

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 472**

51 Int. Cl.:

C01B 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.02.2013 PCT/IB2013/000682**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.08.2013 WO13121294**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2013 E 13726264 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.04.2018 EP 2814776**

54 Título: **Composiciones de ácido hipocloroso (HOCl) y métodos de fabricación del mismo**

30 Prioridad:

17.02.2012 US 201261600344 P

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

02.07.2018

73 Titular/es:

**WIAB WATER INNOVATION AB (100.0%)
Storgatan 3
211 41 Malmo, SE**

72 Inventor/es:

**HINDERSON, BENGT, OLLE y
ALMAS, GEIR, HERMOD**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 674 472 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

Composiciones de ácido hipocloroso (HOCl) y métodos de fabricación del mismo

5 Campo de la invención

La invención se refiere en general a composiciones de ácido hipocloroso (HOCl) y a métodos de fabricación de las mismas.

10 Antecedentes

Se sabe que el ácido hipocloroso (HOCl) es un ácido débil que inactiva rápidamente bacterias, algas, hongos y otros compuestos orgánicos, lo que lo convierte en un agente eficaz para una amplia gama de microorganismos. Además, dado que el ácido hipocloroso es un ácido débil y dado que las personas producen de forma natural ciertos compuestos que les permiten tolerar el ácido hipocloroso (por ejemplo, el aminoácido taurina), generalmente no es dañino para las personas. Debido a la combinación de sus propiedades biocidas y su perfil de seguridad, se ha encontrado que el ácido hipocloroso tiene muchos usos beneficiosos en muchas industrias diferentes, tales como industria de servicios médicos, de alimentos, venta minorista de alimentos, agricultura, cuidado de heridas, laboratorio, hospitalización, dental o floral.

El ácido hipocloroso se forma cuando el cloro se disuelve en el agua. Un método de fabricación implica la activación electroquímica de una solución de sal saturada (por ejemplo, salmuera) para formar HOCl. Otro método de producción implica la desproporción del gas de cloro en soluciones alcalinas.

Un problema con el ácido hipocloroso producido por estos métodos es que es altamente inestable, y en un corto periodo de tiempo (por ejemplo, de algunas horas a un par de semanas), el ácido hipocloroso se degradará. Se sabe que la distribución de compuestos clorados en solución acuosa es una función del pH. A medida que el pH de una solución que contiene ácido hipocloroso se vuelve más ácido (por ejemplo, pH por debajo de 3), se forma cloro gaseoso. A medida que el pH de una solución que contiene ácido hipocloroso se vuelve más básico (por ejemplo, pH superior a 8) se forman aniones de hipoclorito (OCl^- , es decir, lejía), que también son tóxicos para las personas. Por lo tanto, aunque es un biocida efectivo, el uso de ácido hipocloroso se ha visto limitado por la necesidad de generación in situ y el desafío de mantener la estabilidad de almacenamiento.

En su sentido más amplio, la presente invención proporciona un método como se define en la reivindicación 1 para producir ácido hipocloroso (HOCl).

Las reivindicaciones dependientes exponen características de ciertas realizaciones de la invención mencionadas con anterioridad.

40 Resumen

La invención reconoce que los aspectos del proceso de producción para producir ácido hipocloroso (HOCl) pueden contribuir a la inestabilidad del producto. Un pH particularmente ácido, debido a la donación de un protón de un ácido en la reacción, causa inestabilidad en la composición de HOCl. Además, se ha demostrado que la exposición al aire durante el proceso de producción desestabiliza el HOCl, proceso de desestabilización que puede escalar rápidamente. Los métodos de la invención proporcionan métodos de mezcla sin aire para producir ácido hipocloroso que no dependen de la electrólisis ni del uso de cloro gaseoso. Los métodos de la invención producen una formulación estable y libre de aire de ácido hipocloroso que se puede embotellar y almacenar durante un período de tiempo significativo (por ejemplo, desde al menos un par de meses hasta 6 a 12 meses o más), eliminando la necesidad de generación en el sitio y superar los desafíos de mantener la estabilidad de almacenamiento.

En ciertos aspectos, los métodos de la invención implican mezclarse en agua en un ambiente libre de aire, un compuesto que genera un protón (H^+) en agua y un compuesto que genera un anión hipoclorito (OCl^-) en agua para producir ácido hipocloroso libre de aire. Cualquier compuesto que produzca un anión hipoclorito (OCl^-) en agua puede usarse con los métodos de la invención. Ejemplos de compuestos incluyen NaOCl , $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ y $\text{Mg}(\text{OCl})_2$. En realizaciones particulares, el compuesto es NaOCl . Cualquier compuesto que produzca un protón (H^+) en agua se puede usar con los métodos de la invención. Los compuestos preferidos son ácidos, tales como ácido acético ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$), HCl y H_2SO_4 . Los métodos de la invención dan como resultado la producción de una composición de HOCl altamente pura y estable con una capacidad reguladora suave (por ejemplo, pH 3.6–5.6 para ácido acético y 6.5–8.5 para HCl). La estabilidad aumenta a un pH más bajo, por lo que se prefieren reguladores de pH bajos.

Los métodos de la invención incluyen introducir en agua un compuesto que genera un protón y un compuesto que genera un anión hipoclorito en cualquier orden (por ejemplo, simultánea o secuencialmente) y de cualquier manera (forma acuosa, forma sólida, etc.). Por ejemplo, el compuesto que genera un protón y el compuesto que genera el anión hipoclorito son soluciones acuosas y se introducen secuencialmente en el agua, por ejemplo, el compuesto que genera el protón se puede introducir primero en el agua y el compuesto que genera el anión hipoclorito se

puede introducir en el agua en segundo lugar. Sin embargo, los métodos de la invención incluyen otros órdenes para la introducción secuencial del compuesto que genera el protón y el compuesto que genera el anión hipoclorito.

5 Los métodos de la invención pueden realizarse con la mayoría de los tipos de agua, incluido el agua de grifo. En ciertas realizaciones, el agua se filtra o es agua purificada, tal como la obtenida de cualquier compañía de purificación de agua, tal como Millipore (Billerica, MA). En ciertas realizaciones, el agua tiene una capacidad de regulación de aproximadamente pH 6 a aproximadamente pH 8. En ciertas realizaciones, el agua tiene una capacidad reguladora de aproximadamente pH 3.6 a aproximadamente pH 6, pero en cualquier caso no lo suficientemente baja para producir gases de Cl_2 . En otras realizaciones, el agua es agua desionizada a la que se ha
10 añadido al menos un agente regulador, tal como regulador acético o regulador de fosfato. En realizaciones particulares, un pH inicial del agua antes de la adición de ácido acético, HCl o el compuesto que genera el anión hipoclorito es al menos aproximadamente 8 (por ejemplo, 8.1 o mayor, 8.2 o mayor, 8.3 o mayor, 8.4 o mayor, 8.5 o mayor, 8.6 o mayor, 8.7 o mayor, 8.8 o mayor, 8.9 o mayor, 9.0 o mayor, 9.5 o mayor, 10.0 o mayor, 10.5 o mayor, o 10.8 o mayor). En realizaciones específicas, el pH del agua antes de la adición del compuesto que genera el protón o el compuesto que genera el anión hipoclorito es 8.4. En ciertas realizaciones, se introduce NaOH al comienzo del
15 proceso para mejorar las propiedades de regulación de la solución final.

En general, los reactivos se agregan al agua en cantidades relativamente pequeñas en comparación con el flujo de agua. En ciertas realizaciones, no más de aproximadamente 0.6 mL de cantidad del compuesto que genera el protón
20 se introduce en el agua en un único punto en el tiempo. En otras realizaciones, no más de aproximadamente 0.6 mL de cantidad del compuesto que genera el anión hipoclorito se introduce en el agua en un único punto en el tiempo.

Generalmente, los reactivos añadidos se mezclan en turbulencia. Tal mezcla turbulenta puede lograrse usando un dispositivo mezclador que está configurado para producir una pluralidad de vórtices dentro de una cámara de
25 mezcla. En ciertas realizaciones, el compuesto que genera el protón se introduce en el agua y se mezcla en turbulencia con el agua antes de la introducción en el agua del compuesto que genera el anión hipoclorito. Luego, el compuesto que genera el anión hipoclorito se introduce en el agua después de que el compuesto que genera el protón se haya mezclado en turbulencia con el agua, y después de la introducción, el compuesto que genera el anión hipoclorito se mezcla en turbulencia con el agua.
30

Los métodos de la invención se pueden llevar a cabo en cualquier tipo de recipiente o cámara o sistema fluido. Por ejemplo, se usa un sistema fluido que incluye tuberías y dispositivos mezcladores para llevar a cabo los métodos de la invención. En tales realizaciones, el agua fluye a través de una tubería, y los reactivos (por ejemplo, el compuesto que genera el protón y el compuesto que genera el anión hipoclorito) se introducen en el agua cuando fluye a través
35 de el tubo. Los dispositivos mezcladores están en línea con el sistema de tuberías. Generalmente, el agua en el tubo fluye a una tasa de aproximadamente 0.1 litros por segundo a aproximadamente 1 litro por segundo y está bajo una presión de al menos aproximadamente 0.1 bar, tal como por ejemplo 1 bar o más. En ciertas realizaciones, el método se realiza bajo presión. En ciertas realizaciones, el método se realiza en un entorno sin aire y bajo presión. Los métodos de la invención se pueden realizar manualmente o de forma automatizada.
40

Otro aspecto de la invención proporciona métodos que implican mezclar juntos en agua, el compuesto que genera un protón (H^+) y el compuesto que genera un anión hipoclorito (OCl^-) en agua para producir ácido hipocloroso, en donde se realiza el método sin uso de cloro gaseoso o uso de electrólisis.
45

Otro aspecto de la invención proporciona métodos que implican mezclar en turbulencia en agua, el compuesto que genera un protón (H^+) y el compuesto que genera un anión hipoclorito (OCl^-) en agua para producir de ese modo ácido hipocloroso.
50

Otro aspecto de la invención proporciona métodos que implican introducir ácido clorhídrico (HCl) a un flujo de agua que tiene un pH de aproximadamente 8 a aproximadamente 9, mezclar en turbulencia el HCl con el agua que fluye en un primer dispositivo mezclador, introduciendo hipoclorito de sodio (NaOCl) al agua después de que el agua ha salido del primer dispositivo mezclador, y mezclar en turbulencia el NaOCl con el agua que fluye en un segundo dispositivo mezclador, produciendo de ese modo ácido hipocloroso (HOCl), en donde el método se realiza en un ambiente libre de aire y bajo presión.
55

Los métodos de la invención producen una composición libre de aire de ácido hipocloroso (HOCl). En ciertas realizaciones, la composición está sustancialmente libre de cloro gaseoso. La composición puede tener un pH de aproximadamente 4 a aproximadamente 7.5, más particularmente, de aproximadamente 6.0 a aproximadamente 7.0. El HOCl puede tener una concentración de al menos aproximadamente 200 ppm. Las composiciones obtenidas por los métodos de la invención son estables y almacenables durante largos períodos de tiempo, por ejemplo, desde
60 aproximadamente 1 mes hasta aproximadamente 1 año.

Breve descripción de los dibujos

65 La Figura 1 es un esquema que muestra un sistema de ejemplo para producir ácido hipocloroso según los métodos de la invención.

La Figura 2 es un esquema que muestra una vista ampliada del dispositivo mezclador mostrado en la Figura 1.

La Figura 3 es un esquema que muestra una vista interna de la cámara de mezcla del dispositivo mezclador.

5 La Figura 4 es un esquema que muestra una vista frontal de los miembros que dividen la cámara de mezcla en una pluralidad de cámaras secundarias. Esta vista muestra las aperturas en los miembros.

La Figura 5 es un esquema que muestra una válvula configurada con sensores de medición para cambiar de una línea de desecho a una línea de recolección de producto.

10 La Figura 6 es un esquema que muestra la válvula en línea con la línea de desechos y la línea de recolección de productos.

15 La Figura 7 es un esquema que muestra otro sistema de ejemplo para producir ácido hipocloroso según los métodos de la invención. Este sistema está configurado para uso automatizado con agua desionizada regulada. El regulador puede ser incluido en el agua entrante o puede ser introducido a través de un puerto de inyección. El regulador también se puede mezclar durante el proceso de mezcla usando NaOH en NaOCl o inyectado por separado y ácido acético u otros ácidos o bases similares.

20 La Figura 8 es un gráfico de una curva de calibración que muestra la concentración de HOCl (ppm) calculada indirectamente frente a la conductividad.

25 La Figura 9 es un gráfico que muestra un análisis espectrofotométrico del HOCl producido. Los gases producidos generalmente durante la producción de HOCl son ClO₂, Cl₂O y Cl₂, todos los cuales son detectables en el rango visible como amarillo o amarillo-rojo. El gráfico no muestra absorción proveniente de gases coloreados en el HOCl producido.

30 La Figura 10 es un gráfico que muestra la cantidad (partes por millón (ppm)) de HOCl producida inicialmente (T = 0) y su estabilidad a lo largo del tiempo.

La Figura 11 es un gráfico que muestra cómo el pH del producto HOCl cambió con el tiempo.

La Figura 12 es un gráfico que muestra la oxidación y reducción (rédox) del producto HOCl a lo largo del tiempo.

35 Descripción Detallada

La base de los métodos de la invención y las composiciones obtenidas y descritas es la protonación del ion hipoclorito (OCl⁻). Usando HCl y NaOCl como ejemplo, la protonación se logra introduciendo un ácido (por ejemplo, HCl) en la solución, que da como resultado la siguiente reacción que ocurre:



45 El ácido hipocloroso en solución acuosa se disocia parcialmente en el hipoclorito aniónico (OCl⁻), por lo que en solución acuosa siempre hay un equilibrio entre el ácido hipocloroso y el anión (OCl⁻). Este equilibrio depende del pH y a un pH más alto domina el anión. En solución acuosa, el ácido hipocloroso también está en equilibrio con otras especies de cloro, en particular cloro gaseoso, Cl₂ y diversos óxidos de cloro. A pH ácido, los gases de cloro se vuelven cada vez más dominantes mientras que a pH neutro los diferentes equilibrios dan como resultado una solución dominada por ácido hipocloroso. Por lo tanto, es importante controlar la exposición al aire y al pH en la producción de ácido hipocloroso.

50 Además, la concentración de protones (H⁺) afecta la estabilidad del producto. La invención reconoce que la concentración de protones puede controlarse usando un ácido que tiene una capacidad menor a un pH dado para donar un protón (es decir, el ácido puede proporcionar capacidad de regulación). Por ejemplo, realizar el proceso con ácido acético en lugar de ácido clorhídrico es óptimo cuando el pH deseado de la solución final es aproximadamente el pKa de ácido acético. Esto se puede lograr mezclando proporciones en agua de 250X o más, lo que significa 1 parte de donador de protones a una concentración del 100% (por ejemplo, HCl o ácido acético) a 250 partes de agua.

60 La invención se refiere generalmente a métodos para producir ácido hipocloroso (HOCl). En ciertas realizaciones, los métodos de la invención implican mezclar juntos en agua en un ambiente sin aire, un compuesto que genera un protón (H⁺) en agua y un compuesto que genera un anión hipoclorito (OCl⁻) en agua para producir aire- ácido hipocloroso libre. El agua puede ser agua de grifo o agua purificada, tal como agua comprada en una compañía de purificación de agua, tal como Millipore (Billerica, MA). Generalmente, el pH del agua se mantiene de aproximadamente 4.5 a aproximadamente 9 durante el procedimiento, sin embargo, el pH puede ir por encima y por debajo de este intervalo durante el proceso de producción. La realización de los métodos de la invención en un

entorno libre de aire evita la acumulación de gases de cloro durante el proceso de producción. Además, la realización de métodos de la invención en un entorno sin aire estabiliza aún más el HOCl producido.

5 Cualquier compuesto que produzca un anión hipoclorito (OCl^-) en agua puede usarse con los métodos de la invención. Los compuestos de ejemplo incluyen NaOCl y $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. En realizaciones particulares, el compuesto es NaOCl. Cualquier compuesto que produzca un protón (H^+) en agua se puede usar con los métodos de la invención. Los ejemplos de compuestos son ácidos, tales como ácido acético, HCl y H_2SO_4 . En realizaciones particulares, el compuesto es HCl. En realizaciones preferidas, el compuesto es ácido acético porque es un ácido más débil con un pKa preferido a HCl, lo que significa que dona menos protones durante la reacción que el HCl y puede mantener mejor el nivel de pH preferido.

10 Los métodos de la invención pueden realizarse en cualquier tipo de recipiente o cámara o sistema fluido. En ciertas realizaciones, se usa un sistema 100 fluido como se muestra en la Figura 1 para realizar métodos de la invención. El sistema 100 incluye una serie de tubos 101a-c interconectados con una pluralidad de dispositivos 102 y 103 mezcladores en línea con la pluralidad de tubos 101a-c. Los tubos y los dispositivos mezcladores pueden estar interconectados usando sellos, de modo que se pueda purgar todo el aire del sistema, permitiendo que los métodos de la invención se realicen en un entorno libre de aire. En ciertas realizaciones, los métodos de la invención también se realizan bajo presión. La realización de los métodos de la invención en un entorno sin aire y bajo presión permite la producción de HOCl que no interacciona con los gases en el aire (por ejemplo, oxígeno) que pueden desestabilizar el HOCl producido.

15 Los tubos 101a-c generalmente tienen un diámetro interno que varía de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 50 mm, más preferiblemente de aproximadamente 17 mm a aproximadamente 21 mm. En realizaciones específicas, los tubos 101a-c tienen un diámetro interno de aproximadamente 21 mm. Los tubos 101a-c generalmente tienen una longitud de aproximadamente 10 cm a aproximadamente 400 cm, más preferiblemente de aproximadamente 15 cm a aproximadamente 350 cm. En ciertas realizaciones, los tubos 101a-c tienen la misma longitud. En otras realizaciones, los tubos 101a-c tienen diferentes longitudes. En realizaciones específicas, el tubo 101a tiene una longitud de aproximadamente 105 cm, el tubo 101b tiene una longitud de aproximadamente 40 cm, y el tubo 101c tiene una longitud de aproximadamente 200 cm.

20 Los tubos y los mezcladores pueden estar hechos de cualquier material inerte de modo que el material de los tubos y mezcladores no se vea involucrado con la reacción que se produce dentro del sistema de fluidos. Los materiales de ejemplo incluyen PVC-U. Los tubos están disponibles comercialmente de Georg Fischer AB. Los tubos y mezcladores pueden configurarse para tener una disposición lineal tal que los tubos y los mezcladores estén dispuestos en línea recta. Alternativamente, los tubos y los mezcladores pueden tener una disposición no lineal, de modo que el agua debe fluir a través de giros y curvas a lo largo del proceso. El sistema 100 muestra una configuración no lineal de los tubos 101a-c y los mezcladores 102 y 103.

25 El tubo 101a es un tubo de entrada que recibe el agua que fluirá a través del sistema. Generalmente, el agua en los tubos 101a-c está bajo una presión de al menos aproximadamente 0.1 bar, tal como, por ejemplo, 0.2 bar o superior, 0.3 bar o superior, 0.4 bar o superior, 0.5 bar o superior, 0.7 bar o superior, 0.9 bar o superior, 1.0 bar o superior, 1.2 bar o superior, 1.3 bar o superior, o 1.5 bar o superior. A tales presiones, se produce un flujo de agua turbulento, por lo que los reactivos se introducen en un flujo de agua altamente turbulento que facilita una mezcla inicial de los reactivos con el agua antes de la mezcla adicional en los dispositivos 102 y 103.

30 Con el fin de controlar el pH durante el proceso de producción, el agua entrante debe tener una capacidad de regulación en el rango de pH 3.5-9.0, más preferiblemente de 6.0 y 8.0, para facilitar la adición de los compuestos que generan el protón y el compuesto que genera el anión hipoclorito. Las sales disueltas y otras moléculas encontradas en la mayoría de las aguas de grifo le dan al agua de grifo una capacidad de regulación en el rango de pH 5.5-9.0, y así el agua de grifo es un agua adecuada para ser utilizada con los métodos de la invención.

35 En ciertas realizaciones, se usa agua desionizada con la adición de agentes reguladores conocidos para producir agua que tienen una capacidad de regulación en el intervalo de pH 3.5-9.0. El ejemplo de un regulador en este rango particular es el regulador de fosfato. Para un mayor control y consistencia del proceso, es preferible utilizar agua desionizada formulada para usar agua de grifo, porque el agua de grifo puede cambiar entre ubicaciones y también con el tiempo. Además, el uso de agua desionizada también incluye un pH estable del flujo de agua entrante. Este proceso se analiza en mayor detalle a continuación.

40 En realizaciones particulares, un pH inicial del agua antes de la adición de cualquiera de los compuestos que genera el protón o el compuesto que genera el anión hipoclorito es al menos aproximadamente 8.0, incluyendo 8.1 o mayor, 8.2 o mayor, 8.3 o mayor, 8.4 o mayor, 8.5 o mayor, 8.6 o mayor, 8.7 o mayor, 8.8 o mayor, 8.9 o mayor, 9.0 o mayor, 9.5 o mayor, 10.0 o mayor, 10.5 o mayor, o 10.8 o mayor. En realizaciones específicas, el pH del agua antes de la adición del compuesto que genera el protón o el compuesto que genera el anión hipoclorito es 8.4.

45 Los métodos de la invención incluyen introducir en el agua el compuesto que genera el protón y el compuesto que genera el anión hipoclorito en cualquier orden (por ejemplo, simultánea o secuencialmente) y de cualquier manera

(forma acuosa, forma sólida, etc.). Por ejemplo, el compuesto que genera el protón y el compuesto que genera el anión hipoclorito son soluciones acuosas y se introducen secuencialmente en el agua, por ejemplo, el compuesto que genera el protón se puede introducir primero en el agua y el compuesto que genera el anión hipoclorito se puede introducir en el agua en segundo lugar. Sin embargo, los métodos de la invención incluyen otros pedidos para la introducción secuencial del compuesto que genera el protón y el compuesto que genera el anión hipoclorito.

El sistema 100 está configurado para la introducción secuencial de reactivos al flujo de agua, y en el proceso que se describe en la presente memoria el compuesto que genera el protón se introduce primero en el agua y el compuesto que genera el anión hipoclorito se introduce en el agua en segundo lugar. En ciertas realizaciones, el compuesto que genera el protón y el compuesto que genera el anión hipoclorito se introducen en el agua en alícuotas pequeñas, por ejemplo, de aproximadamente 0.1 mL a aproximadamente 0.6 mL. Valoraciones iterativas y diminutas permiten controlar el pH a pesar de las adiciones de ácido (compuesto que genera el protón) y álcali (el compuesto que genera el anión hipoclorito). En ciertas realizaciones, no más de aproximadamente 0.6 mL de cantidad de compuesto que genera el protón se introduce en el agua en un único punto en el tiempo. En otras realizaciones, no más de aproximadamente 0.6 mL de cantidad del compuesto que genera el anión hipoclorito se introduce en el agua en un único punto en el tiempo.

Para introducir los reactivos en el agua, el tubo 101a incluye un puerto 104 de inyección y el tubo 101b incluye un puerto 105 de inyección. Los puertos 104 y 105 de inyección permiten la introducción de reactivos en el flujo de agua. En estas realizaciones, el compuesto acuoso que genera el protón se introduce en el agua en el tubo 101a a través del puerto 104 de inyección. El compuesto que genera el protón se introduce mediante una bomba de infusión que está conectada de forma estanca al puerto 104. De esta manera, se controla la rata de flujo, y así la cantidad de compuesto que genera el protón introducido en el agua en un momento dado. La bomba de infusión se puede controlar automática o manualmente. La rata de introducción del compuesto que genera el protón en el agua se basa en la calidad del agua entrante (conductividad y nivel de pH) y la presión y el flujo del agua entrante. En ciertas realizaciones, la bomba está configurada para introducir aproximadamente 6.5 litros por hora de ácido clorhídrico en el agua. La introducción puede ser una infusión continua o de forma intermitente. Dado que el agua fluye a través de los tubos de manera turbulenta, hay una mezcla inicial del compuesto que genera el protón con el agua al introducir el ácido clorhídrico en el agua.

Se produce una mezcla adicional cuando el agua entra en el primer dispositivo 102 mezclador. La Figura 2 muestra una vista ampliada del dispositivo 102 mezclador mostrado en la figura 1. En la realización ilustrada, el dispositivo mezclador incluye una longitud de aproximadamente 5.5 cm y un diámetro de aproximadamente 5 cm. Un experto en la técnica reconocerá que estas son dimensiones de ejemplo y los métodos de la invención pueden realizarse con dispositivos mezcladores que tienen dimensiones diferentes a las dimensiones ejemplificadas. El dispositivo 102 mezclador incluye una entrada 106 de fluido que se acopla herméticamente al tubo 101a y una salida 107 de fluido que se acopla herméticamente al tubo 101b. De esta manera, el agua puede entrar en la cámara 108 de mezcla del dispositivo 102 desde el tubo 101a y salir de la cámara 108 del dispositivo 102 a través del tubo 101b.

El dispositivo 102 mezclador está configurado para producir una pluralidad de vórtices de fluido dentro del dispositivo. Un dispositivo de ejemplo configurado de esta manera se muestra en la Figura 3, que es una figura que proporciona una vista interna de la cámara 108 del dispositivo 102. La cámara 108 incluye una pluralidad de miembros 109, estando los miembros separados y fijados dentro de la cámara 108 perpendiculares a la entrada y a la salida para formar una pluralidad de subcámaras 110. Cada miembro 109 incluye al menos una abertura 111 que permite que el fluido fluya a su través. La Figura 4 muestra una vista frontal de los miembros 109 de manera que se pueden ver las aberturas 111. El tamaño de las aberturas dependerá del flujo de agua y la presión en el sistema.

Se puede fijar cualquier número de miembros 109 en la cámara 108, el número de miembros 109 fijados en la cámara 108 dependerá de la cantidad de mezcla deseada. La Figura 4 muestra cuatro miembros 109a-d que están fijados en la cámara para producir cuatro subcámaras 110a-d. Los miembros 109 pueden estar espaciados a una distancia uniforme dentro de la cámara 108, produciendo subcámaras 110 de tamaño uniforme. Alternativamente, los miembros 109 pueden estar separados a diferentes distancias dentro de la cámara 108, produciendo subcámaras 110 de diferente tamaño. Los miembros 109 son de un tamaño tal que pueden fijarse a una pared interior dentro de la cámara 108. De esta manera, el agua no puede fluir alrededor de los miembros y solo puede pasar a través de las aberturas 111 en cada miembro 109 para moverse a través del dispositivo 102 mezclador. Generalmente, los miembros tendrán un diámetro de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 10 cm. En realizaciones específicas, los miembros tienen un diámetro de aproximadamente 3.5 cm.

Se produce un vórtice de fluido dentro de cada subcámara 110a-d. Los vórtices resultan del flujo del agua a través de las aberturas 111 en cada miembro 109. Los métodos de la invención permiten cualquier disposición de las aberturas 111 alrededor de cada miembro 109. La Figura 4 ilustra ejemplos no limitantes de diferentes disposiciones de las aberturas 111 dentro de un miembro 109. Las aberturas pueden ser de cualquier forma. La Figura 4 ilustra aberturas circulares 111. En ciertas realizaciones, todas las aberturas 111 están ubicadas dentro del mismo lugar que los miembros 109. En otras realizaciones, las aberturas 111 están ubicadas dentro de lugares diferentes de los miembros 109. Dentro de un único miembro 109, todas las aberturas 111 pueden tener el mismo diámetro.

Alternativamente, dentro de un único miembro 110, al menos dos de las aberturas 111 tienen diferentes tamaños. En otras realizaciones, todas las aberturas 111 dentro de un único miembro 110 tienen diferentes tamaños.

5 En ciertas realizaciones, las aberturas 111 en un miembro 110 tienen un primer tamaño y las aberturas 111 en un miembro 110 diferente tienen un segundo tamaño diferente. En otras realizaciones, las aberturas 111 en al menos dos miembros 110 diferentes tienen el mismo tamaño. El tamaño de las aberturas dependerá del flujo de agua y la presión en el sistema. Los diámetros de abertura de ejemplo son de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 1 cm. En realizaciones específicas, las aberturas tienen un diámetro de aproximadamente 6 mm.

10 La solución entra en el dispositivo 102 mezclador a través de la entrada 106, que está acoplada de forma estanca con el tubo 101a. La solución entra en la cámara 108 y se produce una mezcla turbulenta en cada una de las subcámaras 110a-d cuando la solución pasa a través de los miembros 109a-d a través de las aberturas 111 en cada miembro 109a-d. Después de mezclar en la subcámara 110d final, el agua sale de la cámara 108 a través de la salida 107 de fluido que se acopla de forma estanca al tubo 101b.

15 El compuesto que genera el anión hipoclorito se introduce a continuación en la solución que fluye a través del conducto 101b a través del puerto 105 de inyección. El compuesto que genera el anión hipoclorito se introduce mediante una bomba de infusión que está conectada de manera estanca al puerto 105. De esta manera, se controla la rata de flujo y, por lo tanto, la cantidad de compuesto que genera el anión hipoclorito introducido en el agua en cualquier momento dado. La bomba de infusión se puede controlar automática o manualmente. La rata de introducción del compuesto que genera el anión hipoclorito al agua se basa en las propiedades de la solución (conductividad y nivel de pH) y la presión y el flujo de la solución. En ciertas realizaciones, la bomba está configurada para introducir aproximadamente 6.5 litros por hora de compuesto que genera el anión hipoclorito en la solución. La introducción puede ser una infusión continua o de forma intermitente. Como la solución fluye a través de los tubos de forma turbulenta, se produce una mezcla inicial del compuesto que genera el anión hipoclorito con la solución tras la introducción del compuesto que genera el anión hipoclorito en la solución.

20 Se produce una mezcla adicional cuando la solución entra en el segundo dispositivo 103 mezclador. El dispositivo 103 mezclador incluye todas las características discutidas anteriormente con respecto al dispositivo 102 mezclador. El dispositivo 103 mezclador puede configurarse igual o diferente que el dispositivo 102 mezclador, por ejemplo, el mismo o diferente número de subcámaras, diámetros de aberturas iguales o diferentes, tamaños iguales o diferentes de subcámaras, etc. Sin embargo, al igual que el dispositivo 102 mezclador, el dispositivo 103 mezclador está configurado para producir un vórtice de fluido dentro de cada cámara secundaria.

30 La solución entra en el dispositivo 103 mezclador a través de una entrada en el dispositivo, que está acoplado de forma estanca con el tubo 101b. La solución entra en la cámara de mezcla y se produce una mezcla turbulenta en cada una de las subcámaras del dispositivo mezclador cuando la solución pasa a través de los miembros en la cámara a través de las aberturas en cada miembro. Después de mezclar en la subcámara final, el agua sale de la cámara a través de la salida de fluido en el dispositivo mezclador que se acopla de forma estanca al tubo 101c.

40 En este punto, la reacción se ha completado y se ha formado HOCl. La producción se controla en línea midiendo el pH y la conductividad. El pH se usa en combinación con la conductividad basada en una relación precalibrada entre la conductividad y la concentración de HOCl medida con espectrofotometría. La conductividad medida es una medida de la capacidad del disolvente para conducir una corriente eléctrica. Comparando la misma matriz con diferentes concentraciones conocidas de HOCl y OCl⁻, se ha establecido una curva de calibración (Figura 8) que se usa en combinación con el medidor de pH para regular las titulaciones y controlar el proceso.

50 El tubo 101c se puede conectar a una válvula 112 de conmutación que conmuta entre una línea 113 de desecho y una línea 114 de recolección de producto mostradas en las Figuras 5 y 6. La válvula 112 incluye el medidor de pH y el dispositivo de medición de la conductividad. Estos dispositivos miden la concentración y la pureza y el pH del HOCl que se está produciendo y brindan retroalimentación para alterar tales propiedades del HOCl producido. Una vez que el HOCl que se produce en el tubo 101c alcanza la concentración, pureza y pH requeridos, la válvula 112 conmuta de la línea 113 de desecho a la línea 114 de recolección de producto para recoger el producto deseado.

55 El HOCl que se ha producido sin aire se recoge y embotella sin aire. La colocación de líquidos en una botella sin aire se conoce en la técnica. Un método de ejemplo incluye colocar un recipiente inflable (tal como un globo) en una botella. El recipiente inflable está conectado directamente a la línea 114 de recolección y el HOCl se bombea dirigido al recipiente inflable en la botella sin exponerse nunca al aire. Otro método implica llenar las botellas al vacío. Otro método de llenado sin aire implica llenar las botellas en un ambiente de un gas inerte que no interactúa con el HOCl, como un ambiente de argón.

60 El ácido hipocloroso producido está libre de aire y tendrá un pH de aproximadamente 4.5 a aproximadamente 7.5. Sin embargo, el pH del HOCl producido se puede ajustar después del proceso de producción añadiendo ácido (por ejemplo, HCl) o álcali (por ejemplo, NaOCl) al ácido hipocloroso producido. Por ejemplo, un pH de entre aproximadamente 4.5 y aproximadamente 7 es particularmente adecuado para la aplicación de reprocesamiento de instrumentos médicos sensibles al calor. Otras aplicaciones, como su uso en entornos no médicos, por ejemplo, en

el procesamiento de aves de corral y pescado y usos agrícolas y petroquímicos generales, descomposición de biopelículas bacterianas y tratamiento del agua, pueden exigir diferentes niveles de pH.

5 El proceso se puede realizar manualmente o de forma automatizada. Los sistemas de fluidos descritos en este documento pueden estar conectados operativamente a un ordenador que controla el proceso de producción. El ordenador puede ser un sistema controlador lógico PCL. El ordenador abre y cierra las válvulas para la entrada de agua, la salida de agua residual y la salida del producto de acuerdo con la retroalimentación recibida de los sensores en el sistema (por ejemplo, conductividad, pH y concentración de producto (ppm) que se produce). El ordenador también puede almacenar los valores de las presiones del agua y las cantidades de agua y puede ajustarlos de acuerdo con los comentarios recibidos de los sensores con respecto a las propiedades del HOCl que se está produciendo. El ordenador también puede controlar las bombas de infusión que inyectan los reactivos en el agua para el proceso de producción.

15 El proceso se puede realizar iterativamente en cuanto que el tubo 101c se puede unir a un segundo sistema fluido y el HOCl producido fluye a continuación a través del segundo sistema en donde se repite el proceso descrito anteriormente con la solución de partida con HOCl en lugar de agua. De esta manera, se produce un mayor rendimiento de HOCl. Se puede interconectar cualquier cantidad de sistemas de fluido con los métodos de la invención.

20 La Figura 7 es un esquema que muestra otro sistema de ejemplo 200 para producir ácido hipocloroso según los métodos de la invención. El sistema 200 está configurado para regular el pH del agua entrante y el regulador de inyección para la estabilidad. En el sistema 200, se introduce agua en el tubo 201a. El tubo 201a tiene un medidor 208 de pH conectado a ella. El medidor 208 de pH mide el pH del agua entrante. El medidor 208 de pH está conectado al puerto 202 de inyección. El puerto 202 de inyección permite la introducción de al menos un agente regulador en el agua entrante. El agente regulador se introduce mediante una bomba de infusión que está conectada de forma estanca al puerto 202. De esta manera, se controla la rata de flujo, y por lo tanto la cantidad, de agente regulador introducido en el agua en cualquier momento dado. La bomba de infusión se puede controlar automática o manualmente. La rata de introducción del agente regulador en el agua se basa en la calidad del agua entrante (conductividad y nivel de pH), la composición del regulador y la presión y el flujo del agua entrante. La introducción puede ser una infusión continua o de forma intermitente. Dado que el agua fluye a través del tubo 201a de manera turbulenta, hay una mezcla inicial del agente regulador con el agua tras la introducción de la regulación en el agua. Esta mezcla inicial puede ser suficiente para ajustar adecuadamente las propiedades del agua entrante.

35 En ciertas realizaciones, se realiza una mezcla adicional del agua y el regulador antes de llevar a cabo el proceso de producción del HOCl. En esas realizaciones, se produce una mezcla adicional cuando el agua con agente regulador entra en el primer dispositivo 203 mezclador. El dispositivo 203 mezclador incluye todas las características discutidas anteriormente con respecto al dispositivo 102 mezclador. El dispositivo 203 mezclador puede configurarse igual o diferente que el dispositivo 102 mezclador, por ejemplo, el mismo o diferente número de subcámaras, el mismo o diferente diámetro de aberturas, tamaños iguales o diferentes de subcámaras, etc. Sin embargo, como el dispositivo 40 102 mezclador, el dispositivo 203 mezclador está configurado para producir un vórtice de fluido dentro de cada subcámara.

45 La solución entra en el dispositivo 203 mezclador a través de una entrada en el dispositivo, que está acoplado de forma estanca con el tubo 201a. La solución entra en la cámara de mezcla y se produce una mezcla turbulenta en cada una de las cámaras secundarias del dispositivo mezclador a medida que la solución pasa a través de los miembros en la cámara a través de las aberturas en cada miembro. Después de mezclar en la subcámara final, el agua sale de la cámara a través de la salida de fluido en el dispositivo mezclador que se acopla de forma estanca al tubo 202b. El agua tiene un pH de al menos aproximadamente 8.0, preferiblemente 8.4, y una capacidad de regulación de pH 5.5-9.0.

50 El proceso ahora se realiza como se describió anteriormente para producir HOCl. El compuesto que genera el protón se introduce luego en el agua que fluye a través de el tubo 201b a través del puerto 204 de inyección. El compuesto que genera el protón se introduce mediante una bomba de infusión que está conectada de manera estanca al puerto 204. De esta manera, la rata de flujo, y así se controla la cantidad de compuesto que genera el protón introducido en el agua en un momento dado. La bomba de infusión se puede controlar automática o manualmente. La rata de introducción del compuesto que genera el protón en el agua se basa en las propiedades del agua (conductividad y nivel de pH), la composición del regulador y la presión y el flujo del agua. En ciertas realizaciones, la bomba está configurada para introducir de aproximadamente 6.5 litros por hora a aproximadamente 12 litros por hora de compuesto que genera el protón en el agua. La introducción puede ser una infusión continua o de forma intermitente. Dado que el agua fluye a través de los tubos de manera turbulenta, hay una mezcla inicial del compuesto que genera el protón con el agua al introducir el ácido clorhídrico en el agua.

65 Se produce una mezcla adicional cuando la solución entra en el segundo dispositivo 205 mezclador. El dispositivo 205 mezclador incluye todas las características discutidas anteriormente con respecto al dispositivo 102 mezclador. El dispositivo 205 mezclador puede configurarse igual o diferente que el dispositivo 203 mezclador, por ejemplo, el mismo o diferente número de subcámaras, diámetros de aberturas iguales o diferentes, tamaños iguales o diferentes

de subcámaras, etc. Sin embargo, como el dispositivo 203 mezclador, el dispositivo 205 mezclador están configurado para producir un vórtice de fluido dentro de cada subcámara.

La solución entra en el dispositivo 205 mezclador a través de una entrada en el dispositivo, que está acoplado de forma estanca con el tubo 201b. La solución entra en la cámara de mezcla y se produce una mezcla turbulenta en cada una de las cámaras secundarias del dispositivo mezclador a medida que la solución pasa a través de los miembros en la cámara a través de las aberturas en cada miembro. Después de mezclar en la subcámara final, el agua sale de la cámara a través de la salida de fluido en el dispositivo mezclador que está acoplado de forma estanca al tubo 201c.

El compuesto que genera el anión hipoclorito se introduce a continuación en la solución que fluye a través del conducto 201c a través del puerto 206 de inyección. El compuesto que genera el anión hipoclorito se introduce mediante una bomba de infusión que está conectada de forma estanca al puerto 206. De esta manera, se controla la rata de flujo y, por lo tanto, la cantidad de compuesto que genera el anión hipoclorito introducido en el agua en cualquier momento dado. La bomba de infusión se puede controlar automática o manualmente. La rata de introducción del compuesto que genera el anión hipoclorito al agua se basa en las propiedades de la solución (conductividad y nivel de pH) y la presión y el flujo de la solución. En ciertas realizaciones, la bomba está configurada para introducir aproximadamente 6.5-12 litros por hora de compuesto que genera el anión hipoclorito en la solución. La cantidad introducida depende de la concentración deseada de HOCl (ppm) y el flujo de agua a través de los tubos. La introducción puede ser una infusión continua o de forma intermitente. Como la solución fluye a través de los tubos de forma turbulenta, se produce una mezcla inicial del compuesto que genera el anión hipoclorito con la solución tras la introducción del compuesto que genera el anión hipoclorito en la solución.

Se produce una mezcla adicional cuando la solución entra en el segundo dispositivo 207 mezclador. El dispositivo 207 mezclador incluye todas las características descritas anteriormente con respecto al dispositivo 102 mezclador. El dispositivo 207 mezclador puede configurarse igual o diferente que los dispositivos 205 o 203 mezcladores, por ejemplo, el mismo o diferente número de subcámaras, mismo o diferente diámetro de aberturas, mismos o diferentes tamaños de subcámaras, etc. Sin embargo, como los dispositivos 205 y 203 mezcladores, el dispositivo 207 mezclador está configurado para producir un vórtice de fluido dentro de cada cámara secundaria.

La solución entra en el dispositivo 207 mezclador a través de una entrada en el dispositivo, que está acoplado de forma estanca con el tubo 201c. La solución entra en la cámara de mezcla y se produce una mezcla turbulenta en cada una de las cámaras secundarias del dispositivo mezclador a medida que la solución pasa a través de los miembros en la cámara a través de las aberturas en cada miembro. Después de mezclar en la subcámara final, el agua sale de la cámara a través de la salida de fluido en el dispositivo mezclador que está acoplado de forma estanca al tubo 201d.

En este punto, la reacción se ha completado y se ha formado HOCl. El HOCl producido se puede medir y recolectar tal como se describe anteriormente. El tubo 201d se puede conectar a una válvula de conmutación que alterna entre una línea de desechos y una línea de recolección de productos. La válvula incluye un medidor de pH y un dispositivo de medición de la conductividad. Estos dispositivos miden la concentración, pureza y pH del HOCl que se está produciendo y proporcionan retroalimentación para alterar tales propiedades del HOCl producido. Una vez que el HOCl que se produce en el tubo 201d alcanza la concentración, pureza y pH requeridos, la válvula pasa de la línea de desechos a la línea de recolección de productos para recoger el producto deseado.

En otra realización, se coloca un desionizador en línea con el agua entrante. El desionizador desioniza el agua y luego se agrega un agente regulador al agua desionizada. El proceso de producción se lleva a cabo tal como se describe para las realizaciones del sistema 200 para producir agua que tiene un pH de al menos aproximadamente 8, por ejemplo 8.4, y una capacidad de regulación de pH 6-8.

El HOCl producido por el proceso anterior se puede usar en numerosas aplicaciones diferentes, por ejemplo, servicios médicos, servicios de alimentos, venta minorista de alimentos, agricultura, cuidado de heridas, laboratorio, hostelería, odontología, deslignificación o industrias florales.

Equivalentes

La invención puede incorporarse en otras formas específicas sin apartarse de las características esenciales de la misma. Por lo tanto, las realizaciones anteriores deben considerarse en todos los aspectos ilustrativas en lugar de limitarse a la invención descrita en este documento.

Ejemplos

Ejemplo 1: Análisis del producto

Cuando se expande la espectrofotometría para cubrir también el rango visible, es posible detectar colores. Los gases generalmente producidos durante la producción de HOCl son ClO₂, Cl₂O y Cl₂, todos los cuales son

detectables en el rango visible como amarillo o amarillo-rojo. Tzanavaras et al. (Central European J. of Chemistry, 2007, 5(1)1-12). Los datos de la Figura 9 ilustran que el HOCl producido por los métodos de la invención no muestra absorción por parte de los gases coloreados como se muestra por la falta de sustancia coloreada. Se sabe que el HOCl produce un pico a 292 nm (Feng et al. 2007, J. Environ. Eng. Sci. 6, 277-284).

Ejemplo 2:

El HOCl producido mediante el proceso descrito anteriormente se almacenó bajo estrés térmico a 40 °C con el fin de acelerar la degradación usando cuatro tipos diferentes de soluciones acuosas: (1) agua de grado reactivo (agua desionizada); (2) agua de grifo; (3) agua de grado reactivo con un regulador de fosfato; y (4) agua de grifo con un regulador de fosfato. Las características del HOCl producido se controlaron después de la reacción inicial (T = 0); cuatro semanas (T = 4); ocho semanas (T = 8); y doce semanas (T = 12).

La Figura 10 es un gráfico que muestra la cantidad (partes por millón (ppm)) de HOCl producida inicialmente (T = 0) y su estabilidad a lo largo del tiempo. Los datos muestran que el agua de grado reactivo (agua desionizada) sin regulador de fosfato es la más estable durante las doce semanas, mostrando la menor cantidad de degradación del producto a partir de la cantidad inicial producida. El agua desionizada produce un producto mucho más estable que el producido con agua de grifo. Además, y sorprendentemente, los datos muestran que el regulador de fosfato puede afectar negativamente la cantidad de producto HOCl producido.

La Figura 11 es un gráfico que muestra cómo el pH del producto HOCl cambió con el tiempo. En todos los casos, el pH disminuyó con el tiempo, sin embargo, en todos los casos, el pH permaneció en el rango de pH = 4 a pH = 7 durante las doce semanas.

La Figura 12 es un gráfico que muestra la capacidad de oxidación del producto HOCl a lo largo del tiempo. Los datos muestran que el producto retuvo la capacidad de oxidación durante las doce semanas independientemente del agua de partida.

Ejemplo 3: Ácido acético en comparación con ácido clorhídrico

Usando el proceso descrito anteriormente, se produjo HOCl usando ácido clorhídrico (HCl) y ácido acético y después se almacenó bajo estrés térmico a 40°C. Se registró la cantidad de HOCl producida inicialmente (T = 0) y luego se registró la cantidad de producto HOCl restante después de doce días. Se produjeron tres lotes de cada uno. Los datos para el HOCl producido por HCl se muestran en la Tabla 1. En la Tabla 2 se muestran los datos para el HOCl producido con ácido acético.

Tabla 1: HOCl producido con HCl

| Número de lote | Cantidad inicial (ppm) | pH inicial | Cantidad después de 12 días (ppm) | pH después de 12 días | Cantidad de degradación | Cantidad de cambio de pH |
|----------------|------------------------|------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | 192 | 7.12 | 159 | 5.71 | 17.2% | 19.8% |
| 2 | 183 | 5.88 | 147 | 4.01 | 19.7% | 31.8% |
| 3 | 189 | 5.21 | 154 | 3.97 | 18.5% | 23.8% |

Tabla 2: HOCl producido con ácido acético

| Número de lote | Cantidad inicial (ppm) | pH inicial | Cantidad después de 12 días (ppm) | pH después de 12 días | Cantidad de degradación | Cantidad de cambio de pH |
|----------------|------------------------|------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | 205 | 4.62 | 180 | 4.50 | 12.4% | 2.7% |
| 2 | 205 | 5.33 | 178 | 5.04 | 13.3% | 5.4% |
| 3 | 207 | 4.07 | 178 | 3.89 | 13.9% | 4.6% |

Los datos muestran que el uso de ácido acético proporciona una mayor estabilidad del producto, muy probablemente debido a una mayor estabilidad en el pH. Sin limitarse por ninguna teoría o mecanismo de acción particular, se cree que la diferente capacidad de protonación del ácido acético en comparación con el ácido clorhídrico, es decir, el ácido acético dona menos protones a un líquido que el ácido clorhídrico, da como resultado una mayor estabilidad del HOCl con el tiempo.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para producir ácido hipocloroso (HOCl), comprendiendo el método los pasos de: mezclar en un ambiente libre de aire, un compuesto que genera un protón (H^+) en agua y un compuesto que genera un anión hipoclorito (OCl^-) en agua, para producir ácido hipocloroso libre de aire.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el ácido hipocloroso comprende un pH de aproximadamente 4.5 a aproximadamente 7.5.
- 10 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el compuesto que genera el protón y el compuesto que genera el anión hipoclorito se introducen secuencialmente en el agua, de modo que:
- el compuesto que genera el protón se introduce primero en el agua y el compuesto que genera el anión hipoclorito se introduce en el agua en segundo lugar; o
- 15 el compuesto que genera el protón de anión hipoclorito se introduce primero en el agua y el compuesto que genera el protón se introduce en el agua en segundo lugar.
- 20 4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde se aumenta un pH inicial del agua antes de la adición del compuesto que genera el protón.
5. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la mezcla es una mezcla turbulenta.
- 25 6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el compuesto que genera el protón se introduce en el agua y se mezcla en turbulencia con el agua antes de la introducción en el agua del compuesto que genera el anión hipoclorito.
- 30 7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el compuesto que genera el anión hipoclorito se introduce en el agua después de que el compuesto que genera el protón se haya mezclado en turbulencia con el agua, y después de la introducción, el compuesto que genera el anión hipoclorito es mezclado en turbulencia con el agua.
- 35 8. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el compuesto que genera el protón se selecciona del grupo que consiste en ácido acético y HCl y el compuesto que genera el anión hipoclorito se selecciona del grupo que consiste en hipoclorito de sodio ($NaOCl$), $Mg(OCl)_2$ y $Ca(OCl)_2$.
- 40 9. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el agua tiene una capacidad reguladora de aproximadamente pH 3.5 a aproximadamente pH 9.0, el agua es opcionalmente agua de grifo o el agua es agua purificada a la que se ha añadido al menos un agente regulador, y el agente regulador se selecciona opcionalmente del grupo que consiste en regulador de acético y regulador de fosfato.
- 45 10. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el agua está fluyendo a través de un tubo, y en donde el agua tiene una presión de al menos aproximadamente 0.5 bar.
11. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde no se introduce más de aproximadamente 0.6 mL de cantidad de compuesto que genera el protón al flujo de agua en un único punto en el tiempo.
- 50 12. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde no se introduce más de aproximadamente 0.6 mL de la cantidad del compuesto que genera el anión hipoclorito (OCl^-) en el flujo de agua en un único punto en el tiempo.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el método se realiza sin uso de cloro gaseoso o uso de electrólisis.
14. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se realiza iterativamente una pluralidad de mezclas.
- 55 15. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo el método:
- introducir ácido clorhídrico (HCl) a un flujo de agua;
- mezclar en turbulencia el HCl con el agua que fluye en un primer dispositivo mezclador;
- 60 introducir hipoclorito de sodio ($NaOCl$) en el agua después de que el agua haya salido del primer dispositivo mezclador; y
- mezclar en turbulencia el $NaOCl$ con el agua que fluye en un segundo dispositivo mezclador, produciendo de este modo ácido hipocloroso (HOCl), en donde el método se realiza en un entorno libre de aire y bajo presión.
- 65

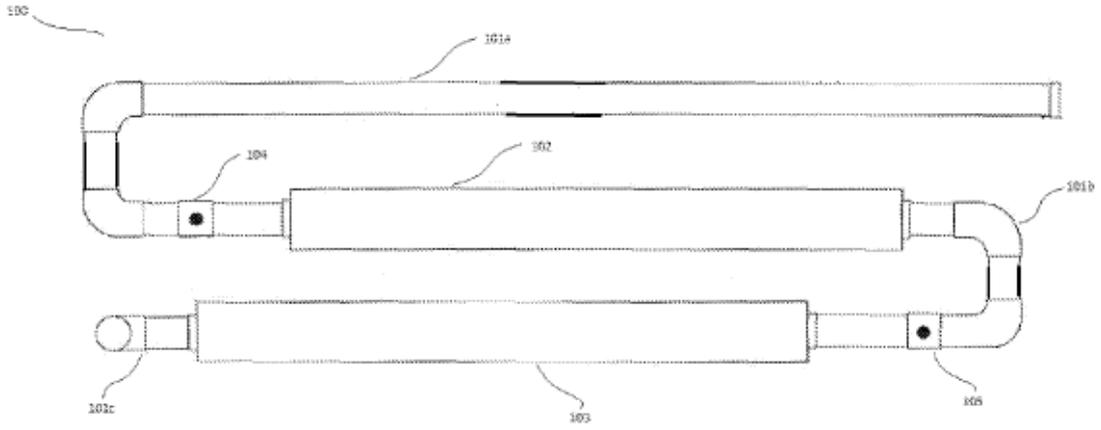


Figura 1

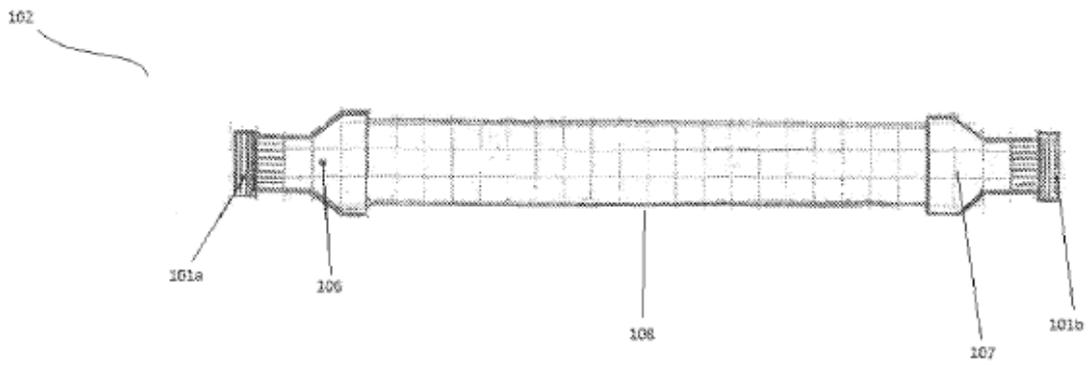


Figura 2

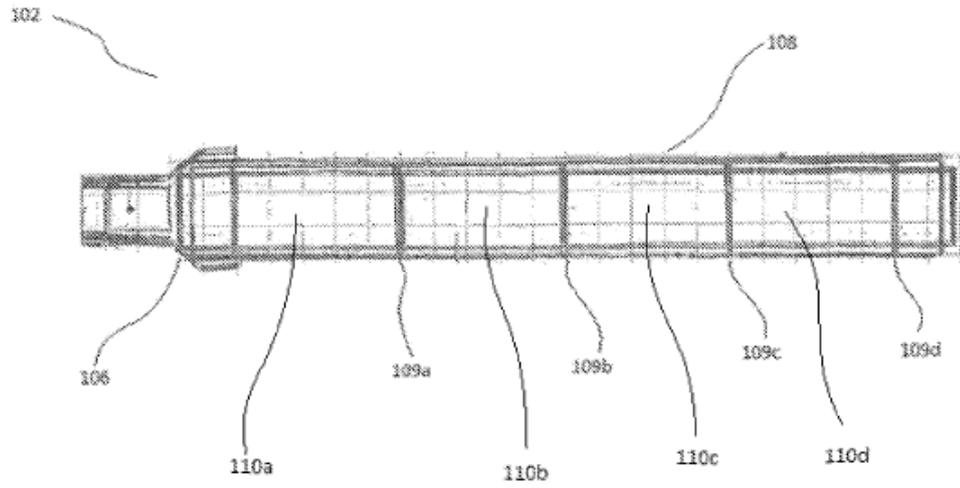


Figura 3

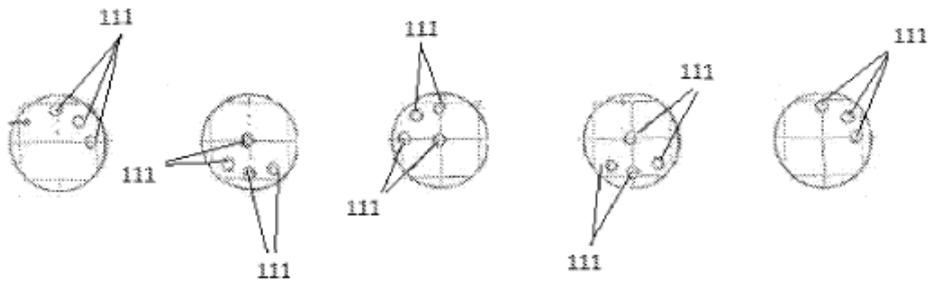


Figura 4

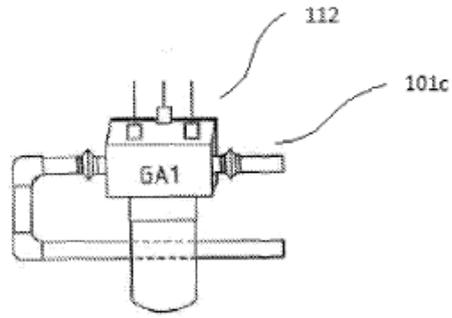


Figura 5

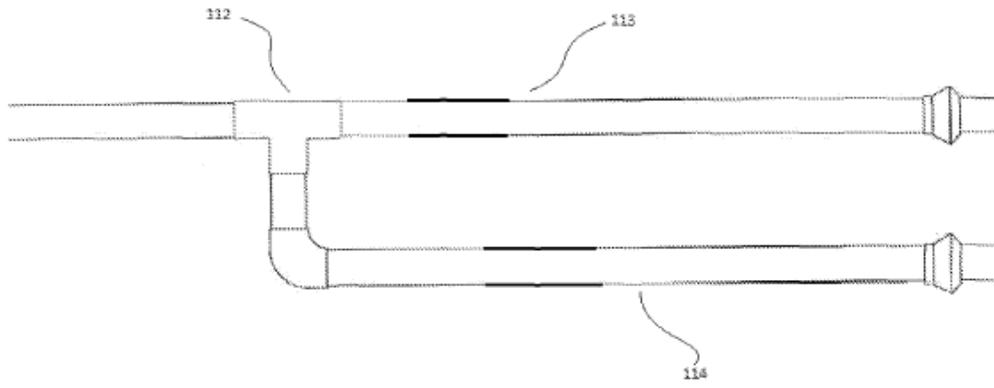


Figura 6

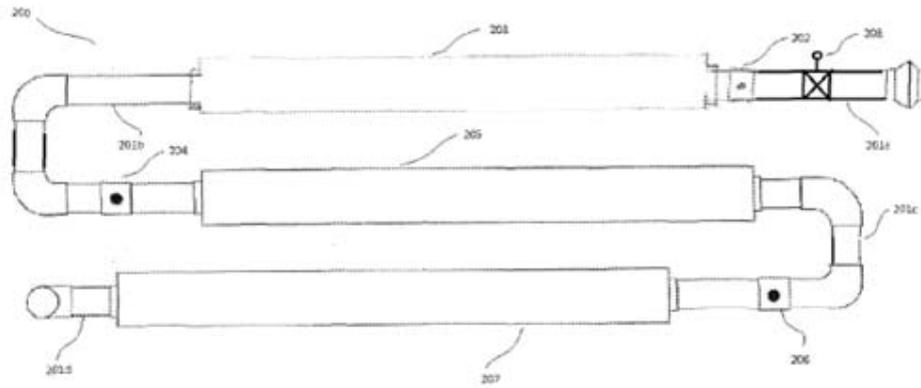


Figura 7



Figura 8

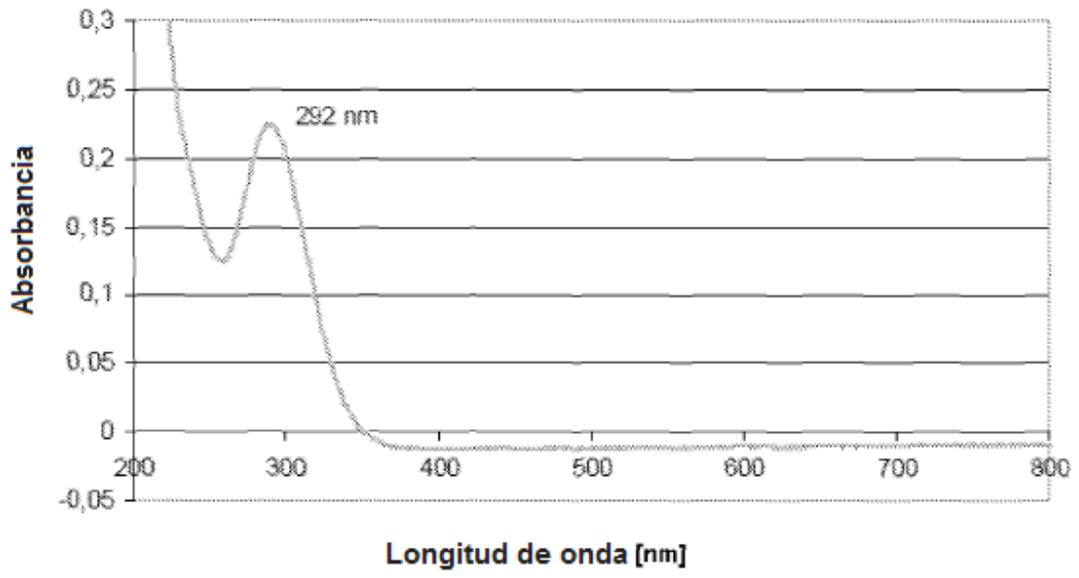


Figura 9

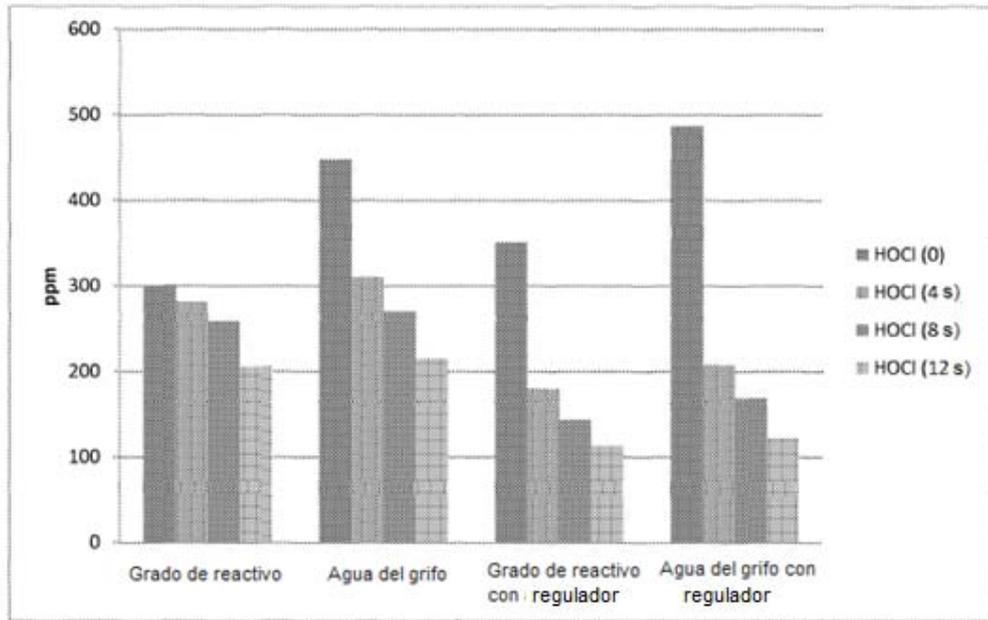


Figura 10

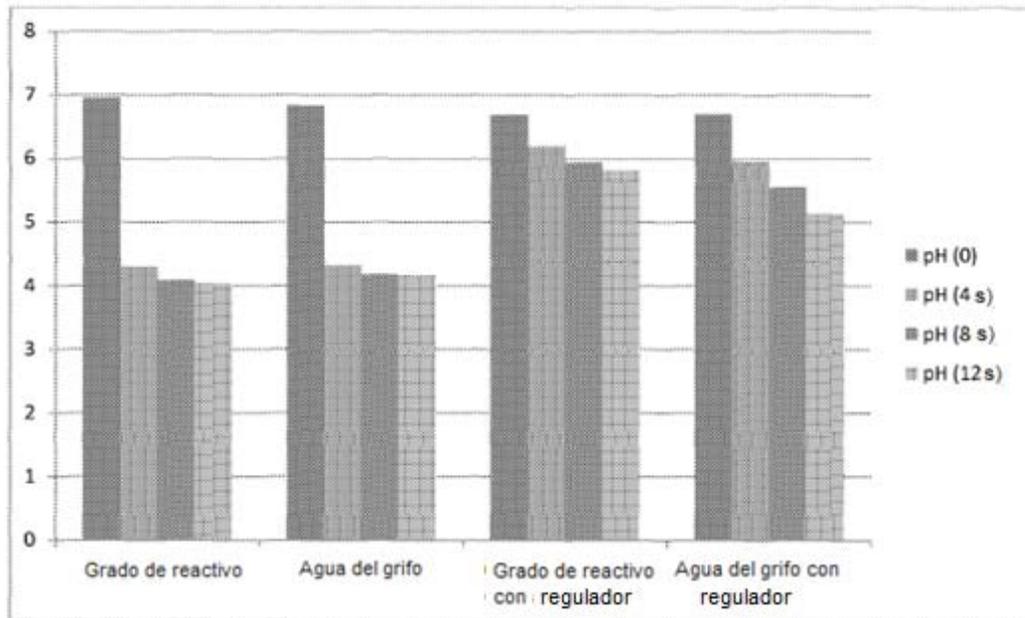


Figura 11

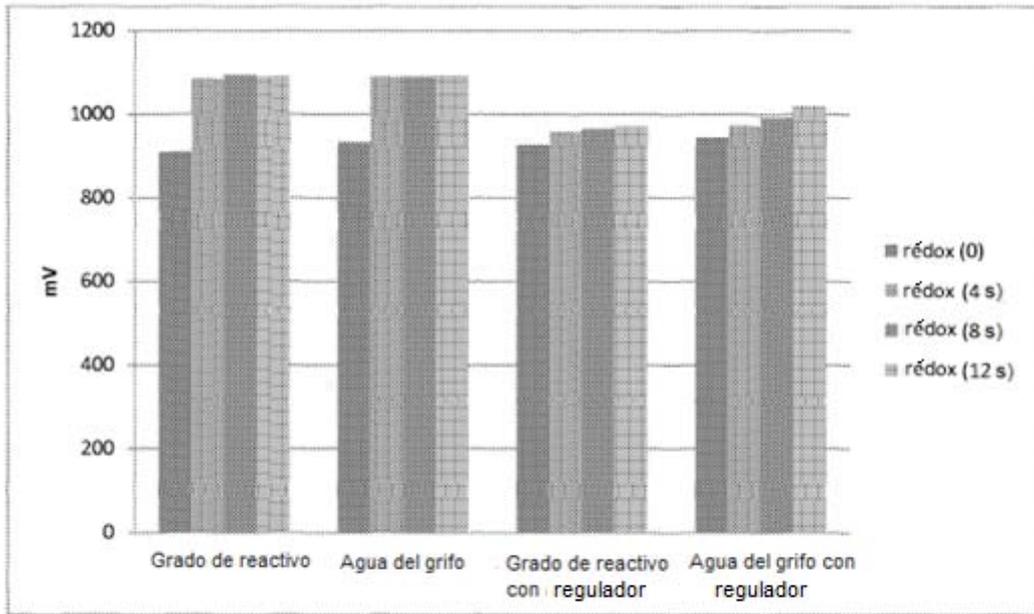


Figura 12