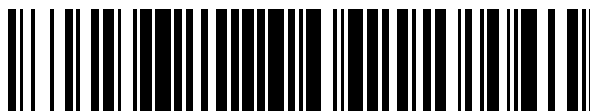


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 966**

51 Int. Cl.:  
**C02F 1/461** (2006.01)  
**C02F 1/467** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **04809052 .6**  
96 Fecha de presentación: **14.12.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1694604**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.08.2006**

54 Título: **Célula electrolítica y tratamiento de agua contaminada**

30 Prioridad:  
**18.12.2003 EP 03445146**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.11.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.11.2012**

73 Titular/es:  
**RWO GMBH (100.0%)  
THALENHORSTSTRASSE 15 A  
28307 BREMEN, DE**

72 Inventor/es:  
**NYMAN, LARS;  
HERLITZ, FREDRIK;  
ECHARDT, JONAS;  
SHIMAMUNE, TAKAYUKI y  
HAKANSSON, BO**

74 Agente/Representante:  
**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 390 966 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**

Célula electrolítica y tratamiento de agua contaminada.

5 La presente invención se refiere a un proceso para tratar agua contaminada con microorganismos, una célula electrolítica en la que se lleva a cabo el proceso, y el uso de la célula para el tratamiento de aguas contaminadas derivadas de varias aplicaciones y fuentes.

**Antecedentes de la invención**

10 El tratamiento de aguas residuales con microorganismos se ha llevado a cabo durante un periodo de tiempo bastante largo. No obstante, los procesos de tratamiento basados en electrolisis hasta el momento no han estado completamente libres de problemas. Se ha evitado previamente la mejora de procesos ineficientes además de equipos caros o un alto consumo de energía llevando microorganismos presentes p.ej. en aguas residuales, aguas de refrigeración, aguas de lastre y aguas de lavado recirculadas. La patente US 5.419.824 describe una célula electrolítica para destruir contaminantes. No obstante, este proceso es muy caro e ineficiente para aplicaciones en las que se tratan grandes volúmenes de agua debido a una gran pérdida de presión, bajas velocidades, y una baja eficiencia de la corriente.

15 En el documento WO02/26635, se han probado además realizaciones para reducir contaminantes y microorganismos en las que se suministra corriente alterna a la célula. Este método, no obstante, no siempre se ha visto como un método exitoso para llevar a cabo una reacción química en la célula.

20 El documento WO97/11908 describe un proceso y un dispositivo para tratar agua contaminada con microorganismos y contaminantes nocivos. Se hace pasar una corriente continua a través de agua entre un ánodo y un cátodo. Se genera un remolino en la corriente de agua dentro del dispositivo.

25 También se ha visto en los antecedentes de la técnica que los sistemas de limpieza que implican la reducción de contaminantes a menudo se han suministrado con un tanque reactor unido a las tuberías a través de las que pasa el medio que va a ser limpiado. Esta configuración, no obstante, a menudo lleva a reducciones de presión y un menor caudal de paso del medio que va a ser limpiado. El tiempo de retención también puede prolongarse lo que no siempre es satisfactorio, particularmente si se necesita un tratamiento rápido de grandes volúmenes de agua contaminada.

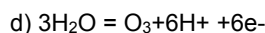
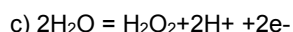
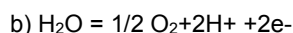
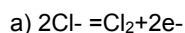
La presente invención pretende proporcionar un proceso eficiente y una célula que resuelva los problemas de la técnica anterior. Un objeto adicional de presente invención es proporcionar un control mejorado de la formación de cloro e hidrógeno.

30 La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

**Invención**

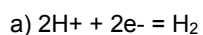
35 La presente invención hace referencia a una célula electrolítica que comprende al menos un par de electrodos que definen una zona electrolizadora, dicho par de electrodos comprende un ánodo y un cátodo, dispuestos sustancialmente en paralelo sin medio separador entre ambos, permitiendo un alto caudal de electrolito a través de dicho ánodo y cátodo, donde dicho ánodo y cátodo permiten el tratamiento de microorganismos en una corriente de agua que pasa a través de dichos electrodos que tiene una conductividad de 0,0001 a 100 S/m, dicha célula electrolítica además comprende medios para asignar un voltaje a través de dicho ánodo y cátodo y medios para proporcionar una corriente continua a dicha célula. Es probable que tengan lugar las siguientes reacciones anódicas y catódicas dentro del par de electrodos.

40 Reacciones Anódicas:



45 e) oxidación de materiales orgánicos

Reacciones Catódicas:



- b)  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$
- c)  $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 2\text{e}^- = \text{HO}_2^- + \text{OH}^-$
- d)  $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- = 2\text{Cl}^-$

e) reducción de materiales orgánicos

5 Las posibles reacciones químicas que ocurren entre los productos formados en el ánodo y el cátodo, entre otras, de las reacciones enumeradas anteriormente, en el espacio entre los ánodos y los cátodos de los pares de electrodos incluyen entre otras:

- a)  $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
- b)  $\text{Cl}_2 + \text{HO}_2^- = \text{HCl} + \text{Cl}^- + \text{O}_2$

- 10 c)  $3\text{ClO}^- = \text{ClO}_3^- + 2\text{Cl}^-$   
 d)  $\text{H}^+ + \text{HO}_2^- = \text{H}_2\text{O}_2$

e) Otras reacciones, por ejemplo la formación de radicales hidroxilo como se describe adicionalmente en "Degradation of Organic Pollutants by the Advanced Oxidation Processes" Chinese J. of Chem. Eng. 7 (2) 110-115 (1999).

15 Con el término "área de sección transversal" se quiere decir el área de la célula a través de la que fluye el electrolito mientras pasa del interior al exterior de la célula. El área de la sección transversal de la célula puede variar a lo largo de la trayectoria de flujo, pero preferiblemente, esta área es constante. En la localización de dicho al menos un par de electrodos, el ánodo y el cátodo constituyen un área parcialmente abierta a través de la que el electrolito puede pasar. El área de la sección transversal abierta se define en la presente memoria como el área no bloqueada por los electrodos en porcentaje del área de la sección transversal total en la célula en dicha localización.

20 Con el término "par de electrodos" se quiere decir un ánodo y un cátodo dispuestos juntos a una distancia relativamente pequeña uno de otro, preferiblemente una distancia que es menor que la distancia a cualquier otro posible par de electrodos o un electrodo simple de la célula. La distancia entre el ánodo y el cátodo es de 0,2 a 10, preferiblemente de 0,2 a 5, y más preferiblemente de 0,2 a 3 mm. Preferiblemente la distancia entre dos pares de electrodos adyacentes es de 3 a 25, más preferiblemente de 5 a 15 veces la distancia entre el ánodo y el cátodo en cada par de electrodos, esto es de 0,6 a 250, más preferiblemente de 1 a 150 mm.

25 En la fabricación de la célula anterior, se encontró que los medios separadores en un par de electrodos eran perjudiciales para el funcionamiento de la célula al completo, debido entre otros al hecho de que puede dar lugar a caídas de presión considerables ya que se reduce el caudal del medio que se trata, pero también debido al hecho de que el medio separador puede inhibir que tengan lugar las reacciones deseadas entre los productos de reacción en el ánodo y el cátodo.

30 Los medios para proporcionar una corriente continua pueden ser p. ej. un rectificador convencional. Se ha encontrado que, para salvaguardar que las reacciones deseadas tengan lugar entre cada par de electrodos, es preferible que el ánodo esté seguido por un cátodo en el que los productos de reacción formados puedan reaccionar adicionalmente de forma que la cantidad de microorganismos pueda mantenerse satisfactoriamente en un nivel mínimo. Este proceso no siempre se puede efectuar satisfactoriamente en el caso de que se apliquen corrientes alternas a la célula, ya que tales cambios de corriente en los polos de los electrodos y las reacciones necesarias no ocurrirían a

35 tiempo. Si los productos de reacción en el ánodo no reaccionan adicionalmente para formar radicales hidroxilo, los productos de reacción podrían descomponerse de otro modo de forma que no se produciría la formación de los radicales hidroxilo seleccionados. Esto es por tanto perjudicial para el proceso ya que los radicales hidroxilo son esenciales para el tratamiento de microorganismos.

40 El par de electrodos se coloca por lo tanto de forma tal que la corriente de agua que entra en la célula encuentra primero el ánodo y después el cátodo de forma que los productos de las reacciones anódicas puedan reaccionar en el cátodo o mezclarse rápidamente con los productos procedentes de la reacción del cátodo o mezclarse rápidamente con productos procedentes de las reacciones catódicas para incrementar adicionalmente la eficiencia de los procesos y reducir también la formación de trihalometanos (THM) u otros compuestos orgánicos clorados tóxicos en aguas que contengan cloruros. Esto es particularmente ventajoso en la configuración del par de electrodos sin separador intermedio entre ánodo y cátodo. Los productos de reacción de las reacciones anódicas pueden de este modo mezclarse instantáneamente con los productos de reacción del cátodo que pueden reaccionar adicionalmente en el cátodo. Los productos tóxicos de reacción del  $\text{Cl}_2$  cuando se electrolizan en sistemas con agua

- que contiene cloruros pueden transformarse adicionalmente en consecuencia en radicales ClO ó OH o similares menos tóxicos o no tóxicos, y otros productos de reacción pueden transformarse también en compuestos no tóxicos que pueden funcionar como desinfectantes efectivos que pueden reducir la DQO y la DBO adicionalmente de forma que sustancialmente no se produce formación de THM procedentes de la reacción entre el Cl<sub>2</sub> formado y los productos orgánicos. Los posibles pares de electrodos subsecuentes se colocan preferiblemente del mismo modo que el primero. No obstante, pueden ser posibles otras disposiciones, p. ej. en las que un cátodo se coloca antes que un ánodo en la dirección de flujo del electrolito.
- De acuerdo con una realización preferida, el par o pares de electrodos que constituyen la zona de reacción o la célula se integran en el sistema de tuberías a través de la que pasa el agua depurada. La célula entonces puede tener el mismo diámetro que las tuberías a través de las que se suministra el agua contaminada. Esto da lugar a un sistema más simple y más efectivo en costes que puede colocarse y transportarse fácilmente al lugar donde se efectúa la depuración.
- El término "sustancialmente en paralelo" en el contexto de la disposición de las posiciones relativas del ánodo y el cátodo quiere decir que los electrodos pueden, aunque esto no se prefiere, estar en un ángulo con una cierta extensión entre uno y otro. El ángulo entre el ánodo y el cátodo del par de electrodos no es por tanto necesariamente 0° como sería el caso si se colocasen en paralelo. Preferiblemente, el ángulo entre el ánodo y el cátodo está entre 0 y 45°, más preferiblemente entre 0 y 30°, y más preferiblemente entre 0 y 10°.
- Los electrodos, esto es el ánodo y el cátodo, tienen la forma de una malla, p. ej. una malla de metal expandido; un tejido metálico, placas perforadas o láminas metálicas, fibras de metal sinterizadas, polvo de metal sinterizado, o cualquier otra configuración perforada. Las aperturas pueden tener cualquier forma apropiada, pero preferiblemente las aperturas tienen forma de rombo, cuadrado, rectángulo, trapecio, círculo o similares. Las dimensiones (p. ej. los lados de un rombo) de la aberturas varían convenientemente entre 0,5 y 50, preferiblemente entre 0,5 y 15mm. Cada apertura tiene preferiblemente un área entre 0,01 y 25000, más preferiblemente entre 0,2 y 500, y más preferiblemente aún entre 1 y 100 mm<sup>2</sup>. Esta configuración de célula proporcionará una baja caída de presión cuando el electrolito fluye a través de la célula.
- Preferiblemente, el sustrato del cátodo se fabrica en níquel, titanio u otro metal adecuado, o un material no metálico conductor; fibras de grafito, tejido grafitado o un óxido metálico conductor.
- Preferiblemente, el sustrato del ánodo se fabrica en titanio, niobio u otro metal adecuado, o un material no metálico conductor; p. ej. silicio dopado-p.
- Los recubrimientos preferidos para el ánodo incluyen diamante dopado con boro (BDD, de sus siglas en inglés), PbO<sub>2</sub> y SnO<sub>2</sub>. Otros recubrimientos del ánodo adecuados son titanio platinizado, platino, carbón activo, grafito, así como los materiales de recubrimiento mencionados la solicitud de patente europea EP1489200.
- Los recubrimientos preferidos para el cátodo incluyen diamante dopado con boro (BDD), carbón activo, grafito, así como los materiales de recubrimiento mencionados en la solicitud de patente europea EP1489200.
- Preferiblemente, el área de la sección transversal abierta de dicho al menos un ánodo y un cátodo es de 20 a 75, y más preferiblemente de 25 a 60 % del área de la sección transversal total. A medida que el área de la sección transversal aumenta, la caída de presión en la célula se reduce ya que el electrolito puede fluir más fácilmente a través de la célula.
- Preferiblemente, el espesor de los electrodos respectivos es de 0,2 a 3, más preferiblemente de 0,2 a 2, y más preferiblemente aún de 0,2 a 1,5 mm.
- Preferiblemente, los electrodos son monopolares de forma que la intensidad de corriente y el voltaje de célula de cada par de electrodos pueda ajustarse individualmente. No obstante, pueden emplearse electrodos bipolares en algunas disposiciones.
- Preferiblemente, el área superficial específica de ánodo y el cátodo es de 1 a 1000, más preferiblemente aún de 10 ya 1000 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> del área superficial proyectada.
- El cátodo adecuadamente tiene un sobrevoltaje de formación de hidrógeno alto, preferiblemente mayor que 300, y más preferiblemente mayor que 500 mV. Preferiblemente, el ánodo tiene un alto sobrevoltaje de formación de oxígeno, preferiblemente mayor que 400 mV, y más preferiblemente mayor que 700 mV.
- Los electrodos pueden estar rayados, gofrados, impresos o corrugados de cualquier otra forma para aumentar la turbulencia local cerca de los pares de electrodos.

El número de pares de electrodos dependerá del caudal y de la concentración de microorganismos a tratar. No obstante, la célula comprende preferiblemente de 1 a 10, más preferiblemente de 1 a 7, y más preferiblemente aún de 2 a 5 pares de electrodos.

5 El /los par(es) de electrodos se monta(n) preferiblemente en una carcasa o ensamblaje adecuado que sostiene los electrodos.

10 Preferiblemente, el área de la sección transversal de la célula es de 0,00003 a 5, preferiblemente de 0,0001 a 2, y más preferiblemente de 0,001 a 1 m<sup>2</sup>. La entrada y la salida tienen adecuadamente las mismas dimensiones y áreas de sección transversal que la célula electrolítica para minimizar las pérdidas de presión. No obstante, también son posibles otras áreas de entrada y salida, p. ej. un área de sección transversal en la entrada mayor que el área de la sección transversal de la célula que dé lugar a una corriente de agua más turbulenta.

15 La invención también hace referencia a un proceso para tratar agua contaminada que contiene microorganismos que comprende alimentar una corriente de agua contaminada con un caudal volumétrico de 1 a 1000 m<sup>3</sup>/h a través de una zona electrolizadora, dicha corriente de agua tiene una conductividad de 0,0001 a 100 S/m, electrolizar dicha corriente de agua en la dicha zona electrolizadora definida por al menos un par de electrodos que permiten el tratamiento de microorganismos, dicho al menos un par de electrodos comprende un ánodo y un cátodo sin medios separadores, dicha corriente de agua es guiada sustancialmente perpendicularmente a través de dicho al menos un ánodo y un cátodo al tiempo que se impone un voltaje a través de dicho ánodo y cátodo y proporcionar una corriente continua a dicho ánodo y cátodo, sacando de la zona electrolizadora una corriente de agua tratada.

20 El término “sustancialmente perpendicularmente” como se usa en la presente memoria en referencia a la dirección de flujo a través del par de electrodos quiere decir que la corriente de agua puede fluir perpendicularmente hacia el plano del ánodo y el cátodo que constituye el par de electrodos, esto es con un ángulo recto de 90° con respecto a dicho plano pero también con un ángulo desviado hasta 60° de dicho flujo en “ángulo recto”.

25 Preferiblemente, el caudal volumétrico de la corriente de agua es de alrededor de 1 a 750, más preferiblemente de 5 a 500, y más preferiblemente aún de 10 a 500 m<sup>3</sup>/h. La velocidad lineal adecuadamente es de 0,1 a 10, preferiblemente de 0,2 a 8, y más preferiblemente de 0,2 a 5 m/s. Se ha encontrado que el caudal volumétrico y su correspondiente velocidad lineal dentro del rango de la presente invención proporcionan un rendimiento de corriente aumentado, gracias al cual se necesita menos corriente para tratar los microorganismos.

30 Preferiblemente, la relación lineal de caudal de la corriente de agua que entra en la célula es tan grande que se consigue turbulencia fácilmente cuando se alcanza el primer electrodo. Una mayor turbulencia da lugar a una transferencia de materia aumentada que a su vez da como resultado un tratamiento más eficiente de los microorganismos. Preferiblemente el número de Reynold de la célula es mayor que 2.000, y más preferiblemente mayor que 5.000. No obstante, el número de Reynolds es preferiblemente menor que 100.000.

La turbulencia y por tanto la transferencia de masa puede incrementarse aumentando el caudal de agua.

35 La electrolisis que tiene lugar en la célula da lugar a la producción de radicales hidroxilo y peróxido de hidrógeno que pueden matar los microorganismos con objeto de evitar la corrosión biológica y otros efectos no deseados de los microorganismos. La célula también puede ser útil para reducir la DQO en aguas contaminadas.

40 Los radicales hidroxilo pueden generarse directamente en la superficie del ánodo por oxidación de agua en un ánodo adecuado como se describe en la presente memoria. Los radicales hidroxilo y otros tipos de radicales pueden formarse también por la descomposición de compuestos oxidados o compuestos ricos en oxígeno en la superficie del ánodo, p. ej. ozono, peróxido de hidrógeno, y oxígeno, o por reducción de estos compuestos en la superficie del cátodo. Los radicales hidroxilo pueden formarse también por la reacción de dichos compuestos oxidados o ricos en oxígeno en el electrolito. Puede producirse también el cátodo peróxido de hidrógeno y añadir un efecto a largo plazo al tratamiento del agua.

45 La concentración de radicales hidroxilo libres se reduce rápidamente con la distancia a la superficie del ánodo, debido a que los radicales hidroxilo libres reaccionan fácilmente. Por lo tanto, la reacción de los microorganismos disueltos en el agua con los radicales hidroxilo libres que se producen en la superficie de los electrodos tiene lugar muy próxima a la superficie de los mismos. Un área superficial aumentada del ánodo y un flujo turbulento de agua en la superficie del ánodo aumentan la velocidad de transferencia de materia.

50 Ocasionalmente, puede ser ventajoso o incluso necesario ajustar el pH y/o la conductividad eléctrica del agua que se va a tratar.

El término “microorganismo” incluye cualquier microorganismo de tamaño microscópico, como plancton, bacterias, protozoos, o virus.

De acuerdo con una realización preferida, la célula puede funcionar utilizando una intensidad corriente constante o pulsada para mejorar aún más el tratamiento de los microorganismos. La intensidad pulsada puede tener cualquier forma adecuada, p. ej., triangular, sinusoidal o por pasos, y puede variar en el tiempo. Preferiblemente, la densidad de corriente es de 10 a 5.000, más preferiblemente de 10 a 1.000, y más preferiblemente aún de 25 a 750 A/m<sup>2</sup>.

- 5 De acuerdo con otra realización preferente, la célula puede funcionar con intensidad de corriente alterna para eliminar depósitos incrustados. La intensidad de corriente alterna puede tener la intensidad normal descrita en la presente memoria y pueden variar el tiempo y la frecuencia de la intensidad alterna.

- 10 Estas medidas permiten que la célula funcione en continuo. La célula puede funcionar haciendo pasar el caudal ya sea en un solo paso a través de la célula o mediante recirculación de parte o de la totalidad del caudal. Aunque se prefiere el funcionamiento en un solo paso, puede ser necesario recircular el caudal a través de la célula si la concentración de microorganismos es alta o el número de electrodos no es suficiente para el funcionamiento en un solo paso. No obstante, el proceso puede llevarse a cabo como un proceso semicontinuo o discontinuo.

- 15 Se ha encontrado además que este proceso puede operar de forma que no se forme sustancialmente nada de cloro. Un sistema de medida y control, como p.ej. la instrumentación DULCOMETER<sup>®</sup> disponible en Prominent Dosiertechnik GmbH, se conecta de forma adecuada a la célula con objeto de controlar el funcionamiento de la misma, incluyendo el pH y la concentración de cloro libre residual.

- 20 La invención también hace referencia al uso de una célula electroquímica como se describe en la presente memoria para el tratamiento de agua contaminada que contiene microorganismos, particularmente agua de lastre, agua residual, agua de refrigeración y agua de lavado recirculada. La célula puede utilizarse también preferentemente para tratar aguas contaminadas en piscinas. Si se necesita tratar volúmenes a agua contaminadas muy altos, p. ej. agua de refrigeración o agua de lastre en las que el caudal volumétrico puede exceder 10.000 o incluso 100.000 m<sup>3</sup>/h, pueden, por supuesto, colocarse en paralelo varias células electrolíticas como se describe en la presente memoria para poder manejar caudales tan grandes.

- 25 El número total de microorganismos variará dependiendo de la fuente de la que se toma el agua. No obstante, el número de microorganismos (bacterias) en aguas marinas puede ser de 100 a 1.000.000/cm<sup>3</sup>.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una disposición de la célula de la invención.

### Descripción de la realización

- 30 La Fig. 1 muestra una célula adecuada para tratar agua contaminada con microorganismos. La célula comprende una entrada en el punto 1 a través de la que pasa la corriente de agua que tiene los microorganismos en la dirección de las flechas. El caudal de entrada puede bombearse a la célula o estar presurizado mediante otros medios para que entre en la célula. Se puede equipar la entrada de la célula con un caudalímetro analógico o digital (no mostrado en la figura). La corriente atraviesa los pares de electrodos, cada uno de los cuales comprende un ánodo 2 y un cátodo 3. Los electrodos están contruidos con una estructura de malla. Como se puede ver, en la célula se muestran cuatro de dichos pares de electrodos dispuestos en paralelo todos ellos colocados perpendicularmente a la dirección de flujo. Los pares de electrodos se colocan también alrededor de todo el área de la sección transversal de la célula. La corriente pasa a través de los pares de electrodos y sale por una salida de evacuación en el punto 4. La corriente que abandona la célula puede recircularse a la entrada en el punto 1 si no se considera suficientemente descontaminada.

- 40 Los siguientes ejemplos ilustran además como puede desarrollarse la invención descrita.

### Ejemplo 1

- 45 Se bombeó agua superficial que contiene plancton, coliformes y bacterias heterótrofas que tiene una conductividad de 5 S/m en un tanque de 800 litros, al mismo tiempo que se filtró a través de una tela de algodón y un filtro de 20 µm. Se añadieron organismos de referencia Tetraselmis e Isochrysis (ambos flagelados) conjuntamente con una colonia no patógena de bacterias coliformes E. Coli. Se tomaron muestras de control.

- 50 Tanto los ánodos como los cátodos utilizados fueron placas de niobio expandido recubiertas con diamante dopado con boro (BDD) conductivo. La célula electrolítica comprende seis de estos electrodos BDD colocados el paso del flujo transversal de agua de mar natural en un tubo de titanio que tiene un diámetro interior de 70mm. Los ánodos y los cátodos se dispusieron en pares con un pequeño espacio de 4 mm entre el ánodo y el cátodo del mismo par y una distancia de 41 mm entre pares adyacentes.

El agua tratada en celdas electroquímicas se alimentó a través de la célula con un caudal de 10 m<sup>3</sup>/h (175 l/min) y se aplicó una densidad de corriente de 670 A/m<sup>2</sup>. La corriente tenía 11 A y la potencia era de 126 W. Este tratamiento

5 consiguió un 100% de eliminación de ambos tipos de organismos planctónicos de referencia, un 100% de reducción de UFC (unidades formadoras de colonias) de bacterias coliformes (naturales y añadidas) y un 99,96% reducción de UFC para bacterias heterotróficas naturales presentes. El análisis de plancton se realizó mediante microscopía óptica y las bacterias se cultivaron con métodos estándar certificados en el laboratorio. No tuvo lugar formación de THM.

**Ejemplo 2**

Se prefiltró agua de mar natural superficial (procedente de la costa oeste de Suecia) usando una red y se bombeó en un tanque de 800 litros. Se tomaron muestras de control.

10 Los electrodos y la celda fueron los mismos que en el ejemplo 1. El agua se hizo pasar con la misma velocidad y densidad de corriente, la corriente y la potencia fueron iguales que en el ejemplo 1. El tratamiento dio como resultado la eliminación del 84% del zooplancton presente de forma natural y un 93% en la eliminación del fitoplancton presente de forma natural. El análisis se realizó mediante microscopía óptica. No se produjo formación de THM.

**Ejemplo 3 (referencia)**

15 Se preparó una célula electrolítica como la que se muestra en el ejemplo 1 pero con un separador poroso entre el ánodo y el cátodo. Se usó como separador una malla de lana de 0,5 mm de espesor con un 30% de apertura hecha de propileno. El agua a tratar se hizo fluir desde el cátodo hasta el ánodo. El examen de la electrolisis se llevó a cabo utilizando las mismas condiciones que en el ejemplo pero el caudal no pudo ajustarse hasta un caudal de 10 m<sup>3</sup> sin embargo fue sólo de hasta 3 m<sup>3</sup>/h. Se utilizó la misma corriente eléctrica que en ejemplo 1. Se demostró que  
20 se formaron varias ppm de THM (trihalometanos) en el agua de mar.

**REIVINDICACIONES**

1. Un proceso de tratamiento de agua contaminada con microorganismos utilizando una célula electrolítica que comprende alimentar una corriente de agua contaminada a un caudal volumétrico de 1 a 1000 m<sup>3</sup>/h a través de una zona electrolizadora, donde dicha corriente de agua tiene una conductividad de 0,0001 a 100 S/m, electrolizar dicha corriente de agua en dicha zona electrolizadora definida por al menos un par de electrodos, donde dicho al menos un par de electrodos comprende un ánodo (2) y un cátodo (3) sin medios separadores y en los que la distancia entre el ánodo (2) y el cátodo (3) en el par de electrodos es de 0,2 a 10 mm, dicha corriente de agua está guiada perpendicularmente en un ángulo recto o en un ángulo desviado hasta 60° de dicho flujo en ángulo recto a través de dicho al menos un ánodo (2) y un cátodo (3) mientras se induce un voltaje a través de dicho ánodo (2) y cátodo (3) y se suministra una corriente continua a dicho ánodo (2) y cátodo (3) , donde el flujo de la corriente de agua es turbulento, producir radicales hidroxilo en la superficie del ánodo por oxidación del agua y donde el par de electrodos está de este modo dispuesto de forma que una corriente de agua que entra en la célula encuentra primero el ánodo (2) y después el cátodo (3) de forma que dichos productos procedentes de las reacciones del ánodo pueden reaccionar rápidamente en el cátodo o mezclarse rápidamente con productos de las reacciones del cátodo y extraer de la zona electrolizadora un corriente de agua tratada.
2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el caudal volumétrico es de 1 a 750 m<sup>3</sup>/h, particularmente de 5 a 500 m<sup>3</sup>/h, particularmente de 10 a 500 m<sup>3</sup>/h.
3. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el número de Reynolds en la célula es mayor que 2.000, particularmente mayor que 5.000.
4. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde el número de Reynolds de la célula es menor que 100.000.
5. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que la densidad de corriente media está de 10 a 5.000 A/m<sup>2</sup>, particularmente de 10 a 1.000 A/m<sup>2</sup>, particularmente de 25 a 750 A/m<sup>2</sup>.
6. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que el cátodo tienen un sobrevoltaje de formación de hidrógeno mayor que 300 mV, particularmente mayor que 500 mV.
7. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el ánodo tiene un sobrevoltaje de formación de oxígeno mayor que 400 mV, particularmente mayor que 700 mV.
8. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que depósitos incrustados se eliminan con inversión de carga.
9. Una célula electrolítica que comprende una entrada (1) a través de la que pasa la corriente de agua, que comprende al menos un par de electrodos que definen una zona electrolizadora, donde dicho par de electrodos comprende un ánodo (2) y un cátodo (3), dispuesto sustancialmente en paralelo sin medios separadores entre ambos, en donde la distancia entre el ánodo (2) y el cátodo (3) en el par de electrodos es de 0,2 a 10 mm y en el que el ángulo entre el ánodo (2) y el cátodo (3) es de 0 ° a 45°, permitiendo un alto caudal del electrolito a través de dicho ánodo (2) y cátodo (3), dispuestos de forma que dicha corriente de agua entrante fluya sustancialmente perpendicularmente en un ángulo recto o un ángulo desviado hasta 60° de dicho flujo en ángulo recto, a través del par de electrodos que permita el tratamiento de una corriente de agua con microorganismos que tiene una conductividad de 0,0001 a 100 S/m que atraviesa dicho par de electrodos, dicho ánodo (2) y cátodo (3) tienen la forma de una malla, dicho/s par/es de electrodo/s está/n colocados a través de la totalidad del área de sección transversal de la célula, dicha célula electrolítica comprende además medios para suministrar un voltaje a través de dicho ánodo (2) y cátodo (3) y medios para proporcionar una corriente continua a dicha célula y en el que el par de electrodos está por tanto dispuesto de forma que la corriente de agua que entra en la célula primero encuentra el ánodo (2) y después el cátodo (3), dicha célula además comprende una dispositivo de evacuación (4).
10. Una célula de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el ángulo entre el ánodo (2) y el cátodo (3) es de 0° ya 30°, particularmente de 0° a 10°.
11. Una célula de acuerdo a las reivindicaciones 9 o 10, en la que el área de la sección transversal abierta del ánodo (2) y el cátodo (3) es de 20 y 75 % del área de la sección transversal total , particularmente de 25 a 60%.
12. Una célula de acuerdo con las reivindicaciones 9-11, en la que el ánodo (2) y el cátodo (3) comprenden aperturas que tienen un área de 0,01 a 2500 mm<sup>2</sup>.
13. Una célula de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-12, en la que la célula comprende electrodos monopolares.



14. Una célula de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-13, en la que la distancia entre el ánodo (2) y el cátodo (3) en el par de electrodos es de 0,2 a 5 mm, particularmente de 0,2 a 3mm.
- 5 15. Una célula de acuerdo con las reivindicaciones 9-14, en la que la distancia entre dos pares de electrodos adyacentes es de 3 y 25 veces la distancia entre el ánodo (2) y el cátodo (3) en cada par de electrodos, particularmente de 5 a 15 veces la distancia entre el ánodo (2) y el cátodo (3) en cada par de electrodos, particularmente de 0,6 a 250 mm, particularmente de 1 a 150 mm.
16. Una célula de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-15, en la que dicha célula comprende un número de 1-10 pares de electrodos, particularmente de 1 a 7, particularmente de 2 a 5.
- 10 17. El uso de una célula de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-16, para tratar agua contaminada que contiene microorganismos.

Fig.1.

