precipitar directamente los nitratos para la
5 eliminación física de los precipitados de la solución acuosa.

La presente tecnología provee un procedimiento/celda de coagulación electroquímica para la eliminación económica y eficiente de nitratos del agua potable utilizando una aleación de aluminio como material de electrodo. Por tanto, la tecnología evita el uso de catalizadores de metales preciosos, la adición externa
10 de reactivos/químicos y otros problemas de eliminación relacionados. Es conocido el uso de aluminio como material de electrodo en procedimientos de electrocoagulación. El aluminio puro es un metal pasivo bien conocido, que reacciona con el oxígeno atmosférico formando una capa aislante sobre la superficie. Como ánodo (aluminio) en solución acuosa, se comporta de la misma
15 manera o mejor que el oxígeno. Además de lo anterior, el aluminio, como metal pasivo, tiene una menor disolución que sus aleaciones.

A continuación se encuentran las ventajas de la aleación de aluminio con respecto al aluminio puro,

1. Corrosión o disolución uniforme en medio acuoso.
- 20 2. Excelente comportamiento corrosivo en medio acuoso.
3. Sin formación de una capa aislante sobre la superficie del electrodo (mayor desventaja del aluminio puro) durante los procesos electroquímicos.
4. Alto potencial negativo para una fácil disolución
5. Voltaje operativo constante durante el proceso de electrocoagulación.
- 25 6. Alto Potencial de Circuito Abierto (PCA) para el proceso y
7. Alta corriente de corrosión en soluciones acuosas.

Objetivos de la invención

El principal objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento de coagulación electroquímica utilizando una aleación de aluminio para eliminar
30 nitratos del agua potable que evite las desventajas de la técnica hasta ahora conocida como se detallada más arriba. Otro objetivo más de la presente invención es proporcionar un método para la eliminación de nitratos del agua potable sin utilizar un catalizador de metal precioso.

Otro objetivo más de la presente invención es proporcionar un método para la eliminación de nitratos del agua potable sin la adición externa de productos químicos, sin formación de intermedios y sin ajustar el pH del agua.

5 Aún otro objetivo de la presente invención es proporcionar un método para eliminar nitratos del agua potable donde el agua potable puede ser tratada en un flujo continuo, sin interrupciones del flujo de agua potable hasta su destino final.

Otro objetivo más de la presente invención es proporcionar un procedimiento de coagulación electroquímica donde el método electrolítico por sí mismo no origine ninguna contaminación del agua y de la atmósfera.

10 Todavía otro objetivo más de la presente invención es proporcionar un procedimiento de coagulación electroquímica que produce agua tratada con menos Sólidos Totales Disueltos (TDS) en comparación con el método químico.

Sumario de la invención

15 En consecuencia, la presente invención se refiere a un procedimiento mejorado para la eliminación de nitratos del agua potable utilizando una celda de flujo electroquímico que consiste en al menos un ánodo y un cátodo de una aleación de aluminio, comprendiendo dicho procedimiento

- (i) someter al agua potable contaminada con nitratos a electrólisis en una celda de flujo electroquímico
- 20 (ii) adsorción de los nitratos por el hidróxido de aluminio formado por la oxidación del ánodo durante la electrólisis
- (iii) eliminación por filtración de los nitratos adsorbidos.

25 En otro aspecto de la presente invención, el material del ánodo y del cátodo utilizado es una aleación de aluminio consistente en aluminio en el rango de 95 - 99%, zinc en el rango de 1 - 4% e indio en el rango de 0,006 a 0,025%, preferiblemente Al 97,98%, Zn 2% e In 0,02%.

Breve descripción de las figuras

30 La figura 1 representa la celda de flujo electroquímico, en la cual los ánodos, donde se produce la disolución, están conectados a una barra colectora de ánodos (1) que sirve para interconectar eléctricamente las placas anódicas, mantener la separación adecuada entre los electrodos de polaridad opuesta y mantener la alineación relativa de las placas. Los cátodos, donde se desprende hidrógeno al

ambiente, están conectados de forma similar a una barra colectora de cátodos (2), que realiza una función similar. El agua que contiene nitratos se dirige desde la tubería de entrada (3) a una celda hecha de PVC (4) y el agua tratada se recoge en la tubería de salida (5).

5 *Descripción detallada de la invención*

Aunque la invención es susceptible de varias modificaciones y realizaciones alternativas, mediante el ejemplo y la figura se muestra un aspecto específico de la misma, que se describe detalladamente a continuación. Debe entenderse, sin embargo, que no se pretende limitar la invención a la realización particular
10 mostrada, sino que, al contrario, la invención abarca todas las modificaciones, equivalencias y alternativas que entran dentro del espíritu y el alcance de la misma tal como se define en las reivindicaciones anexas.

Los solicitantes desearían mencionar que los ejemplos se incluyen para mostrar solo aquellos detalles específicos que son pertinentes para comprender los
15 aspectos de la presente invención a fin de no complicar la descripción con detalles que serán evidentes para los expertos en la materia que se beneficien de la presente descripción.

Los términos "comprende", "que comprende" o cualquier otra variación de los mismos están destinados a abarcar una inclusión no exclusiva, de modo que un
20 proceso que comprende una lista de componentes no incluye solo esos componentes, sino que puede incluir otros no expresamente citados o inherentes a dicho proceso. En otras palabras, uno o más elementos de un sistema o proceso precedido de "comprende ... un" no excluye la existencia de otros elementos o elementos adicionales del sistema o proceso.

25 En la siguiente descripción detallada de los aspectos de la invención, se hace referencia a las figuras adjuntas, que forman parte de la misma y donde se muestran a modo ilustrativo aspectos específicos en los que se puede poner en práctica la invención. Dichos aspectos se describen con suficientes detalles como para permitir al experto en la materia llevar a cabo la invención y debe entenderse
30 que se pueden utilizar otros aspectos y que se pueden realizar cambios sin apartarse del alcance de la presente invención. Así, la siguiente descripción no debe tomarse en un sentido limitativo y su alcance se define únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

Por consiguiente, la presente invención se refiere a un procedimiento mejorado de coagulación electroquímica como se define en la reivindicación 1 para la eliminación de nitratos del agua potable utilizando al menos un ánodo y un cátodo de una aleación de aluminio, que comprende someter el agua potable contaminada con nitratos a electrólisis en una celda de flujo electroquímico, adsorbiendo el hidróxido de aluminio formado en el ánodo durante la electrólisis los nitratos presentes en el agua y siendo eliminados por filtración.

En otro aspecto de la presente invención, un procedimiento mejorado de coagulación electroquímica donde el material utilizado para el ánodo y el cátodo es una aleación de aluminio consistente en aluminio en un rango de 95 - 99,5%, zinc en un rango de 1 - 4% e indio en un rango de 0,006 a 0,025%, preferiblemente Al 97,98%, Zn 2% e In 0,02%.

En otro aspecto de la presente invención, se utiliza como electrolito agua potable que contiene nitratos en un rango de 250 a 800 mg/l.

En otro aspecto de la presente invención, los ánodos y cátodos tienen forma de lámina.

En otro aspecto de la presente invención, el ánodo y el cátodo se disponen a una distancia entre electrodos en el rango de 0,1 a 0,2 cm.

En otro aspecto de la presente invención, la electrólisis se lleva a cabo a un pH en el rango de 2-13, preferiblemente en el rango de 5-9.

En otro aspecto de la presente invención, la electrólisis se lleva a cabo a una temperatura en el rango de 20-80°C, preferiblemente en el rango de 30-50°C.

En otro aspecto de la presente invención, la electrólisis se lleva a cabo con una densidad de corriente anódica de preferiblemente 0,1 a 0,25 A·dm⁻².

En otro aspecto de la presente invención, la electrólisis se lleva a cabo con una densidad de corriente catódica de preferiblemente 0,1 a 0,25 A·dm⁻².

En otro aspecto más de la presente invención, la concentración final de nitrato, nitrito y amoniaco está en el rango de 2,2 a 352 mg/l, 0,1 a 7 mg/l y 0,2 a 1,7 mg/l respectivamente.

En otro aspecto más de la presente invención, la eficiencia de eliminación de nitratos está en el rango del 85 al 99%.

En otro aspecto de la presente invención, la celda de flujo electroquímico tiene múltiples ánodos y cátodos.

En otro aspecto más de la presente invención, la celda de flujo electroquímico está equipada con ánodos y cátodos, donde el ánodo y el cátodo es una aleación de aluminio en forma de láminas dispuestas a una distancia entre electrodos de 0,1 a 0,2 cm y el ánodo/cátodo puede reemplazarse fácilmente en caso de necesidad. Las celdas pueden estar unidas en serie para aumentar la capacidad.

En otro aspecto más de la presente invención, las dimensiones totales de la celda de flujo electroquímico son las siguientes: altura de aproximadamente 110 mm y longitud en la dirección del flujo de solución de aproximadamente 256 mm y ancho de aproximadamente 124 mm. Al pasar una corriente continua de 0,5 A, esta celda trata eficientemente el agua a un caudal de aproximadamente 0,5 litros/min tomando el nivel de 500 ppm a 14 ppm. Las dimensiones de la celda pueden aumentar o disminuir según sea el caudal mayor o menor.

La presente invención proporciona un procedimiento de coagulación electroquímica para la eliminación de nitratos del agua potable de forma continua mediante una celda de flujo, eliminándose el nitrato por adsorción sobre el hidróxido de metal formado *in situ* por oxidación anódica. En consecuencia, la presente invención proporciona un procedimiento de coagulación electroquímica para la eliminación de nitratos del agua potable que comprende someter al nitrato, agua potable contaminada, a electrólisis en una celda de flujo electroquímico que contiene al menos un ánodo y un cátodo de una aleación de aluminio.

Así, la presente invención proporciona un procedimiento electrolítico continuo para eliminar nitratos de agua potable neutra utilizando una celda de flujo sin tratamientos adicionales tales como la adición de cualquier oxidante, sin reacciones múltiples intermedias y sin manipular el pH. La novedad de la tecnología es que, durante la electrólisis, la aleación de aluminio se conforma rápidamente en microfloculos por disolución anódica e inmediatamente adsorbe el nitrato en el agua y se deposita en el fondo.

La presente invención se ilustra en la figura 1, donde los ánodos, en los cuales tiene lugar la disolución, están conectados a una barra colectora de ánodos (1) que sirve para interconectar eléctricamente las placas de ánodos, para mantener una distancia adecuada entre electrodos de polaridad opuesta y para mantener la alineación relativa de las placas. Los cátodos, donde se desprenderá hidrógeno al

medio, están similarmente conectados a una barra colectora de cátodos (2) realizando una función parecida. El agua que contiene nitratos se dirige desde la tubería de entrada (3) a una celda hecha de PVC (4) y el agua tratada se recoge en la tubería de salida (5).

- 5 La celda de flujo electroquímico está equipada con ánodos y cátodos, siendo éstos una aleación de aluminio en forma de láminas dispuestas a una distancia entre electrodos de 0,1 a 0,2 cm y pudiéndose reemplazar fácilmente el ánodo/cátodo en caso necesario. Las celdas pueden conectarse en serie para aumentar la capacidad.
- 10 Las dimensiones totales de la celda de flujo electroquímico son las siguientes: altura de aproximadamente 110 mm, longitud en la dirección del flujo de solución de aproximadamente 256 mm y ancho de aproximadamente 124 mm. Al pasar una corriente continua de 0,5 A, esta celda trata eficientemente el agua a un caudal de aproximadamente 0,5 litros/min tomando el nivel de 500 ppm a 14 ppm.
- 15 Las dimensiones de la celda pueden aumentar o disminuir según un caudal mayor o menor.

El electrolito que contiene 250 -800 mg/l de nitratos se usa como electrolito a un pH de 2,0 a 13,0 y se mantiene a una temperatura de 20-80°C. La densidad de corriente catódica y anódica es de 0,1 a 0,5 A·dm⁻².

- 20 El procedimiento de coagulación electroquímica realizado bajo las condiciones arriba mencionadas reducirá la contaminación por nitratos del agua potable a 14,0 mg/l, con una eficiencia de eliminación del 99%.

- 25 La presente invención proporciona un procedimiento de coagulación electroquímica para eliminar nitratos del agua potable, eliminándose éstos por adsorción de hidróxido de metal, formado *in situ* por oxidación anódica.

- 30 En consecuencia, la presente invención proporciona un procedimiento de coagulación electroquímica para la eliminación de nitratos del agua potable y la celda electrolítica necesaria para ello, evitando así los inconvenientes de los procesos de tratamiento comúnmente utilizados, tales como reducción electroquímica y técnicas de membrana, que comprende una celda de flujo electroquímico equipada con una aleación de aluminio en forma de láminas como ánodo y cátodo, con una distancia entre electrodos de 0,1 a 0,2 cm y en dicha celda electrolítica se electroliza agua potable que contiene 250-800 mg/l de nitratos a un pH en el rango de 2 - 13 y una temperatura de 20 – 80°C, con una densidad de

corriente anódica entre 0,1 a 0,5 A·dm⁻² y una densidad de corriente catódica de 0,1 a 0,5 A·dm⁻². Cuando el ánodo se oxida, se formará hidróxido. Este hidróxido de metal adsorbe *in situ* el nitrato presente en el agua y se deposita en el fondo reduciendo y elimina el nivel de nitratos a 14 mg/l.

- 5 La presente invención proporciona un procedimiento de coagulación electroquímica para eliminar nitratos del agua potable que comprende someter agua potable contaminada con nitratos a una electrólisis en una celda de flujo electroquímico con ánodos y cátodos de aleación de aluminio. Como electrolito se emplea agua potable que contiene del orden de 250-800 mg/l de nitratos. La celda electroquímica puede
10 tener múltiples ánodos y cátodos. El/los ánodos y el/los cátodos se fabrican preferiblemente en forma de lámina(s) y se colocan a una distancia entre electrodos de 0,1 a 0,2 cm.

La electrólisis se efectúa a un pH en el rango de 2 a 13 y a una temperatura en el rango de 20 - 80°C. La densidad de corriente en el ánodo durante la electrólisis es
15 de 0,1 a 0,5 A·dm⁻² y en del cátodo de entre 0,1 a 0,5 A·dm⁻².

Con el método descrito se trata de forma efectiva agua potable contaminada con 250 – 800 mg/l de nitratos, con el fin de reducir la concentración de nitratos a 14 mg/l (14 ppm) y hacer que sea potable.

La novedad de la presente invención reside en proporcionar un procedimiento de
20 coagulación electroquímica simple, de una sola etapa, sin adicionar productos químicos externos, para eliminar nitratos del agua potable. Este procedimiento es capaz de reducir efectivamente la concentración de nitratos del agua potable desde una concentración inicial de 500 mg/l a 14 mg/l con una eficiencia de eliminación del 99%.

25 La novedad de la presente invención radica en que la eliminación efectiva de nitratos del agua potable se consigue por la formación de hidróxido de metal por disolución anódica en una celda de flujo. Cuando el ánodo se oxida, se forma hidróxido; este hidróxido de metal adsorbe *in situ* el nitrato presente en el agua y se elimina por filtración. La actividad inventiva no obvia de la formación *in situ* de
30 electrocoagulante en la celda de flujo electrolítico es eficaz en la eliminación de nitratos del agua potable e imparte novedad a la tecnología inventada, para reducir la contaminación por nitratos a 14 mg/l con una eficiencia de eliminación del 99%. Hasta ahora, el nitrato se ha eliminado por diferentes técnicas fisicoquímicas, como reducción electroquímica, ósmosis inversa, electrodiálisis y nanofiltración. El

procedimiento de coagulación electroquímica para eliminar nitratos por medio de un electro-coagulante formado *in situ* con una aleación de aluminio en una celda de flujo no está presente en los procedimientos del estado de la técnica hasta ahora conocidos.

5 Ejemplos

Los siguientes ejemplos se dan a modo de ilustración, por lo que no se deben interpretar como limitativos del alcance de esta invención.

Ejemplo 1 a Ejemplo 11

La siguiente tabla muestra los ejemplos 1 a 11. Se detallan las diversas condiciones operativas para cada uno de los ejemplos, como el caudal de electrolito, la temperatura y la densidad de corriente. El ánodo y el cátodo utilizados son aluminio puro (A) o aleación de aluminio (AA).

Ej N°	Condiciones operativas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Caudal electrolito (l/h)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5
2	Concentración inicial nitratos (mg/l)	500	800	500	500	500	250	500	500	500	500	500
3	Concentración final nitratos	14	352	286	222	12	2,2	72	199	252	86	73
4	Nitritos (mg/l)	0,17	7	2,8	2,1	0,6	0,1	3,2	3,7	4,1	0,89	3,3
5	Amoniaco (mg/l)	0,41	0,75	1,1	0,8	0,51	0,2	1,7	1,2	1,7	0,74	1,72
6	pH	7	7	7	7	7	7	13	2	7	7	7
7	Temperatura (°C)	32	32	32	20	32	32	32	32	80	32	32
8	Material de ánodo	AA	AA	AA	AA	A						
9	Densidad corriente ánodo (A·dm ⁻²)	0,25	0,25	0,1	0,25	0,5	0,25	0,25	0,3	0,25	0,25	0,25
10	Material de cátodo	AA	AA	AA	AA	A						
11	Densidad corriente cátodo (A·dm ⁻²)	0,25	0,25	0,1	0,25	0,5	0,25	0,25	0,3	0,25	0,25	0,25
12	Corriente que pasa (A)	0,5	0,5	0,25	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
13	Cantidad de electricidad total que pasa (Ah)	0,5	0,5	0,25	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
14	Voltaje de celda (V)	5,53	5,42	3,2	5,8	9,7	6,1	5,8	5,7	5,1	5,4	9,4
15	Eficiencia de eliminación	97	56	43	56	98	99	86	60	50	83	85

AA ---- Aleación de aluminio (Zn 2%;In - 0,02%; resto Al); A ----- Aluminio Puro

La concentración final de contaminantes (nitratos, nitritos y amoniaco) es muy importante en todas las tecnologías de tratamiento de aguas y más particularmente

en este procedimiento. Por ejemplo, en el caso del ejemplo 1, las concentraciones de nitrato, nitrito y amoníaco después del tratamiento son 14, 0,17 y 0,41 mg/l respectivamente, llegando a niveles por debajo del nivel máximo de concentración. (Los niveles máximos de concentración de nitratos, nitritos y amoníaco son 45, 0,5 y 0,5 respectivamente)

Las ventajas de la invención descrita se alcanzan así de forma económica, práctica y fácil. Aunque se han mostrado y descrito aspectos y configuraciones de ejemplos preferentes, debe entenderse que serán evidentes para los expertos en la técnica diversas modificaciones y configuraciones adicionales. Se pretende que las realizaciones y configuraciones específicas aquí mostradas sean ilustrativas de la preferida naturaleza y del mejor modo de realizar la invención y no deberían interpretarse como limitaciones del alcance de la misma.

Ventajas de la invención

Las principales ventajas del procedimiento de coagulación electroquímica de la presente invención para la eliminación de nitratos del agua potable son:

- Elimina nitratos sin intermedios y produce agua tratada con menos sólidos totales disueltos en comparación con el método de reducción electroquímica convencional.
- Requiere poco mantenimiento y mínima atención del operador.
- Las burbujas de gas producidas en la celda electroquímica ayudan a transportar los contaminantes a la parte superior de la solución para que puedan eliminarse fácilmente.
- Bajo costo de operación al no utilizar catalizadores de metales preciosos, a diferencia del método de reducción electroquímica.
- No se requiere pre- o post-tratamiento.
- Este método proporciona una mejor eficiencia de eliminación que los procedimientos de reducción electroquímica.
- Métodos rentables y altamente competitivos en comparación con otros métodos fisicoquímicos.
- Este procedimiento de coagulación electroquímica por sí mismo no provoca contaminación alguna del agua (nitrito, amoníaco, etc.) y de la atmósfera.

Reivindicaciones

1. Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica para la eliminación de nitratos del agua potable utilizando una celda de flujo electroquímico que consiste en al menos un ánodo y un cátodo de aleación de aluminio, comprendiendo dicho procedimiento:
5
i) someter agua potable contaminada con nitratos a electrólisis en una celda de flujo electroquímico a una temperatura en el rango de 20 - 80°C;
ii) adsorción de los nitratos por hidróxido de aluminio como coagulante formado *in situ* en una celda de flujo por la oxidación del ánodo durante la electrólisis,
10 manteniendo la densidad de corriente del ánodo y el cátodo en el rango de 0,1 – 0,5 A·dm⁻² para obtener el agua potable deseada;
iii) eliminación por filtración de los nitratos adsorbidos
2. Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica según la reivindicación 1, donde el material de ánodo y cátodo utilizado es una aleación de aluminio
15 consistente en aluminio en el rango de 95 - 99,5%, zinc en el rango de 1 - 4% e indio en el rango de 0,006 a 0,025%, preferiblemente Al 97,98%, Zn 2% e In 0,02%.
3. Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica según la reivindicación 1, donde el agua potable que contiene nitratos en un rango de 250 a 800 mg/l se utiliza como electrolito.
20
4. Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica según la reivindicación 1, donde los ánodos y los cátodos están en forma de láminas
5. Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica según la reivindicación 1, donde el ánodo y el cátodo se disponen a una distancia entre electrodos de
25 0,1 a 0,2 cm.
6. Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica según la reivindicación 1, donde la electrólisis se lleva a cabo a un pH en el rango de 2 - 13, preferiblemente en el rango de 5 - 9.
7. Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica según la reivindicación
30 1, donde la electrólisis se lleva a cabo a una temperatura de 30 – 50°C.

8. Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica según la reivindicación 1, donde la electrólisis se lleva a cabo con una densidad de corriente anódica en el rango de 0,1 a 0,25 A·dm⁻².
- 5 9. Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica según la reivindicación 1, donde la electrólisis se lleva a cabo con una densidad de corriente catódica en el rango de 0,1 a 0,25 A·dm⁻².
10. Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica según la reivindicación 1, donde la eficiencia de eliminación de nitratos es de un 85 a un 99%.
- 10 11. Procedimiento mejorado de coagulación electroquímica según la reivindicación 1, donde la concentración final de nitratos, nitritos y amoniacó está en el rango de 2,2 a 352 mg/l, de 0,1 a 7 mg/l y de 0,2 a 1,7mg/l respectivamente.

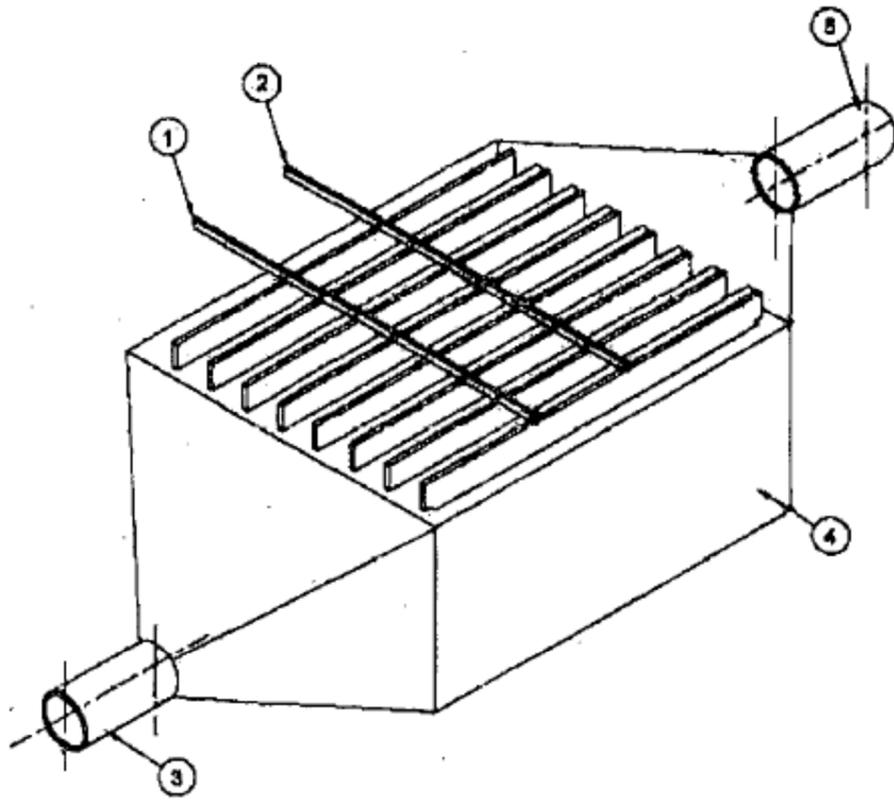


Fig. 1