

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 945 890**

51 Int. Cl.:

C02F 1/42 (2006.01)
C02F 101/10 (2006.01)
C02F 101/14 (2006.01)
C02F 101/16 (2006.01)
C02F 101/20 (2006.01)
C02F 101/22 (2006.01)
C02F 103/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2015** **E 15003035 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2023** **EP 3159310**

54 Título: **Procedimiento para la reducción de oligoelementos en el agua mediante un filtro de intercambio iónico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.07.2023

73 Titular/es:
**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES
SUPPORT (100.0%)
1 Place Montgolfier, Immeuble L'Aquarène
94410 Saint-Maurice, FR**

72 Inventor/es:
**SAUER, UWE;
SEYFFERTH, HORST y
HAGEN, KLAUS**

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 945 890 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 para la reducción de oligoelementos en el agua mediante un filtro de intercambio iónico

La invención se refiere a un procedimiento para reducir oligoelementos en el agua, en particular para proporcionar agua potable, según el preámbulo de la reivindicación 1.

- 5 Procedimientos de este tipo se conocen a partir de los documentos US 5.591.346 A, DE 10 2010 022120 A1, US 2009/020477 A1 y US 2005/205495 A1.

El documento US 6.080.315 A se refiere a un procedimiento para la desalinización parcial de agua potable utilizando intercambiadores de iones, siendo los intercambiadores de iones cargados regenerados por agua que contiene CO₂.

- 10 El documento EP 0 900 765 A2 se refiere a un procedimiento para ablandar el agua usando intercambiadores de iones, que comprende monitorizar la conductividad eléctrica del efluente del intercambiador de iones y una línea de derivación. La proporción de la corriente parcial conducida a través del baipás se regula en función de la conductividad eléctrica del efluente del intercambiador de iones.

A partir del documento US 2015/0274545 A1 es conocido monitorizar la conductividad eléctrica en el lado del agua limpia del agua tratada que sale, activándose la regeneración del intercambiador de iones si se excede un valor límite.

- 15 A menudo se ha demostrado que el agua no depurada, que se ha de tratar para proporcionar agua potable, contiene oligoelementos tales como, por ejemplo, cromato. Estos oligoelementos pueden ser nocivos para la salud y, a veces, se sospecha que son cancerígenos.

- 20 Por lo tanto, el cometido de la invención es especificar un procedimiento para reducir los oligoelementos en el agua, que sea adecuado para reducir los oligoelementos contenidos en el agua no depurada hasta tal punto que el agua tratada tenga calidad de agua potable.

Según la invención, este problema se resuelve mediante el procedimiento según la reivindicación 1. Perfeccionamientos ventajosos de las invenciones se especifican en las reivindicaciones dependientes.

- 25 Es particularmente ventajoso en el caso del procedimiento para reducir oligoelementos en el agua, en particular para el suministro de agua potable, que el agua no depurada fluya a través de al menos un filtro de intercambio iónico que contenga el intercambiador de iones y los oligoelementos en el agua se reducen por medio del intercambiador de iones.

- 30 Sorprendentemente, se ha demostrado que los intercambiadores de iones son adecuados para reducir oligoelementos en el agua. Según la invención, en este caso pasa a emplearse un intercambiador de iones regenerable mediante agua con contenido en CO₂. Como intercambiador de iones se utiliza preferentemente un intercambiador de cationes débilmente ácido o un intercambiador de aniones fuertemente básico o una mezcla a base de un intercambiador de cationes débilmente ácido y un intercambiador de aniones fuertemente básico.

- 35 Si se usa una mezcla a base de intercambiadores de cationes débilmente ácidos e intercambiadores de aniones fuertemente básicos, la relación de mezcla puede estar en el intervalo de 100:1 a 1:100. Con ello es posible adaptar el intercambiador de iones a los requisitos respectivos, es decir, adaptar la relación de mezcla entre el intercambiador de cationes débilmente ácido y el intercambiador de aniones fuertemente básico a la calidad del agua no depurada y, en particular, a la carga del agua no depurada con oligoelementos.

Los oligoelementos que se van a reducir en el agua no depurada están preferiblemente en el intervalo de menos de 1 mg/l de agua no depurada.

- 40 En el caso de los oligoelementos a reducir se trata preferentemente de cromato y/o hierro y/o manganeso y/o aluminio y/o arsénico y/o fluoruro y/o amonio y/o fosfato y/o uranio.

En particular, es posible con el procedimiento de acuerdo con la invención reducir significativamente los oligoelementos que son peligrosos para la salud y que están contenidos en el agua no depurada que se va a tratar para proporcionar agua potable.

- 45 En particular, el hierro, el manganeso, el aluminio, el arsénico y el fluoruro en el intervalo anaerobio son absorbidos como sustancias disueltas por la resina de intercambio iónico tanto en concentraciones más altas como en el intervalo de sustancias traza por debajo de 1 mg/l de agua no depurada y se vierten como aguas residuales libres de sólidos o bajo en sólidos durante la regeneración sin la adición de oxígeno.

- 50 Además, el hierro, el manganeso, el aluminio, el arsénico y el fluoruro en el intervalo aerobio, tanto en concentraciones altas como en el intervalo de sustancias traza por debajo de 1 mg/l de agua no depurada, son filtrados como sustancias no disueltas por la resina de intercambio iónico y descargados como aguas residuales durante la regeneración.

La desalinización parcial del agua no depurada se lleva a cabo de forma especialmente preferida por medio del intercambiador de iones en el filtro de intercambio iónico al mismo tiempo que se reducen los oligoelementos. La desalinización parcial del agua de esta manera puede reducir otras sustancias presentes en el agua no depurada, como resultado de lo cual se puede mejorar la calidad del agua potable.

- 5 De acuerdo con la invención, la conductividad eléctrica del efluente del intercambiador de iones se monitoriza cuando se lleva a cabo el procedimiento. La expresión efluente del intercambiador de iones significa el agua que sale del filtro de intercambio iónico en el lado del agua pura después del tratamiento del agua no depurada con el intercambiador de iones.

Además, el agua no depurada que se va a tratar se divide en dos o más corrientes parciales.

- 10 Mediante el intercambiador de iones se trata una primera corriente parcial del agua no depurada que se va a tratar, conduciéndose a través de un baipás una segunda corriente parcial de hasta el 90 % del agua no depurada y mezclándose las dos corrientes parciales en el lado del agua pura, regulándose la proporción de la corriente parcial conducida a través del baipás en función de la conductividad eléctrica del efluente del intercambio de iones. Con ello, es posible un modo de proceder regulado. La proporción de agua no depurada que es conducida por el baipás se regula dentro de un circuito de control cerrado en función de la calidad del agua del efluente del intercambiador de iones. Con ello, dependiendo de la calidad del agua no depurada, es posible una optimización energética correspondiente de todo el modo de proceder de la planta, ya que, con una buena calidad del agua no depurada, solo se trata una corriente parcial del agua no depurada que se va a tratar utilizando el intercambiador de iones, mientras que una segunda corriente parcial de hasta el 90 % del agua no depurada se conduce a través de un baipás.
- 15
- 20 Dependiendo de la calidad del agua no depurada, la primera corriente parcial puede ser de hasta el 100 %, lo que corresponde a un tratamiento completo del agua no depurada que se va a tratar. La segunda corriente parcial, que se conduce a través del baipás y se mezcla con el efluente del intercambiador de iones, puede contener hasta un 10 %, en particular hasta un 20 %, en particular hasta un 30 %, en particular hasta un 40 %, en particular hasta un 50 %, en particular hasta un 60 %, en particular hasta un 70 %, en particular hasta un 80 %, en particular hasta un 90 % del caudal másico de agua no depurada.
- 25

Además, se conectan en paralelo varios, en particular dos o tres o cuatro o más filtros de intercambio iónico que contienen cada uno un lecho de intercambio iónico. Con ello, se puede emplear al menos un filtro de intercambio iónico para reducir los oligoelementos, mientras que al mismo tiempo se regenera y/o se lava por contracorriente al menos otro filtro de intercambio iónico.

- 30 Disponiendo varios filtros de intercambio iónico conectados en paralelo, se puede garantizar el funcionamiento continuo de la planta, por ejemplo, en el caso de disponer tres filtros de intercambio iónico conectados en paralelo, está en uso en cada caso un filtro de intercambio iónico, mientras que otro filtro de intercambio iónico se regenera y se lava por contracorriente y el tercer filtro de intercambio iónico está en la posición de espera después de que se haya llevado a cabo la regeneración y el lavado por contracorriente.
- 35 El carbón activo en polvo se añade preferiblemente al agua no depurada antes del tratamiento por medio del intercambiador de iones para reducir las sustancias constitutivas orgánicas.

Éstas son retenidas por el intercambiador de iones y entregadas al material eluido durante la regeneración y el lavado por contracorriente del filtro de intercambio iónico.

- 40 El intercambiador de iones se utiliza de forma especialmente preferente en forma de un lecho de intercambio de iones, a través del cual se separan por filtración del agua no depurada los sólidos, que se enjuagan durante la regeneración y el lavado por contracorriente del intercambiador de iones y se descargan como aguas residuales.

El intercambiador de iones se utiliza preferentemente en forma de un lecho de intercambio de iones, siendo regenerado y lavado por contracorriente el lecho de intercambio de iones mediante lavado por contracorriente con CO₂ que contiene agua y opcionalmente aire y/o HCl y/o NaCl y/o NaOH y/o una mezcla a base de NaCl y NaOH.

- 45 Preferiblemente, en este caso se proporciona un soplador de aire de barrido para descompactar el lecho de resina de intercambio iónico y para restaurar un lecho mixto homogéneo. Se utiliza preferentemente una mezcla de intercambiadores de cationes débilmente ácidos e intercambiadores de aniones fuertemente básicos. En el caso del intercambiador de aniones se trata de una resina con grupos catiónicos funcionales. En el caso del intercambiador de cationes se trata de una resina con grupos aniónicos funcionales.

- 50 Según la invención, tiene lugar el uso de un lecho mixto formado por resinas de intercambio iónico mezcladas que se pueden regenerar con CO₂. Al agua que contiene CO₂, que se utiliza para la regeneración, se puede añadir en este caso, en particular, CaCO₃ y/o CaCO₃/MgO y/o Ca(OH)₂. Con ello se puede acelerar y mejorar la regeneración.

- 55 En este caso, se desencadena una regeneración del intercambiador de iones lavando por contracorriente el filtro de intercambio iónico con - agua con contenido en CO₂ cuando se excede un valor límite definible de la conductividad eléctrica del efluente del intercambiador de iones.

Esto significa que se vigila la conductividad eléctrica del agua tratada que sale por el lado del agua pura, en donde, en el caso de que se exceda un valor límite definible, se desencadena en caso necesario una regeneración del intercambiador de iones. Es particularmente ventajoso que la regeneración no se lleve a cabo de forma regular después de un cierto número de volúmenes de lecho, sino que solo se regenere y/o se lave por contracorriente según sea necesario si la calidad del tratamiento del agua se deteriora y, por lo tanto, se hace necesaria la regeneración del filtro de intercambio iónico. Esto supone un gran ahorro energético, ya que la regeneración consume mucha energía. La conductividad eléctrica del efluente del intercambiador de iones es una medida del contenido de sal en el efluente del intercambiador de iones y, por lo tanto, se correlaciona directamente con la capacidad del filtro de intercambio iónico de llevar a cabo la desalinización parcial del agua. Al activar la regeneración según sea necesario, se puede lograr un ahorro de energía considerable en lugar de realizarla regularmente después de que se haya alcanzado un cierto número de volúmenes de lecho.

Se prefiere particularmente una recuperación de CO₂ por tratamiento del agua de regeneración que contiene CO₂ y/o del material eluido realizado por compresores o por una combinación de bombas de vacío y compresores después de la regeneración del intercambiador de iones y el CO₂ eliminado es reciclado a un depósito de CO₂. Cuando se genera una presión negativa correspondiente, debido a la reducción de presión parcial, se libera CO₂ en forma gaseosa.

Dado que la provisión de CO₂ es muy costosa, es particularmente ventajoso que, después de llevar a cabo una regeneración del intercambiador de iones del agua de regeneración que contiene todavía CO₂ y/o del material eluido se recupere CO₂ y se recicla a un depósito de CO₂ para dejarla disponible para la siguiente regeneración a realizar de un filtro de intercambio iónico.

El material eluido que resulta durante la regeneración del intercambiador de iones se procesa preferentemente con un sistema de ósmosis inversa y/o nanofiltración y/o una instalación de descarbonización con adición de lejía de sosa, devolviendo el agua pura resultante a un tanque de agua de lavado o introduciéndola directamente en la corriente de agua pura y se evacua el agua residual. El agua pura almacenada temporalmente en el tanque de agua de lavado se puede reutilizar para el siguiente paso para la regeneración del intercambiador de iones.

Además, la invención es el uso de un intercambiador de iones regenerable mediante agua con contenido en CO₂ para la reducción de oligoelementos en agua no depurada, especialmente previsto para abastecimiento de agua potable. En particular, se puede utilizar un intercambiador de cationes débilmente ácido y/o un intercambiador de aniones fuertemente básico, preferiblemente en forma de un lecho mixto para reducir los oligoelementos en el agua no depurada. En el caso de los oligoelementos se puede tratar, en particular, de cromato y/o hierro y/o manganeso y/o aluminio y/o arsénico y/o fluoruro y/o amonio y/o fosfato y/o uranio, que están presentes en una concentración inferior a 1 mg/l en el agua no depurada.

Mediante el uso de un intercambiador de iones regenerable con agua que contiene CO₂, en particular en forma de lecho mixto como una mezcla de intercambiador de cationes débilmente ácido y de intercambiador de aniones fuertemente básico, se puede así llevar a cabo una reducción significativa de oligoelementos nocivos para la salud en el agua que se va a tratar.

El agua no depurada fluye en este caso a través del filtro de intercambio iónico, en cuyo lecho filtrante se lleva a cabo la reducción de los oligoelementos. El ácido carbónico en particular se presenta como un producto de reacción, que se descompone en agua y dióxido de carbono (CO₂). Éste se elimina del agua en una planta de depuración dispuesta a continuación. Durante la regeneración del lecho filtrante, que se realiza según las necesidades en función de la conductividad eléctrica del efluente del intercambio iónico, se eliminan los iones adheridos a las resinas de intercambio y se devuelven las resinas de intercambio a su estado original. Para ello, el agua no depurada o pura o el agua residual de la regeneración anterior se bombea al depósito de regeneración a través de una bomba de regeneración y se trata con CO₂ de la recuperación, así como se enriquece de un depósito de CO₂. La solución de regeneración en forma de agua enriquecida en CO₂ se presiona a una sobrepresión de aproximadamente 5 a 6 bares a través del lecho del filtro de intercambio iónico que se va a regenerar.

El material eluido pasa del filtro de intercambio iónico regenerado en cada caso a través de un desgasificador de material eluido a un depósito de material eluido o se descarga directamente. En este caso, una parte del volumen del material eluido puede reutilizarse para la siguiente fase de regeneración si la bomba de regeneración lo aspira del depósito de material eluido y lo transporta al depósito de regeneración. En el desgasificador de material eluido, alrededor del 95 % del dióxido de carbono se recupera de la corriente de regeneración y se devuelve al depósito de regeneración de CO₂ a través de una bomba de vacío y una estación compresora o mediante una estación compresora.

Debido a que la regeneración del filtro de intercambio iónico se lleva a cabo según sea necesario dependiendo de la calidad del agua del efluente de intercambio iónico, se reduce significativamente la demanda de energía y CO₂. En este caso, tiene lugar preferentemente una vigilancia permanente de la conductividad eléctrica del efluente del intercambiador de iones, no solo para la resolución automática de una regeneración, sino también para la vigilancia permanente de la calidad del tratamiento del agua potable.

El mismo valor medido de la conductividad eléctrica del efluente del intercambiador de iones se puede usar para regular el modo de proceder del baipás en un circuito de control cerrado. Mediante un modo de proceder del baipás de este tipo del tratamiento de agua, en el que, según sea necesario, hasta el 100 % del caudal másico de agua no depurada se procesa utilizando el filtro de intercambio iónico, o hasta el 90 % del caudal másico de agua no depurada se conduce a través de un baipás, se puede lograr un ahorro de energía adicional.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la reducción de oligoelementos en el agua, en particular para la preparación de agua potable, en el que el agua no depurada fluye a través de al menos un filtro de intercambio iónico que contiene intercambiadores de iones y los oligoelementos en el agua se reducen por medio del intercambiador de iones, caracterizado por que
5 tiene lugar una vigilancia de la conductividad eléctrica del efluente del intercambiador de iones y se trata una primera corriente parcial del agua no depurada a procesar por medio del intercambiador de iones, en donde una segunda corriente parcial de hasta el 90 % del agua no depurada es conducida a través de un baipás y las dos corrientes parciales se mezclan en el lado del agua pura, regulándose la proporción de la corriente parcial conducida a través del baipás en función de la conductividad eléctrica del efluente del intercambiador de iones, estando conectados en
10 paralelo varios filtros de intercambio iónico que contienen cada uno un lecho de intercambio de iones, de manera que al menos un filtro de intercambio iónico puede usarse para la reducción de oligoelementos mientras que al mismo tiempo al menos otro filtro de intercambio iónico se regenera y/o se lava por contracorriente, utilizándose un lecho mixto formado por resinas intercambiadoras de iones que se puede regenerar con CO₂, y se lleva a cabo una regeneración del intercambiador de iones lavando por contracorriente el filtro de intercambio iónico con agua que
15 contiene CO₂, vigilándose la conductividad eléctrica en el lado del agua pura del agua tratada saliente, desencadenando una regeneración del intercambiador de iones según sea necesario si se supera un valor límite definible.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que como intercambiador de iones se utiliza un intercambiador de cationes débilmente ácido o un intercambiador de aniones fuertemente básico o una mezcla de un
20 intercambiador de cationes débilmente ácido y un intercambiador de aniones fuertemente básico.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los oligoelementos a reducir están presentes en el agua no depurada en un intervalo de menos de 1 mg/l.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el caso de los oligoelementos a reducir se trata de cromato y/o hierro y/o manganeso y/o aluminio y/o arsénico y/o fluoruro y/o amonio y/o fosfato
25 y/o uranio.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se lleva a cabo una desalinización parcial del agua no depurada por medio del intercambiador de iones en el filtro de intercambio iónico al mismo tiempo que la reducción de los oligoelementos.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que al agua no depurada se añade
30 carbón activo en polvo antes del tratamiento por medio del intercambiador de iones para reducir las sustancias constitutivas orgánicas.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el intercambiador de iones se utiliza en forma de un lecho de intercambio de iones, por medio del cual se filtran los sólidos del agua no depurada, y durante la regeneración y el lavado por contracorriente del intercambiador de iones se lavan y descargan como aguas
35 residuales.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el intercambiador de iones se utiliza en forma de un lecho de intercambio de iones, en el que la regeneración y el lavado por contracorriente del lecho de intercambio de iones se llevan a cabo mediante lavado por contracorriente con agua que contiene CO₂ y opcionalmente aire y/o HCl y/o NaCl y/o NaOH y/o una mezcla de NaCl y NaOH.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se lleva a cabo una recuperación
40 de CO₂ mediante un tratamiento del agua de regeneración que contiene CO₂ y/o del material eluido por medio de compresores o por medio de una combinación de bombas de vacío y compresores después de una regeneración del intercambiador de iones, y el CO₂ extraído se devuelve a un depósito de CO₂.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el material eluido obtenido
45 durante la regeneración del intercambiador de iones se trata con una instalación de ósmosis inversa y/o nanofiltración y/o descarbonización con adición de lejía de sosa, en donde el agua pura que resulta en este caso se alimenta a un depósito de agua de lavado o a la corriente de agua pura.
11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que hierro, manganeso, aluminio, arsénico y fluoruro, en el intervalo anaerobio, tanto en concentraciones altas como en el intervalo de
50 sustancias traza por debajo de 1 mg/l de agua no depurada, se absorben como sustancias disueltas por la resina de intercambio iónico y se descargan como aguas residuales libres de sólidos o bajas en sólidos durante la regeneración sin la adición de oxígeno.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que hierro, manganeso, aluminio, arsénico y fluoruro, en el intervalo aerobio, tanto en concentraciones altas como en el intervalo de sustancias traza
55 por debajo de 1 mg/l de agua no depurada, se filtran como sustancias no disueltas mediante la resina de intercambio iónico y se descargan como aguas residuales durante la regeneración.