

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 979 356**

51 Int. Cl.:

C02F 1/58 (2013.01)

C02F 1/68 (2013.01)

C02F 5/02 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2018** **PCT/JP2018/007553**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.09.2018** **WO18159693**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2018** **E 18761909 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2024** **EP 3590894**

54 Título: **Procedimiento de retiro de iones**

30 Prioridad:

28.02.2017 JP 2017037503

20.07.2017 JP 2017141115

30.11.2017 JP 2017230768

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
25.09.2024

73 Titular/es:

**PANASONIC INTELLECTUAL
PROPERTYMANAGEMENT CO., LTD. (100.0%)
1-61, Shiromi 2-chome, Chuo-ku
Osaka-shi, Osaka 540-6207, JP**

72 Inventor/es:

**MAEDA, YASUNARI;
AKITA, TOMOHIRO y
KIHARA, AYANE**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 979 356 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de retiro de iones

Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento de retiro de iones.

5 Técnica antecedente

Convencionalmente, se han divulgado dispositivos de retiro de iones para retirar iones metálicos en agua dura (por ejemplo, véase el documento 1 de patente).

10 Un dispositivo de retiro de iones en el documento 1 de patente está destinado a retirar iones metálicos (iones de calcio e iones de magnesio) en agua dura, utilizando una resina de intercambio iónico. Específicamente, los iones metálicos son retirados del agua dura de tal manera que los iones metálicos del agua dura son reemplazados con iones de sodio, haciendo que el agua dura fluya a través de un tanque de tratamiento que contiene una resina de intercambio iónico que tiene una superficie unida a iones de sodio. De este modo, se reduce la dureza del agua dura para producir agua blanda. Los iones metálicos que han estado contenidos en el agua dura son capturados en la superficie de la resina de intercambio iónico.

15 Se pueden encontrar más ejemplos de procedimientos de retiro de iones en MATSUMOTO MASAKAZU y otros: "The Application of Micro-Bubbles for Dissolution and Crystallization of Calcium Carbonate in Gas-Liquid-Solid System", documentos JP 2014 076421 A y JP 2009 131737 A.

Documento de patente

Documento 1 de patente: Publicación de patente japonesa abierta a examen No. 2000-140840

20 Sumario de la invención

Problemas que deben ser resueltos por la invención

25 Sin embargo, el dispositivo de retiro de iones del documento 1 de patente requiere una gran cantidad de agua salada para regenerar la resina de intercambio iónico que ha capturado los iones metálicos, y tiene un inconveniente de mantenimiento problemático. Además, existe el problema de que el tratamiento de regeneración causa aguas residuales de regeneración que contienen una gran cantidad de agua salada, lo que da como resultado un aumento de la contaminación del suelo y de la carga del tratamiento de aguas residuales. Además, el agua tratada ablandada por el dispositivo de retiro de iones tiene una alta concentración de iones de sodio y puede no ser recomendado como agua potable en determinadas zonas.

30 Como se describió anteriormente, el dispositivo de retiro de iones que utiliza la resina de intercambio iónico tenía margen de mejora desde los puntos de vista de aptitud para el mantenimiento e idoneidad ambiental.

Por tanto, un objetivo de la presente invención es resolver los problemas antes mencionados y proporcionar un procedimiento de retiro de iones de acuerdo con la reivindicación 1 que puede utilizar un dispositivo que tenga mejor idoneidad ambiental y de mantenimiento.

Medios para resolver los problemas

35 Para lograr los objetivos anteriores, el dispositivo de retiro de iones que puede usarse en el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 incluye una sección de almacenamiento de agua dura configurada para almacenar agua dura; y un medio de generación de burbujas finas configurado para generar burbujas finas y suministrar las burbujas a la sección de almacenamiento de agua dura, en donde, en la sección de almacenamiento de agua dura los iones metálicos en el agua dura son adsorbidos a las burbujas finas que se retirarán del agua dura.

40 Efectos de la invención

De acuerdo con la presente invención, se puede proporcionar un procedimiento de retiro de iones de acuerdo con la reivindicación 1, que puede utilizar un dispositivo que tenga mejor aptitud para el mantenimiento e idoneidad ambiental.

Breve descripción de los dibujos

Las siguientes realizaciones 1 y 2 no están de acuerdo con la invención y están presentes sólo con fines ilustrativos.

45 La figura 1 presenta un dibujo esquemático de un dispositivo de retiro de iones de acuerdo con la realización 1. La Fig. 2 presenta un dibujo esquemático para explicar un principio hipotético de adsorción de iones metálicos con el dispositivo de retiro de iones de acuerdo con la realización 1. La figura 3 presenta un dibujo esquemático para explicar un principio hipotético de cristalización de iones metálicos con el dispositivo de retiro de iones de acuerdo con la realización 1.

La Fig. 4 presenta un dibujo esquemático para explicar un principio hipotético de tratamiento de regeneración con el dispositivo de retiro de iones de acuerdo con la realización 1.

La Fig. 5A presenta un estado en un tiempo predeterminado después de generar burbujas finas de acuerdo con el ejemplo 1 en la realización 1.

5 La Fig. 5B presenta un estado más allá de un tiempo predeterminado después del estado mostrado en la Fig. 5A de acuerdo con el ejemplo 1 en la realización 1.

La Fig. 6 presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 1 en la realización 1.

La Fig. 7 presenta un dibujo esquemático para explicar un principio hipotético de adsorción de iones metálicos con un dispositivo de retiro de iones de acuerdo con la realización 2.

10 La figura 8 presenta un dibujo esquemático para explicar un principio hipotético de cristalización de iones metálicos con el dispositivo de retiro de iones de acuerdo con la realización 2.

La Fig. 9 presenta un dibujo esquemático para explicar un principio hipotético de adsorción de iones metálicos con un dispositivo de retiro de iones de acuerdo con la realización 3.

15 La Fig. 10 presenta un dibujo esquemático para explicar un principio hipotético de adsorción y cristalización de iones metálicos con el dispositivo de retiro de iones de acuerdo con la realización 3.

La Fig. 11 presenta una configuración esquemática de un dispositivo usado en el ejemplo 2-4 en la realización 3.

La Fig. 12 presenta un estado de componentes metálicos cristalizados en agua dura.

La Fig. 13A presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 2 en la realización 3.

La Fig. 13B presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 2 en la realización 3.

20 La Fig. 14A presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 3 en la realización 3.

La Fig. 14B presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 3 en la realización 3.

La Fig. 14C presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 3 en la realización 3.

La Fig. 15A presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 4 en la realización 3.

La Fig. 15B presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 4 en la realización 3.

25 La Fig. 15C presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 4 en la realización 3.

La Fig. 15D presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 4 en la realización 3.

La Fig. 16 presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 5.

La Fig. 17A presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 6 (dureza de Ca).

La Fig. 17B presenta un diagrama que muestra los resultados del ejemplo 6 (dureza total).

30 Modos de realización de la invención

Como resultado de investigaciones intensivas, los inventores de la presente invención han encontrado información de que pueda mejorarse la retiro de iones metálicos mediante el uso de "burbujas finas", que nunca se han utilizado en tecnologías de retiro de iones para retirar iones metálicos del agua dura (tecnologías de ablandamiento de agua), y este hallazgo ha conducido a la invención de la realización. En particular, los inventores han encontrado que el efecto de retirar iones metálicos puede ser mejorado aún más cambiando un tipo de un gas como fuente generadora de burbujas finas.

A continuación, se explicarán en detalle las realizaciones 1 a 3, con referencia a las figuras.

(Realización 1)

40 La figura 1 presenta una configuración esquemática de un dispositivo 2 de retiro de iones de acuerdo con la realización 1, que no es de acuerdo con la invención y está presente sólo con fines ilustrativos.

<Configuración general>

45 El dispositivo 2 de retiro de iones se refiere a un dispositivo para retirar iones metálicos del agua dura. Los iones metálicos se refieren en el presente documento a iones calcio (Ca^{2+}) e iones magnesio (Mg^{2+}). El dispositivo 2 de retiro de iones de acuerdo con la realización 1 se refiere a un dispositivo de ablandamiento de agua para producir agua blanda, retirando y separando iones metálicos del agua dura para disminuir la concentración de iones metálicos (dureza) en agua dura hasta una concentración predeterminada o inferior.

Como se muestra en la Fig. 1, el dispositivo 2 de retiro de iones de acuerdo con la realización 1 incluye una tubería 4 de suministro de agua dura, un medio 6 de generación de burbujas finas, un tanque 8 de tratamiento, un medio 10 de separación, una tubería 12 de extracción de agua blanda y una tubería 14 de descarga de agua separada.

50 La tubería 4 de suministro de agua dura se refiere a una tubería para suministrar agua dura. La tubería 4 de suministro de agua dura es un ejemplo de un medio de suministro de agua dura para suministrar agua dura. Además, la tubería 4 de suministro de agua dura se refiere a una sección de almacenamiento de agua dura para almacenar agua dura.

55 El medio 6 de generación de burbujas finas se refiere a un medio para generar burbujas finas. Las burbujas finas se refieren a burbujas que tienen diámetros de 100 μm o menores. Las burbujas finas incluyen microburbujas (que tienen diámetros de, por ejemplo, 1 a 100 μm) y nanoburbujas (que tienen diámetros, por ejemplo, inferiores a 1 μm). Las microburbujas pueden ser burbujas cuyos diámetros pueden ser reconocidos como tamaños de orden micro por aquellos expertos en la técnica del tratamiento de agua, y las nanoburbujas pueden ser burbujas cuyos diámetros pueden ser reconocidos como tamaños de orden nano por aquellos expertos en la técnica del tratamiento de agua.

Las burbujas finas tienen propiedades diferentes a las burbujas normales en puntos de un largo tiempo de retención en agua, dificultad para combinarse con otras burbujas, debido a la dificultad para aumentar el diámetro como una sola burbuja, una tendencia a reaccionar químicamente debido a una gran área de contacto, y similares.

Por cierto, las burbujas finas pueden incluir una pequeña relación de burbujas que tienen diámetros de 100 µm o mayores (tales como miliburbujas). Por ejemplo, las burbujas que incluyen el 90 % o más de burbujas que tienen diámetros de 100 µm o menos pueden ser definidas como burbujas finas. Además, se puede añadir una condición de 50 % o más de burbujas que tengan diámetros de 60 µm o menos, una condición de 5 % o más de burbujas que tengan 20 µm o menos, y similares. Cuando se miden los diámetros de las burbujas (diámetros de burbujas), por ejemplo, puede fotografiarse el tanque 8 de tratamiento directamente con una cámara de alta velocidad, para calcular los diámetros de las burbujas mediante un procedimiento de tres puntos en el procesamiento de imágenes, o de otro modo pueden medirse los diámetros de las burbujas con otro procedimiento. Opcionalmente, se puede seleccionar un momento para medir los diámetros de las burbujas, siempre que las burbujas permanezcan en la sección de almacenamiento de agua dura. A continuación se describe un ejemplo de las condiciones para el procedimiento de medición mencionado anteriormente, utilizando las cámaras de alta velocidad.

Cámara de alta velocidad: FASTCAM 1024 PCI (PHOTRON LIMITED.)
Sistema de lentes: Z16 APO (Leica Camera AG), Lente objetivo: Planapo 2.0x (Leica Camera AG)
Velocidad de fotografía: 1000 fps
Velocidad de obturación: 1/505.000 see
Área de imagen: 1.024x1.024 píxeles (área de fotografía de microburbujas: 1,42 mm x 1,42 mm, área de fotografía de miliburbujas: 5,69 x 5,69 mm)
Software de procesamiento de imágenes: Image-Pro Plus (Media Cybernetics, Inc.)

El medio 6 de generación de burbujas finas de acuerdo con la realización 1 se refiere a un dispositivo formado adyacente a la tubería 4 de suministro de agua dura y capaz de suministrar directamente las burbujas finas generadas a la tubería 4 de suministro de agua dura.

Los medios 6 de generación de burbujas finas de acuerdo con la realización 1 tienen la función de generar burbujas finas que se originan a partir de un gas seleccionado entre varios tipos de gases. Los medios 6 de generación de burbujas finas pueden generar burbujas finas, por ejemplo, procedentes de una fuente de generación de burbujas finas seleccionada entre dos gases, aire y dióxido de carbono.

En el tratamiento de ablandamiento de agua para ablandar el agua suministrando burbujas finas al agua dura, el dispositivo 2 de retiro de iones de acuerdo con la realización 1 genera burbujas finas que se originan en el "aire" para suministrar las burbujas a la tubería 4 de suministro de agua dura. Además, en el tratamiento de regeneración después del tratamiento de ablandamiento de agua, se generan burbujas finas que no se originan en aire sino en "dióxido de carbono" para suministrar las burbujas a la tubería 4 de suministro de agua dura.

Aunque el principio específico será descrito posteriormente, se suministran burbujas finas de aire al agua dura, de modo que pueden adsorberse los iones metálicos del agua dura en las burbujas finas, y los iones metálicos adsorbidos pueden cristalizarse y precipitarse como componentes metálicos para retirar los iones metálicos del agua dura.

El tanque 8 de tratamiento se refiere a un tanque para tratar adicionalmente agua dura al cual se suministran las burbujas finas. Al igual que la tubería 4 de suministro de agua dura antes mencionada, el tanque 8 de tratamiento es una sección de almacenamiento de agua dura para almacenar agua dura. El tanque 8 de tratamiento está conectado a un extremo distal de la tubería 4 de suministro de agua dura. El tanque 8 de tratamiento incluye los medios 10 de separación (porción 4a extrema y placas 11 de adsorción), la tubería 12 de extracción de agua blanda y la tubería 14 de descarga de agua separada.

El medio 10 de separación se refiere a un medio para separar los componentes metálicos cristalizados y precipitados, del agua dura. El medio 10 de separación de acuerdo con la realización 1 está compuesto por la porción 4a extrema de la tubería 4 de suministro de agua dura y una pluralidad de placas 11 de adsorción.

La porción 4a extrema de la tubería 4 de suministro de agua dura está conectada a una porción periférica exterior del tanque 8 de tratamiento y está dispuesta para descargar agua en una dirección excéntrica desde el eje central del tanque 8 de tratamiento. Un arreglo excéntrico de este tipo permite generar un flujo turbulento en el líquido descargado en la capa 8 de tratamiento. La formación del flujo turbulento hace posible mover los componentes metálicos que tienen gravedades específicas mayores hacia afuera desde el eje central en el tanque 8 de tratamiento, para centrifugar los componentes metálicos.

Las placas 11 de adsorción se refieren a placas que tienen la función de adsorber los componentes metálicos cristalizados y precipitados.

La tubería 12 de extracción de agua blanda se refiere a un miembro para extraer agua blanda que tiene una dureza reducida a un valor predeterminado o inferior mediante tratamiento en el tanque 8 de tratamiento. La tubería 12 de extracción de agua blanda es un ejemplo de un medio de extracción de agua blanda para extraer agua blanda. Para las definiciones de agua dura y agua blanda, por ejemplo, se puede utilizar la definición de la OMS. Es decir, el agua

que tiene una dureza inferior a 120 mg/l puede ser definida como agua blanda. El agua que tiene una dureza de 120 mg/l o superior es definida como agua dura.

Como se muestra en la Fig. 1, una porción del extremo aguas arriba de la tubería 12 de extracción de agua blanda está ubicada en una posición que se superpone sustancialmente al eje central del tanque 8 de tratamiento, para succionar agua en el tanque 8 de tratamiento. Un arreglo de este tipo permite que la tubería 12 de extracción de agua blanda extraiga el agua tratada (por ejemplo, agua blanda), que no contiene ningún componente metálico, centrifugada por el flujo turbulento.

La tubería 14 de descarga de agua separada se refiere a un miembro para descargar el agua separada que contiene los componentes metálicos condensados cristalizados a partir de los iones metálicos. La tubería 14 de descarga de agua separada es un ejemplo de medio de descarga de agua separada, para descargar el agua separada. La tubería 14 de descarga de agua separada está conectada a la porción periférica exterior del tanque 8 de tratamiento en la porción del extremo superior del tanque 8 de tratamiento. Un arreglo de este tipo permite que la tubería 14 de descarga de agua separada extraiga agua separada que contiene los componentes metálicos centrifugados por el flujo turbulento.

<Tratamiento de ablandamiento de agua>

En tal configuración, el medio 6 de generación de burbujas finas genera burbujas finas que se originan a partir del "aire" y suministra las burbujas de aire finas al agua dura para ablandar el agua.

Se predice que una vez que se suministran burbujas finas de aire a la tubería 4 de suministro de agua dura, se causan las acciones descritas en las siguientes secciones (1) y (2) sobre los iones metálicos en el agua dura. Específicamente, se predice que los iones metálicos pueden ser retirados del agua dura adsorbiendo los iones metálicos en agua dura hasta las burbujas finas y cristalizando los iones metálicos adsorbidos. Específicamente, el proceso es el siguiente.

Nótese que la presente invención no está necesariamente restringida al principio específico descrito en las siguientes secciones (1) y (2).

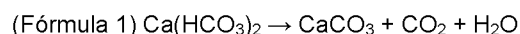
(1) Adsorción de iones metálicos

Como se muestra en la Fig. 2, una vez que se suministran burbujas finas de aire al agua dura, se mezclan H^+ (iones hidrógeno) y OH^- (iones hidróxido) en la superficie de las burbujas finas, H^+ tiene carga positiva y OH^- tiene carga negativa (en la Fig. 2 se muestra sólo OH^-). Por otro lado, el agua dura contiene Ca^{2+} y Mg^{2+} como iones metálicos cargados positivamente. En la siguiente explicación, se tomará Ca^{2+} como ejemplo del ion metálico.

El Ca^{2+} cargado positivamente se adsorbe a OH^- en la superficie de las burbujas finas, por la acción de una fuerza intermolecular (interacción interiónica). De esta manera, Ca^{2+} puede ser absorbido por las burbujas finas. Por cierto, aunque la superficie de las burbujas finas tiene H^+ que repele Ca^{2+} , se considera que OH^- actúa preferiblemente a H^+ y adsorbe Ca^{2+} .

(2) Cristalización de iones metálicos

Además de la reacción que se muestra en la Fig. 2, el suministro de burbujas finas de aire al agua dura mejora la reacción que se muestra en la Fig. 3. Específicamente, a diferencia de las burbujas normales, las burbujas finas de aire suministradas al agua dura se elevan y disuelven con dificultad en agua dura y, por lo tanto, se contraen gradualmente debido a una mayor tensión superficial, como se muestra en la Fig. 3. Como se describió anteriormente, Ca^{2+} se adsorbe en la superficie de las burbujas finas. Más específicamente, Ca^{2+} existe como un ion calcio de un $Ca(HCO_3)_2$ (bicarbonato de calcio) soluble. En el presente documento, a medida que las burbujas finas se contraen gradualmente, aumenta una concentración del Ca^{2+} disuelto en la superficie de las burbujas finas. Debido al aumento en la concentración del Ca^{2+} disuelto, la Ca^{2+} se sobresatura en algún momento y luego cristaliza y precipita. Para representar esta reacción mediante una fórmula química específica, la fórmula es la siguiente Fórmula 1.



Dado que el $CaCO_3$ (carbonato de calcio) es insoluble (insoluble en agua), $CaCO_3$ precipita en forma de cristal. De este modo, el Ca^{2+} disuelto como Ca^{2+} de $Ca(HCO_3)_2$ precipita en forma de cristal. El ion metálico Ca^{2+} se puede retirar del agua dura mejorando dicha reacción.

Por cierto, aunque también puede ocurrir una reacción inversa a la reacción de Fórmula 1 en la misma agua, se predice que la reacción en la dirección de Fórmula 1 ocurrirá preferiblemente en la relación de equilibrio suministrando continuamente burbujas finas.

Posteriormente, se descarga agua que incluye las burbujas finas, desde la porción 4a extrema de la tubería 4 de suministro de agua dura en una dirección excéntrica desde el eje central del tanque 8 de tratamiento, para generar un flujo de remolino en una dirección circunferencial. Posteriormente, el agua tratada sube girando en dirección circunferencial descargando continuamente el agua tratada desde la parte 4a extrema. Las reacciones "(1) adsorción de iones metálicos" y "(2) cristalización de iones metálicos" son causadas en la tubería 4 de suministro de agua dura

y el tanque 8 de tratamiento. Es decir, las reacciones son causadas en una sección de almacenamiento de agua dura para almacenar agua dura.

5 Como se describió anteriormente, la pluralidad de placas 11 de adsorción está dispuesta dentro del tanque 8 de tratamiento. Así, el CaCO_3 cristalizado y precipitado descrito en la sección "(2) Cristalización de iones metálicos" es adsorbido a las placas 11 de adsorción en el camino de la centrifugación mediante el flujo de remolino. De este modo, el componente metálico resultante del Ca^{2+} puede ser separado y retirado.

Por otro lado, el CaCO_3 remanente que nunca se ha adsorbido a las placas 11 de adsorción, se mueve más hacia afuera en el tanque 8 de tratamiento. Posteriormente, desde la sección de descarga 14 dispuesta en la porción extrema superior del tanque 8 de tratamiento, el CaCO_3 remanente contenido en el agua separada es descargado al exterior.

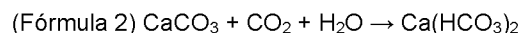
10 El agua ablandada mediante la separación de iones metálicos y componentes metálicos, es extraída de la tubería 12 de extracción de agua blanda. De esta manera se puede ablandar el agua dura.

<Tratamiento de regeneración>

15 El tratamiento de ablandamiento del agua permite que el CaCO_3 cristalizado y precipitado se adhiera a las placas 11 de adsorción y a la pared interior del tanque 8 de tratamiento. Como un tratamiento para devolver este CaCO_3 a $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, se realiza un tratamiento de regeneración. Específicamente, el medio 6 de generación de burbujas finas genera burbujas finas que se originan a partir de un gas diferente del gas utilizado en el tratamiento de ablandamiento de agua, para suministrar las burbujas finas a la tubería 4 de suministro de agua dura.

En los medios 6 de generación de burbujas finas de acuerdo con la realización 1, se utiliza "dióxido de carbono" como gas para el tratamiento de regeneración.

20 Como se muestra en la Fig. 4, se suministran burbujas finas de dióxido de carbono al CaCO_3 que se adhiere a la pared interior del tanque 8 de tratamiento y las placas 11 de adsorción para acentuar la siguiente reacción.



25 Esta reacción produce $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ (soluble en agua) desde CaCO_3 insoluble. El $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ se disuelve en agua y es descargado desde la tubería 14 de descarga de agua separada, como se describió anteriormente. De este modo, el CaCO_3 insoluble en el tanque 8 de tratamiento puede ser descargado al exterior para recuperar el estado original. Posteriormente se puede implementar de nuevo el tratamiento de ablandamiento de agua mencionado anteriormente.

En la explicación anterior, aunque se tomó Ca^{2+} como ejemplo del ion metálico, se predice que ocurrirá la misma reacción que para el Mg^{2+} .

30 Como se describió anteriormente, el dispositivo 2 de retiro de iones de acuerdo con la realización 1 realiza el tratamiento de ablandamiento del agua y el tratamiento de regeneración utilizando burbujas finas. En particular, en el tratamiento de ablandamiento de agua, las burbujas finas de aire son suministradas al agua dura, de modo que los iones metálicos puedan adsorberse en las burbujas finas, y los iones metálicos adsorbidos puedan cristalizarse y precipitarse como componentes metálicos. Se puede producir agua blanda separando estos iones metálicos y componentes metálicos del agua dura.

35 Dado que dicho procedimiento es un tratamiento que utiliza gases de aire y dióxido de carbono, a diferencia del caso que utiliza una resina de intercambio iónico, se torna innecesaria una gran cantidad de agua salada o similar para reabsorber iones sodio, como en el caso de la resina de intercambio iónico. De este modo, se facilitan el tratamiento de la regeneración y el mantenimiento.

40 Además, este procedimiento tiene mejor idoneidad ambiental porque no se generan aguas residuales de regeneración que contienen agua salada, como en el caso de la resina de intercambio iónico y, por tanto, se resuelven los problemas de aumento de la contaminación del suelo y del tratamiento de aguas residuales.

Además, el agua tratada también es recomendada como agua potable, porque también se suprime una alta concentración de iones de sodio en el agua tratada, como es el caso de la resina de intercambio iónico.

45 De esta manera, es posible proporcionar un dispositivo 2 de retiro de iones que tenga mejor idoneidad ambiental y aptitud para el mantenimiento.

50 Como se describió anteriormente, el dispositivo 2 de retiro de iones de acuerdo con la realización 1 incluye el tanque 8 de tratamiento (sección de almacenamiento de agua dura) configurado para almacenar agua dura, y los medios 6 de generación de burbujas finas configurados para generar burbujas finas y suministrar las burbujas finas al tanque 8 de tratamiento. Las burbujas finas generadas por los medios 6 de generación de burbujas finas son suministradas al tanque 8 de tratamiento, de modo que los iones metálicos en el agua dura son adsorbidos a las burbujas finas en el tanque 8 de tratamiento, para ser retirados del agua dura. Es decir, el procedimiento de retiro de iones de acuerdo con la realización 1 incluye un paso de generación de burbujas finas y un primer paso de suministro de las burbujas finas

generadas al agua dura. En el primer paso de suministro, los iones metálicos del agua dura se adsorben en las burbujas finas para ser retirados del agua dura.

Tal configuración y procedimiento hacen posible proporcionar el dispositivo 2 de retiro de iones con mejores aptitud para el mantenimiento e idoneidad ambiental, en comparación con el caso que utiliza la resina de intercambio iónico.

5 Además, el dispositivo 2 de retiro de iones de acuerdo con la realización 1 cristaliza y precipita los iones metálicos adsorbidos a las burbujas finas (junto con la contracción de las burbujas finas) en el tanque 8 de tratamiento. Es decir, en el procedimiento de retiro de iones de acuerdo con la realización 1, se cristalizan y precipitan (junto con la contracción de las burbujas finas) los iones metálicos adsorbidos a las burbujas finas en el primer paso de suministro.

10 Tal configuración y procedimiento hacen posible mejorar la retiro de los iones metálicos cristalizando los iones metálicos además de la adsorción de iones metálicos.

Además, el dispositivo 2 de retiro de iones de acuerdo con la realización 1 incluye además los medios 10 de separación configurados para separar el cristal cristalizado en el tanque 8 de tratamiento. Es decir, el procedimiento de retiro de iones de acuerdo con la realización 1 incluye además un paso de separación del cristal cristalizado y precipitado en el primer paso de suministro.

15 Tal configuración y procedimiento hacen posible mejorar la producción de agua blanda.

Además, el dispositivo 2 de retiro de iones de acuerdo con la realización 1 permite que los medios 6 de generación de burbujas finas incorporen aire y generen burbujas finas en el tratamiento de ablandamiento de agua. De manera similar, en el procedimiento de retiro de iones de acuerdo con la realización 1, se generan burbujas finas a partir del aire en el paso de generación de burbujas finas.

20 Tal configuración y procedimiento hacen posible reducir extremadamente el coste requerido para generar burbujas finas debido al uso de aire.

Además, en el dispositivo 2 de retiro de iones de acuerdo con la realización 1, después de que los iones metálicos son retirados del agua dura, el medio 6 de generación de burbujas finas suministra las burbujas finas de dióxido de carbono al tanque 8 de tratamiento, para realizar el tratamiento de regeneración. De manera similar, el procedimiento de retiro de iones de acuerdo con la realización 1 incluye además un paso de regeneración para realizar un tratamiento de regeneración, suministrando burbujas finas de dióxido de carbono después de que los iones metálicos son retirados del agua dura en el primer paso de suministro.

Tal configuración y procedimiento hacen posible acentuar una reacción de producción de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ soluble desde CaCO_3 insoluble, para mejorar el tratamiento de regeneración.

30 (Ejemplo 1)

A continuación se explicará el ejemplo 1 de la realización 1.

En el ejemplo 1, los inventores de la presente invención realizaron un experimento relacionado con los contenidos explicados en la sección <Tratamiento de ablandamiento del agua> en la realización 1. Específicamente, el experimento se llevó a cabo utilizando un dispositivo 20 mostrado en las Figs. 5A y 5B. Como resultado, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Fig. 6.

Las Figs. 5A y 5B presentan configuraciones esquemáticas del dispositivo 20 usado en el ejemplo 1. La Fig. 5A presenta un estado un tiempo predeterminado después de generar burbujas finas (específicamente, después de 15 segundos), y la Fig. 5B presenta un estado más allá de un tiempo predeterminado después del estado mostrado en la Fig. 5A (específicamente, después de 45 segundos). El estado de la Fig. 5A corresponde a un estado 15 segundos después de generar las burbujas finas en la Fig. 6, y el estado de la Fig. 5B corresponde a un estado 60 segundos después de generar las burbujas finas en la Fig. 6.

El dispositivo 20 mostrado en las Figs. 5A y 5B se refiere a un dispositivo experimental capaz de suministrar burbujas 23 finas desde un lado de la cara de fondo en un tanque 22 de agua (sección de almacenamiento de agua dura) para almacenar agua 21 dura. En el dispositivo 20, se puede medir la concentración de iones metálicos en el agua 21 dura en dos puntos, el lado de la cara de fondo y el lado de la superficie del agua. Las burbujas 23 finas fueron suministradas al tanque 22 de agua usando este dispositivo 20, y se obtuvieron los resultados de detección de transiciones de las concentraciones de iones metálicos, en el lado de la cara de fondo y el lado de la superficie del agua mostrados en la Fig. 6.

Los resultados mostrados en la Fig. 6 podrían demostrar un efecto de "adsorción de iones metálicos por burbujas finas" explicado en la sección <Tratamiento de ablandamiento de agua> en la realización 1. Los resultados específicos serán descritos más adelante.

Como se muestra en las Fig. 5A y 5B, el dispositivo 20 incluye el tanque 22 de agua, una sección 24 de suministro de gas, una primera tubería 25, una sección 26 de generación de burbujas finas, una segunda tubería 27, una bomba 28

y una primera sección 30 de toma de agua, una segunda sección 32 de toma de agua, y un detector 34 de concentración de iones metálicos.

El tanque 22 de agua se refiere a un tanque de agua para almacenar el agua 21 dura. En el ejemplo mostrado en las Figs. 5A y 5B, el tanque 22 de agua está configurado para ser un tanque verticalmente largo. La sección 24 de suministro de gas se refiere a un miembro para suministrar un gas a la sección 26 de generación de burbujas finas a través de la primera tubería 25. La sección 26 de generación de burbujas finas se refiere a un dispositivo para generar las burbujas 23 finas que se originan a partir del gas suministrado desde la sección 24 de suministro de gas. La sección 26 de generación de burbujas finas corresponde a los medios 6 de generación de burbujas finas antes mencionados de acuerdo con la realización 1. El gas es suministrado desde la sección 24 de suministro de gas a la sección 26 de generación de burbujas finas, mediante un efecto de presión negativa de la bomba 28 a través de la segunda tubería 27.

La primera sección 30 de toma de agua se refiere a un miembro para tomar la muestra de agua del agua 21 dura desde la vecindad de una cara 22a de fondo del tanque 22 de agua. La segunda sección 32 de toma de agua se refiere a un miembro para tomar la muestra de agua de la vecindad de una superficie 22b de agua del tanque 22 de agua. Las posiciones de altura de la primera sección 30 de entrada de agua y la segunda sección 32 de entrada de agua pueden ser establecidas en cualquier posición, y puede ajustarse a un valor deseado una distancia D1 desde la primera sección 30 de entrada de agua a la segunda sección 32 de entrada de agua.

En los ejemplos mostrados en las Figs. 5A y 5B, la posición de altura de la primera sección 30 de entrada de agua es ajustada sustancialmente a la misma posición que la posición de altura donde las burbujas 23 finas son generadas por la sección 26 de generación de burbujas finas.

El detector 34 de concentración de iones metálicos se refiere a un miembro para detectar una concentración de iones metálicos en la muestra de agua tomada de la primera sección 30 de entrada de agua y la segunda sección 32 de entrada de agua.

En la configuración anterior, una vez que se operan la sección 26 de generación de burbujas finas y la bomba 28, el gas es enviado desde la sección 24 de suministro de gas a la sección 26 de generación de burbujas finas, a través de la primera tubería 25 por el efecto de presión negativa de la bomba 28, a través de la segunda tubería 27. La sección 26 de generación de burbujas finas genera las burbujas 23 finas utilizando este gas como materia prima y suministra el gas al tanque 22 de agua (flecha A1 en la Fig. 5A).

Las burbujas 26 finas y la bomba 28 son operadas durante un período predeterminado (15 segundos en la realización 1) para generar continuamente las burbujas 23 finas.

Posteriormente, se termina la operación de las burbujas 26 finas y de la bomba 28. Después de terminar la operación, se proporciona un período de inactividad predeterminado (45 segundos en la realización 1).

Como se muestra en la Fig. 5A, al final del período de operación (15 segundos después de la generación de las burbujas finas), se confirmó visualmente que las burbujas 23 finas suministradas al tanque 22 de agua ascendieron en el agua 21 dura (flecha A2) y se acumularon en una parte inferior del tanque 22 de agua.

Como se muestra en la Fig. 5B, al final del período de inactividad (60 segundos después de la generación de las burbujas finas), se confirmó visualmente que las burbujas 23 finas suministradas al agua 21 dura ascendieron aún más, alcanzaron la superficie 22b (flecha A3) del agua, y se acumularon en una parte superior del tanque 22 de agua.

En un momento predeterminado durante la operación, se extrajeron las muestras de agua de la primera sección 30 de entrada de agua y de la segunda sección 32 de entrada de agua, y en la Fig. 6 se muestran los resultados de la medición de la concentración de iones metálicos, mediante el detector 34 de concentración de iones metálicos.

Las condiciones experimentales específicas respecto a los resultados de la Fig. 6 serán descritos a continuación.

(Condición experimental)

Tipo de gas suministrado por la sección 24 de suministro de gas: aire

Dureza del agua 21 dura: aproximadamente 300 mg/l

Temperatura del agua 21 dura: 25 °C

Distancia D1 desde la primera sección 30 de toma de agua 3 a la segunda sección 32 de toma de agua: aproximadamente 1 m

Período de operación de la sección 26 de generación de burbujas finas y la bomba 28: 15 segundos

Período de inactividad de la sección 26 de generación de burbujas finas y la bomba 28: 45 segundos

Detector 34 de concentración de iones metálicos: LAQUA F-70 fabricado por HORIBA, Ltd.

Ión metálico que va a medirse: Ca^{2+}

Momento para tomar la muestra de agua: 0 segundos, 15 segundos, 30 segundos y 60 segundos después del inicio de la operación

En la Fig. 6, la abscisa representa el tiempo transcurrido (segundos) desde la generación de las burbujas finas, y la ordenada representa una transición (%) de concentración de los iones metálicos (Ca^{2+}) detectados por el detector 34 de concentración de iones metálicos. La transición de concentración de iones metálicos representa una transición de concentración de iones metálicos relativa al 100 % de la concentración de iones metálicos medida al inicio de la operación.

Como se muestra en la Fig. 6, después de 15 segundos, la concentración del agua de muestra extraída de la primera sección 30 de entrada de agua en la vecindad de la cara 22a de fondo del tanque 22 de agua aumenta hasta aproximadamente el 108 %. Posteriormente, la concentración disminuye gradualmente en el período de inactividad y finalmente disminuye hasta aproximadamente el 97 %.

Por otro lado, la concentración del agua de muestra extraída de la segunda sección 32 de toma de agua en la vecindad de la superficie 22b de agua del tanque 22 de agua se retiene al 100 % hasta que hayan transcurrido 15 segundos, luego aumenta gradualmente en el período de inactividad posterior, y finalmente aumenta gradualmente hasta alrededor del 115 %.

Un resultado de asociar el resultado de la transición de concentración de iones metálicos con el comportamiento de las burbujas 23 finas es el siguiente.

En el momento en que han transcurrido 15 segundos, como se muestra en la Fig. 5A, la concentración de iones metálicos aumenta en el agua de muestra en la primera sección 30 de entrada de agua que tiene burbujas 23 finas acumuladas. Por otro lado, la concentración de iones metálicos permanece prácticamente sin cambios en el agua de muestra en la segunda sección 32 de entrada de agua sin acumulación de burbujas 23 finas.

En el momento en que han transcurrido 60 segundos, como se muestra en la Fig. 5B, la concentración de iones metálicos disminuye a poco menos del 100 % en el agua de muestra en la primera sección 30 de entrada de agua sin acumulación de burbujas 23 finas. Por otro lado, la concentración de iones metálicos aumenta notablemente en el agua de muestra en la segunda sección 32 de entrada de agua que tiene burbujas 23 finas acumuladas.

De acuerdo con tal resultado, se predice que Ca^{2+} , como un ion metálico en el agua 21 dura, es absorbido por las burbujas 23 finas y asciende a medida que ascienden las burbujas 23 finas.

Sobre la base de la predicción anterior, pudo demostrarse el efecto de la "adsorción de iones metálicos por burbujas finas" explicado en la sección <Tratamiento de ablandamiento de agua> en la realización 1.

(Realización 2)

Se explicará el dispositivo de retiro de iones de acuerdo con la realización 2, que no es de acuerdo con la invención y está presente únicamente con fines ilustrativos. Nótese que en la realización 2 se explicarán principalmente puntos diferentes de los puntos de la realización 1. En la realización 2, los mismos constituyentes o similares a los de la realización 1 con descritos con los mismos números de referencia que en la realización 1. En la realización 2, se omiten las descripciones que se superponen a las de la realización 1.

La realización 2 se diferencia de la realización 1 en que, como gas para las burbujas finas en el tratamiento de ablandamiento del agua, en la realización 2 no se utiliza aire sino nitrógeno.

Se predice que no sólo las acciones de las mencionadas "(1) Adsorción de iones metálicos" y "(2) Cristalización de iones metálicos", sino también las acciones descritas en las siguientes secciones (3) y (4), son mejoradas generando las burbujas finas de nitrógeno a partir del medio 6 de generación de burbujas finas, para suministrar las burbujas al agua dura. Nótese que la presente invención no está necesariamente restringida al principio específico descrito en las siguientes secciones (3) y (4).

(3) Mejora de la adsorción de iones metálicos

Como se muestra en la Fig. 7 (a), hay H^+ y OH^- cargados alrededor de la burbuja fina. Como se describió anteriormente, el OH^- cargado negativamente adsorbe el Ca^{2+} cargado positivamente. En tales circunstancias, cuando se utiliza nitrógeno para las burbujas finas, se potencia la reacción de la siguiente fórmula 3.



El potenciamiento de la reacción de la Fórmula 3 disminuye el número de H^+ iones en relación con el número de OH^- iones, como se muestra en la Fig. 7 (b). De este modo, la carga negativa de las burbujas finas aumenta y el Ca^{2+} cargado positivamente se torna fácil de adsorber.

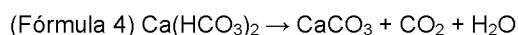
En el caso de usar nitrógeno como en la realización 2, la reacción de adsorción de iones de la Fórmula 3 se puede mejorar, en comparación con el caso de usar aire como en la realización 1, y por lo tanto, mejora aún más la adsorción de iones metálicos. De este modo, se pueden separar y retirar más iones metálicos del agua dura.

El principio antes mencionado no se limita al nitrógeno y posiblemente también es aplicable a cualquier gas capaz de reaccionar con iones H^+ , para reducir el número de iones H^+ en relación con el número de los iones OH^- .

(4) Mejora de la cristalización de iones metálicos

Dado que el nitrógeno es un gas inerte diferente del aire, una vez que se suministra nitrógeno al agua dura, se pierde el balance de presión parcial del gas contenido en el agua dura. Por lo tanto, se potencia la reacción, como se muestra en la Fig. 8.

Como se muestra en la Fig. 8, otros componentes gaseosos disueltos en agua dura actúan para reemplazar las burbujas finas compuestas de nitrógeno. En el ejemplo que se muestra en la Fig. 8, el $Ca(HCO_3)_2$ presente alrededor de las burbujas finas contiene CO_2 , y este CO_2 es extraído y actúa para reemplazar el nitrógeno. Es decir, se potencia la siguiente reacción.



Como se describió anteriormente, se causa una reacción para generar $CaCO_3$ insoluble desde $Ca(HCO_3)_2$ soluble. En este momento se generan CO_2 y H_2O . Dado que $CaCO_3$ es insoluble, precipita en forma de cristales.

La reacción anterior hace posible cristalizar y precipitar el componente metálico contenido como Ca^{2+} de $Ca(HCO_3)_2$ en agua dura. De este modo se pueden retirar los iones metálicos del agua dura.

El principio antes mencionado no se limita al nitrógeno, y posiblemente también sea aplicable a cualquier gas distinto del aire que pierda el balance de presión parcial del gas disuelto en agua dura.

Como se describió anteriormente en la realización 2, las reacciones explicadas en las secciones "(3) Mejora de la adsorción de iones metálicos" y "(4) Mejora de la cristalización de iones metálicos" pueden ser potenciadas en comparación con el caso que utiliza aire, generando burbujas finas que incorporan nitrógeno y suministrando las burbujas finas al agua dura. De este modo, se puede mejorar la precisión de la retiro de iones metálicos del agua dura.

(Realización 3)

Se explicará el procedimiento de retiro de iones metálicos con el dispositivo de retiro de iones de acuerdo con la realización 3 de la presente invención. En la realización 3, se explicarán principalmente puntos diferentes de los puntos de las realizaciones 1 y 2, y se omiten las descripciones que se superponen a las descripciones de las realizaciones 1 y 2.

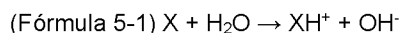
La realización 3 difiere de las realizaciones 1 y 2 en que el medio 6 de generación de burbujas finas genera las burbujas finas que se originan a partir de un gas seleccionado entre una pluralidad de gases en las realizaciones 1 y 2, mientras que en la realización 3 las burbujas finas se generan a partir de una mezcla de gases preparada mezclando una pluralidad de gases.

En la realización 3, se utiliza como una mezcla de gases para generar burbujas finas una mezcla de dos gases, un primer gas que es un gas básico y un segundo gas que tiene una velocidad de disolución más lenta que la del primer gas. Es decir, en lugar del medio 6 de generación de burbujas finas mostrado en la Fig. 1, se usa un medio de generación de burbujas finas (no mostrado), para generar burbujas finas con una mezcla de gas del primer gas y el segundo gas.

Se predice que no sólo las acciones de las mencionadas "(1) Adsorción de iones metálicos" y "(2) Cristalización de iones metálicos" sino también las acciones descritas en las siguientes secciones (5) y (6) son mejoradas al generar las burbujas finas con la mezcla de gas que contiene el primer gas y el segundo gas. Nótese que la presente invención no está necesariamente restringida al principio específico descrito en las siguientes secciones (5) y (6).

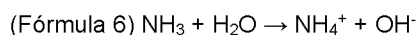
(5) Cambio de potencial en la superficie de burbuja fina con el primer gas

El primer gas contenido en la mezcla de gases es un gas básico que recibe H en una reacción ácido-base. El primer gas se disuelve en agua para generar OH^- . Específicamente, se causa una reacción de la siguiente Fórmula 5-1.



En la Fórmula 5-1, el primer gas está representado por la fórmula química X . Como resultado de la reacción de la Fórmula 5-1, una relación de OH^- alrededor de una burbuja 40 fina aumenta en comparación con una relación de H^+ , como se muestra en la Fig. 9 (la ilustración de H^+ se omite en la Fig. 9). El potencial de la interfaz sólido-líquido depende fuertemente del pH de la calidad del agua porque H^+/OH^- en el agua es un ion determinante del potencial. Cuando H^+ aumenta, la carga positiva se torna más alta, y cuando OH^- aumenta, la carga negativa se torna mayor. De este modo, la carga negativa de la burbuja 40 fina se torna mayor y el Ca^{2+} cargado positivamente se adsorbe más fácilmente. De esta manera, se puede mejorar el efecto de adsorber los iones metálicos en la burbuja 40 fina.

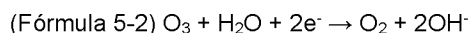
Además, en la realización 3, como primer gas se utiliza particularmente amoníaco, que es un gas básico. Cuando se utiliza amoníaco, la Fórmula 5 anterior se materializa en la siguiente Fórmula 6.



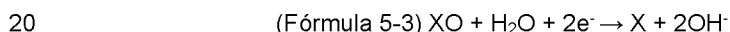
5 Como resultado de generar la burbuja 40 fina usando amoníaco que tiene una alta solubilidad en agua y es un gas de uso general, se puede reducir el coste de generar la burbuja 40 fina, mientras se mejora el efecto de adsorción de iones metálicos antes mencionado.

10 Por cierto, el principio mencionado anteriormente no se limita al amoníaco, y posiblemente también sea aplicable cualquier gas básico. Ejemplos de dicho gas básico incluyen metilamina, etilamina, propilamina, isopropilamina, butilamina, hexilamina, ciclohexilamina, dimetilamina, dietilamina, diisopropilamina, dipropilamina, di-n-butilamina, etanolamina, dietiletanolamina, dimetiletanolamina, etilendiamina, dimetilaminopropilamina, N,N-dimetiletilamina, trimetilamina, trietilamina, tetrametilendiamina, dietilentriamina, propilenimina, pentametilendiamina, hexametilendiamina, morfolina, N-metilmorfolina y N-etilmorfolina.

15 Además, como se muestra en la Fórmula 5-1, X no se limita al gas básico y se considera que cualquier "gas donador de iones hidroxilo" que reacciona con agua (H₂O) para donar ion hidroxilo (OH⁻) exhibe el mismo efecto. Un ejemplo de gas donador de iones hidroxilo es un gas ozono soluble (O₃). Se considera que cuando se suministra gas ozono al agua, se causa una reacción representada por la siguiente Fórmula 5-2 similar a la Fórmula 5-1 anterior.



Se considera que, de acuerdo con la Fórmula 5-2 anterior, el gas "X" donador de iones hidroxilo capaz de causar la reacción representada por la siguiente Fórmula 5-3 también presenta el mismo efecto.



En el ejemplo 6 se explicará un experimento ejemplar relacionado con el ozono.

(6) Retención de burbujas finas con el segundo gas

25 Como se explica en la sección anterior "(5) Cambio de potencial en la superficie de burbuja fina con el primer gas", el primer gas como gas básico contenido en la mezcla de gases se disuelve en agua, para aumentar la relación de OH⁻ en la superficie de la burbuja 40 fina. Dicho primer gas se mezcla con el segundo gas que tiene una velocidad de disolución menor que la del primer gas. Como resultado de mezclar dicho segundo gas, se evita que toda la burbuja 40 fina se disuelva en agua, incluso cuando el primer gas se disuelve en agua, y se puede conservar el estado de la burbuja 40 fina. El efecto de adsorber los iones Ca²⁺ resultantes de las burbujas finas explicado en las realizaciones 1 y 2 puede ser retenido, manteniendo el estado de la burbuja 40 fina.

30 En la realización 3, se utiliza nitrógeno como segundo gas. La burbuja 40 fina se genera utilizando un gas nitrógeno de uso general que es inofensivo para el cuerpo humano, de modo que se puede reducir el coste de generar la burbuja 40 fina, garantizando la seguridad. Además, dado que el nitrógeno es un gas no soluble en agua (gas no soluble), se puede exhibir de manera más eficaz el efecto de mantener el estado de la burbuja 40 fina.

35 El principio antes mencionado no se limita al nitrógeno, y posiblemente también es aplicable cualquier gas que tenga una velocidad de disolución más lenta en comparación con la del primer gas como gas básico, aunque sólo el nitrógeno está de acuerdo con la invención. Cuando se selecciona el segundo gas, se puede seleccionar un gas que tenga una velocidad de disolución de agua (solubilidad) más lenta (inferior) que la del primer gas, en las mismas condiciones incluidas la temperatura y la presión. Ejemplos de dicho segundo gas incluyen, en orden ascendente de solubilidad, nitrógeno, hidrógeno, monóxido de carbono, butano, oxígeno, metano, propano, etano, monóxido de nitrógeno, etileno, 40 propeno, acetileno y dióxido de carbono, aunque sólo el nitrógeno está de acuerdo con la invención. Sobre todo, cuando se utiliza el gas no soluble en agua que no está de acuerdo con la invención, tal como monóxido de nitrógeno, oxígeno e hidrógeno, se puede exhibir de manera más eficaz el efecto de mantener el estado de la burbuja 40 fina.

45 Por cierto, la disolución de nitrógeno en agua dura fue explicada con referencia a las Figs. 7 y 8 en las secciones "(3) Mejora de la adsorción de iones metálicos" y "(4) Mejora de la cristalización de iones metálicos" en la realización 2, y se considera que estas reacciones son causadas también al mismo tiempo. El nitrógeno se disuelve difícilmente en agua porque es insoluble en agua y ejerce fuertemente una acción de retención del estado de la burbuja 40 fina, pero no hay poco nitrógeno soluble en agua. Por lo tanto, se considera que no pocos fenómenos de nitrógeno disuelto en agua como se explica en las secciones "(3) Mejora de la adsorción de iones metálicos" y "(4) Mejora de la cristalización de iones metálicos" también ocurren simultáneamente con los fenómenos de retención de las burbujas finas por el 50 nitrógeno, explicado en la sección "(6) Retención de burbujas finas con segundo gas".

Como se describió anteriormente, el medio de generación de burbujas finas de acuerdo con la realización 3 genera la burbuja 40 fina con la mezcla de gases del primer gas configurado para reaccionar con agua para donar iones hidroxilo y el segundo gas tiene una velocidad de disolución menor, en comparación con el primer gas. El primer gas, que es un gas donador de iones hidroxilo, reacciona con el agua para aumentar la relación de OH⁻ en la superficie de la

burbuja 40 fina. De este modo, puede incrementarse el efecto de adsorber iones metálicos como Ca^{2+} a la burbuja 40 fina. Además, el segundo gas que tiene una menor velocidad de disolución, en comparación con el primer gas, se mezcla para evitar que la burbuja 40 fina se disuelva completamente en agua y retener el estado de la burbuja 40 fina.

- 5 En la realización 3, el primer gas es un gas básico soluble (amoníaco). De esta manera, el primer gas como gas básico se disuelve primero en agua, y el segundo gas que tiene una velocidad de disolución más lenta en comparación con el gas básico se carga negativamente, de modo que se puede exhibir el efecto antes mencionado utilizando la diferencia en la velocidad de disolución entre dos gases.

- 10 No de acuerdo con la invención, la relación de mezcla de amoníaco y nitrógeno en la burbuja 40 fina puede ser establecida en cualquier valor y, por ejemplo, ser establecida de modo que una relación de mezcla de nitrógeno a amoníaco sea alta (por ejemplo, una relación (relación en volumen) de amoníaco:nitrógeno que sea 1:99). Como resultado de tal configuración, un área donde aumenta OH^- por disolución de amoníaco reside sólo hasta la vecindad de la superficie de la burbuja 40 fina, y la relación de OH^- difícilmente cambia en una posición alejada de la burbuja 40 fina. De esta manera, se puede evitar que la calidad del agua en su totalidad cambie, mientras cambia solo la vecindad de la superficie de la burbuja 40 fina. Por otra parte, puede mantenerse el estado de la burbuja 40 fina durante más tiempo, aumentando la relación de nitrógeno. De esta manera, en la mezcla de gases pueden exhibirse estos efectos ajustando la cantidad del segundo gas que tiene una velocidad de disolución menor que la del gas básico, para que sea mayor que la cantidad del primer gas como gas básico. Nótese que, dado que la cantidad es proporcional al volumen en las mismas condiciones de temperatura y presión, se puede utilizar la cantidad o el volumen para establecer la relación de mezcla del primer gas y el segundo gas.

- 20 La relación de mezcla puede ser establecida de modo que la relación de amoníaco a nitrógeno sea alta. Como un resultado de tal ajuste, se pueden cristalizar y retirar adicionalmente los componentes metálicos contenidos en el agua dura. Este principio de mejora de la cristalización será explicado en los ejemplos 2 a 4 que se describen más adelante.

- 25 A diferencia de la configuración de suministro en la que el amoníaco y el nitrógeno forman por separado burbujas finas y se suministran por separado al agua dura sin mezclarlos, el medio de generación de burbujas finas de acuerdo con la realización 3 está destinado a suministrar a la burbuja 40 fina la mezcla de gas de amoníaco y nitrógeno para agua dura. De acuerdo con dicho procedimiento de suministro, se evita que el amoníaco se disuelva solo en una posición alejada de la burbuja 40 fina y, por lo tanto, se puede exhibir suficientemente una función del aumento de OH^- sólo en la vecindad de la superficie de la burbuja 40 fina.

- 30 A continuación, se explicará el efecto de adsorción de iones metálicos de la burbuja 40 fina con la mezcla de gas de amoníaco como primer gas y nitrógeno como segundo gas, particularmente el principio hipotético para cristalizar finalmente los iones metálicos con referencia al dibujo esquemático de Figura 10.

- 35 Como se muestra en la figura 10, una vez se suministra la burbuja 40 fina al agua dura, el amoníaco soluble en agua, aparte del amoníaco y nitrógeno que constituyen la burbuja 40 fina, se disuelve en el agua circundante (disolución de gas amoníaco). De este modo, como se explica en la sección "(5) Cambio de potencial en la superficie de burbuja fina con el primer gas", se genera NH_4^+ en la superficie de la burbuja 40 fina y la relación de OH^- aumenta (condensación superficial). En este momento, aumenta el efecto de adsorción de iones Ca^{2+} .

A medida que avanza la condensación superficial, se torna máxima la concentración de OH^- en la superficie de la burbuja 40 fina. Es decir, el pH en la superficie de la burbuja 40 fina se torna máximo y el potencial zeta de la burbuja 40 fina se torna máximo (el pH local es alto y el potencial zeta es alto).

- 40 En los estados antes mencionados "disolución de gas amoníaco", "condensación superficial" y "alto pH local y alto potencial zeta", se adsorbe el Ca^{2+} a la burbuja 40 fina. En este momento, la burbuja 40 fina que adsorbe Ca^{2+} puede ser separada del agua dura, para retirar los iones metálicos del agua dura.

- 45 Cuando no se ha llevado a cabo la separación, o cuando se ha llevado a cabo la separación pero quedan algunas burbujas como la burbuja 40 fina, el Ca^{2+} adsorbido a la superficie de la burbuja 40 fina comienza a cristalizar. Específicamente, cristaliza y precipita Ca^{2+} como un cristal 42. Además, la burbuja 40 fina comienza a desaparecer (desaparición) junto con la precipitación del cristal 42.

A medida que progresan la cristalización de Ca^{2+} y la desaparición de la burbuja 40 fina, el nitrógeno no soluble en agua que mantiene el estado de la burbuja 40 fina se difunde como un gas disuelto en agua (difusión de gas disuelto).

- 50 En los estados mencionados anteriormente de "desaparición" y "difusión de gas disuelto", los iones contenidos como iones metálicos en agua dura precipitan como cristal 42. El cristal 42 precipitado de esta manera puede ser separado del agua dura, para cristalizar y retirar los iones metálicos del agua dura.

(Ejemplo 2-4)

A continuación, se explicará el ejemplo 2-4 de la realización 3.

En el ejemplo 2-4, los inventores de la presente invención llevaron a cabo un experimento sobre la influencia de la relación de mezcla antes mencionada de amoníaco y nitrógeno en la burbuja 40 fina, sobre la cristalización de iones metálicos. Específicamente, el experimento fue llevado a cabo utilizando un dispositivo 50 mostrado en la Fig. 11.

La Fig. 11 presenta una configuración esquemática del dispositivo 50 usado en el ejemplo 2-4. El dispositivo 50 mostrado en la Fig. 11 incluye una sección 52 de suministro de mezcla de gas, un tanque 54 de tratamiento, una primera tubería 56, una segunda tubería 58, una válvula 60 de recolección de agua, un colector 62 de agua y un tanque 64 de almacenamiento de agua, una bomba 66, una válvula 68 de regulación de flujo y un medidor 70 de flujo.

La sección 52 de suministro de mezcla de gas se refiere a un miembro para suministrar una mezcla de gas al tanque 54 de tratamiento. La sección 52 de suministro de mezcla de gas incluye una fuente 72 de suministro de amoníaco, una fuente 74 de suministro de nitrógeno, una válvula 76 de regulación de la relación de mezcla, una tubería 78 de suministro y una sección 80 de suministro de burbujas finas.

La sección 52 de suministro de mezcla de gas genera una mezcla de gas, que es preparada mezclando amoníaco (primer gas) y nitrógeno (segundo gas) usando la fuente 72 de suministro de amoníaco y la fuente 74 de suministro de nitrógeno. La relación de mezcla de amoníaco y nitrógeno puede ser ajustada a cualquier relación, mediante la válvula 76 de regulación de relación de mezcla. La mezcla de gas es suministrada a la sección 80 de suministro de burbujas finas dispuesta en la parte inferior del tanque 54 de tratamiento, a través de la tubería 78 de suministro. La sección 80 de suministro de burbujas finas se refiere a un miembro para formar burbujas finas con la mezcla de gas.

El tanque 54 de tratamiento se refiere a un tanque para almacenar agua dura, como agua que va a ser tratada (sección de almacenamiento de agua dura). Sobre la base del principio explicado en la realización 3, los componentes metálicos son retirados del agua dura, en particular son cristalizados del agua dura, suministrando burbujas finas con la mezcla de gas al agua dura en el tanque 54 de tratamiento. El agua tratada es enviada a la primera tubería 56. La válvula 60 de recolección de agua está dispuesta en la ruta de la primera tubería 56. El agua tratada que pasa a través de la primera tubería 56 es recolectada abriendo y cerrando la válvula 60 de recolección de agua. El agua tratada recolectada es colocada en el colector 62 de agua.

La primera tubería 56 está conectada al tanque 64 de almacenamiento de agua. El tanque 64 de almacenamiento de agua se refiere a un tanque para almacenar el agua tratada. El agua tratada almacenada en el tanque 64 de almacenamiento de agua es retornada al tanque 54 de reacción a través de la segunda tubería 58. De este modo, circula el agua tratada.

La segunda tubería 58 está equipada con la bomba 66, la válvula 68 de regulación de flujo y el medidor 70 de flujo. La bomba 66 se refiere a un miembro para generar una fuerza de propulsión para hacer que el agua tratada fluya a través de la segunda tubería 58 al tanque 64 de almacenamiento de agua. La válvula 68 de regulación de flujo se refiere a una válvula para regular la tasa de flujo del agua tratada que pasa a través de la segunda tubería 58. El medidor 70 de flujo se refiere a un aparato para medir la tasa de flujo del agua tratada que fluye a través de la segunda tubería 58.

Se midieron varios parámetros de tal manera que los componentes metálicos en el agua dura fueron retirados en el tanque 54 de tratamiento mientras se operaba continuamente la bomba 66 usando este dispositivo 50, y el agua tratada fue recolectada del colector 62 de agua. En el ejemplo 2-4, se investigó particularmente una relación de los componentes metálicos cristalizados contenidos en el agua tratada (relación de cristalización). Obsérvese que la "relación de cristalización" en la presente especificación significa no sólo una relación de un cristal configurado de manera que los átomos y las moléculas se dispongan periódicamente con regularidad, sino también una relación de una simple sustancia precipitada como un sólido. La relación de cristalización puede ser denominada "relación de precipitación".

La Fig. 12 presenta un ejemplo de un resultado de la observación del agua realmente tratada en el ejemplo 2-4, mediante un microscopio de barrido de electrones (SEM). Como se muestra en la Fig. 12, muchos cristales 84 precipitan en agua tratada 82.

En los ejemplos 2 y 3 se utilizó agua 1 dura como agua que debía ser tratada. El agua 1 dura es Evian (marca registrada) que tiene una dureza de aproximadamente 300 mg/l. En el ejemplo 4 se utilizaron dos tipos de aguas, el agua 1 dura y el agua 2 dura. El agua 2 dura es Contrex (marca registrada) que tiene una dureza de aproximadamente 1.400 mg/l.

(Ejemplo 2)

En el ejemplo 2, después de que había transcurrido un tiempo predeterminado, el agua tratada fue recolectada como agua de muestra mediante el colector 62 de agua, mientras se hacía fluir agua dura al tanque 54 de reacción haciendo funcionar la bomba 66 usando el dispositivo 50. En el ejemplo 2, se varió la relación de mezcla de amoníaco y nitrógeno en la mezcla gaseosa, para investigar la diferencia en la relación de cristalización en cada relación de mezcla. A continuación se describirán las condiciones experimentales específicas del ejemplo 2. En el ejemplo 2, se descartó toda el agua tratada suministrada desde el tanque 54 de reacción a la primera tubería 56, excepto el agua recolectada por el colector 62 de agua, y no fue suministrada al tanque 64 de almacenamiento de agua.

(Condición experimental)	
Tipo de agua que debe ser tratada:	agua 1 dura
Relación de mezcla de amoníaco en la mezcla de gases:	0 % (solo nitrógeno) 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 100 % (solo amoníaco)
Tasa de flujo del agua que se va a tratar:	2,6 l/min
Tasa de flujo de mezcla de gas:	0,03 l/min
Tiempo desde el funcionamiento de la bomba hasta la recolección:	3 minutos
Elementos de medición del agua de muestra:	pH, dureza de Ca (mg/l), concentración total de carbonatos (mg/l)

Los elementos de medición del agua de muestra fueron medidos usando agua de la cual se retiraron los cristales de los componentes metálicos precipitados en el agua de muestra, mediante filtración del agua de muestra recolectada. La dureza del Ca se refiere a un valor obtenido al convertir el contenido de Ca^{2+} en el agua tratada por unidad de volumen, en carbonato de calcio (CaCO_3). Para medir el pH, la dureza del Ca y la concentración total de carbonatos, se utilizó cada aparato de medición disponible comercialmente.

Las Fig. 13A y 13B presentan resultados experimentales en el ejemplo 2.

En la Fig. 13A, la abscisa representa la relación de mezcla (%) de amoníaco en la mezcla de gas y la ordenada representa la relación de cristalización (%) de la muestra de agua. En la Fig. 13B, la abscisa representa el pH del agua de muestra y la ordenada representa la relación de cristalización (%) del agua de muestra.

La "relación de cristalización" fue calculada mediante una ecuación (dureza Ca del agua que va a tratarse, antes de la operación - dureza Ca del agua de muestra después de la operación)/dureza Ca del agua que va a tratarse, antes de la operación. El índice de cristalización calculado de esta manera expresa cuántos componentes metálicos han cristalizado por unidad de volumen del agua tratada. La relación de cristalización más alta expresa que se cristalizan más componentes metálicos del agua tratada.

Las Figs. 13A y 13B muestran que cuanto mayor es la relación de mezcla de amoníaco, mayor es la relación de cristalización. En particular, cuando la relación de mezcla de amoníaco es del 70 % o superior, la relación de cristalización aumenta dramáticamente.

Las Figs. 13A y 13B muestran que cuanto mayor es la relación de mezcla de amoníaco, mayor es el pH. Sin embargo, aunque el pH aumenta, el valor se desplaza como máximo entre 8,5 y 9. El valor de referencia del pH del agua del grifo definido por el Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar se desplaza entre 5,8 y 8,6, y se puede observar que incluso cuando la relación de mezcla de amoníaco es alta, el valor del pH cambia en un intervalo cercano al intervalo del agua del grifo. Un intervalo de pH deseable para el agua alcalina ionizada para beber, definido en la Ley para garantizar la calidad, eficacia y seguridad de los productos, incluidos los productos farmacéuticos y los dispositivos médicos, es un pH de 9 a 10. Dado que el valor del pH puede mantenerse por debajo de este intervalo, el agua de muestra resulta adecuada también como agua potable.

Se considera que la razón por la que el aumento del pH no aumenta excesivamente incluso cuando la relación de mezcla de amoníaco es alta, es porque no se eleva principalmente el pH de toda el agua tratada sino más bien el pH en el área local alrededor de la burbuja 40 fina, como se explica con referencia a la Fig. 10.

(Ejemplo 3)

En el ejemplo 3, al igual que en el ejemplo 2, el agua tratada después de que había transcurrido un tiempo predeterminado fue recolectada como agua de muestra mediante el colector 62 de agua, mientras se hacía fluir agua dura al tanque 54 de reacción, haciendo funcionar la bomba 66 y usando el dispositivo 50. En el ejemplo 3, sólo se usaron dos patrones de relaciones de mezcla de amoníaco de 70 % y 100 % en la mezcla de gas. Además, a diferencia del ejemplo 2, la muestra de agua fue recolectada a intervalos predeterminados desde el funcionamiento de la bomba 66, para medir diversos parámetros. Además, a diferencia del ejemplo 2, toda el agua tratada suministrada desde el tanque 54 de reacción a la primera tubería 56 fue devuelta al tanque 64 de almacenamiento de agua, excepto el agua recolectada por el colector 62 de agua, y se hizo circular. A continuación se describirán las condiciones experimentales específicas del ejemplo 3.

(Condición experimental)	
Tipo de agua que se va a tratar:	Agua 1 dura
Relación de mezcla de amoníaco en la mezcla de gases:	70 %, 100 % (solo amoníaco)
Tasa de flujo del agua que se va a tratar:	2,6 l/min
Tasa de flujo de mezcla de gas:	0,03 l/min
Elementos de medición del agua de muestra:	pH, dureza de Ca (mg/l), concentración total de carbonatos (mg/l)

Las Figuras 14A, 14B y 14C presentan resultados experimentales en el ejemplo 3.

En la Fig. 14A, la abscisa representa el tiempo de funcionamiento (minutos) de la bomba 66 y la ordenada representa la relación de cristalización (%) de la muestra de agua. En la Fig. 14B, la abscisa representa el tiempo de funcionamiento (minutos) de la bomba 66 y la ordenada representa la dureza de Ca (mg/l) del agua de muestra. En la Fig. 14C, la abscisa representa el tiempo de funcionamiento (minuto) de la bomba 66 y la ordenada representa el pH del agua de muestra.

Como se muestra en la Fig. 14A, en ambos casos de relaciones de mezcla de amoníaco de 70 % y 100 %, la relación de cristalización aumenta a medida que transcurre el tiempo de operación. Además, la dureza de Ca disminuye a medida que transcurre el tiempo de operación, como se muestra en la Fig. 14B. Esto revela que el Ca^{2+} de los componentes metálicos disueltos en agua dura cristaliza como CaCO_3 , por introducción de las burbujas finas con el gas de la mezcla.

Por otro lado, en el caso de una relación de mezcla de amoníaco del 100 % en lugar del 70 %, se mejoran la tasa creciente de la relación de cristalización y la tasa decreciente de la dureza de Ca. Esto revela que el amoníaco contribuye significativamente a la cristalización de Ca^{2+} en CaCO_3 .

Como se muestra en la Fig. 14C, en ambos casos de relaciones de mezcla de amoníaco de 70 % y 100 %, el pH aumenta ligeramente a medida que transcurre el tiempo de operación. No hay una diferencia muy significativa en el pH entre los casos de relaciones de mezcla de amoníaco de 70 % y 100 %. Además, incluso después de 50 minutos desde el inicio de la operación, el pH está entre 9 y 10 y no aumenta excesivamente. Se considera que la razón por la cual la tasa de aumento del pH no aumenta tan excesivamente como se describió anteriormente, es porque no se eleva principalmente el pH de toda el agua tratada sino más bien el pH en el área local alrededor de la burbuja 40 fina, como se explicó. con referencia a la Fig. 10.

(Ejemplo 4)

En el ejemplo 4, al igual que los ejemplos 2 y 3, después de que había transcurrido un tiempo predeterminado, el agua tratada fue recolectada como muestra de agua mediante el colector 62 de agua mientras se hacía fluir agua dura al tanque 54 de reacción, haciendo funcionar la bomba 66 usando el dispositivo 50. De la misma manera que en el ejemplo 3, la muestra de agua fue recolectada a intervalos predeterminados desde el funcionamiento de la bomba 66, para medir diversos parámetros. De la misma manera que en el ejemplo 3, toda el agua tratada suministrada desde el tanque 54 de reacción a la primera tubería 56 fue retornada al tanque 64 de almacenamiento de agua, excepto el agua recolectada por el colector 62 de agua, y se la hizo circular. Por otro lado, en el ejemplo 4, solo se usó un patrón de 70 % de relación de mezcla de amoníaco en la mezcla de gas. Además, a diferencia de los ejemplos 2 y 3, se usaron como agua tratada dos tipos de agua dura, agua 1 dura (dureza: aproximadamente 300 mg/l) y agua 2 dura (dureza: aproximadamente 1.400 mg/l). Las condiciones experimentales específicas del ejemplo 4 serán descritas a continuación.

(Condición experimental)	
Tipo de agua que se va a tratar:	Agua 1 dura y agua 2 dura
Relación de mezcla de amoníaco en la mezcla de gases:	70 %

(Continuación)

(Condición experimental)	
Tasa de flujo del agua que se va a tratar:	2,6 l/min
Tasa de flujo de mezcla de gas:	0,03 l/min
Elementos de medición del agua de muestra:	pH, dureza de Ca (mg/l), concentración total de carbonatos (mg/l)

Las Figuras 15A, 15B, 15C y 15D presentan resultados experimentales en el ejemplo 4.

- 5 En la Fig. 15A, la abscisa representa el tiempo de funcionamiento (minutos) de la bomba 66 y la ordenada representa la relación de cristalización (%) de la muestra de agua. En la Fig. 15B, la abscisa representa el tiempo de funcionamiento (minutos) de la bomba 66 y la ordenada representa la dureza de Ca (mg/l) del agua de muestra. En la Fig. 15C, la abscisa representa el tiempo de funcionamiento (minuto) de la bomba 66 y la ordenada representa el pH del agua de muestra. La Fig. 15D presenta una gráfica cuya ordenada es añadida con la concentración de carbonato total (mg/l) en la gráfica de la Fig. 15B.
- 10 Como se muestra en las Figs. 15A y 15B, tanto en el agua 1 dura como en el agua 2 dura, la relación de cristalización aumenta y la dureza del Ca disminuye a medida que transcurre el tiempo de operación. Esto revela que el Ca^{2+} de los componentes metálicos disueltos en agua dura cristaliza como CaCO_3 , mediante introducción de las burbujas finas con el gas de la mezcla.
- 15 Además, las Figs. 15A y 15C muestran que existen diferencias significativas en las tasas crecientes de la relación de cristalización y el pH entre el agua 1 dura y el agua 2 dura. Específicamente, se puede ver que el agua 1 dura tiene velocidades crecientes de la relación de cristalización y del pH mayores que las del agua 2 dura. A este respecto, los inventores de la presente invención se centraron en la "concentración total de carbonato" y examinaron la "concentración total de carbonato" basándose en los datos mostrados en la Fig. 15D.
- 20 Como se muestra en la Fig. 15D, un valor de la concentración total de carbonato en el agua 1 dura es de 150 a 200 mg/l cuando el tiempo de operación es de 50 minutos. Es decir, el agua 1 dura contiene grandes cantidades de HCO_3^- y CO_3^{2-} . Cuando el tiempo de operación es de 50 minutos, la relación de cristalización del agua 1 dura alcanza del 70 al 80 % como se muestra en la Fig. 15A. Por otra parte, un valor de la concentración total de carbonato en el agua 2 dura es de aproximadamente 20 mg/l cuando el tiempo de operación es de 70 minutos. La comparación con el agua 1 dura muestra que el agua 2 dura tiene cantidades considerablemente pequeñas de HCO_3^- y CO_3^{2-} . Por cierto, cuando el tiempo de operación es de 70 minutos, se espera que la relación de cristalización del agua 2 dura sea aproximadamente del 40 % de acuerdo con los datos de la Fig. 15A.
- 25 HCO_3^- y CO_3^{2-} funcionan como componentes para cristalizar como Ca^{2+} como CaCO_3 , como se explica para los principios de las realizaciones 1 a 3. Dado que el agua 1 dura contiene grandes cantidades de HCO_3^- y CO_3^{2-} , se considera que el agua 1 dura tiene una tasa de aumento de la relación de cristalización mayor que la del agua 2 dura.
- 30 El contenido de componentes metálicos y las concentraciones de carbonato total en las aguas 1 y 2 duras son mostrados en la siguiente Tabla 1.

[Tabla 1]

	Contenido (mg/l)			Contenido de CO_3^{2-} requerido para la disolución (mg/l)			Cantidad excedente (mg/l)
	Ca	Mg	CO_3^{2-}	Ca	Mg	Total	
Peso molecular	40	24,3	60	60			
Contrex	468	74,8	372	702	184,691358	886,691358	-514,691
Evian	80	26	357	120	64,19753086	184,1975309	172,8025

Como se muestra en la Tabla 1, en Evian (marca registrada) como agua 1 dura, los contenidos de Ca, Mg y CO_3^{2-} por unidad de volumen de Evian son 80, 26 y 357 mg/l respectivamente. En Contrex (marca registrada) como agua 2 dura, los contenidos de Ca, Mg y CO_3^{2-} por unidad de volumen de Contrex son 468, 74,8 y 372 mg/l respectivamente. Como se describió anteriormente, en el agua 1 dura y en el agua 2 dura, los contenidos de CO_3^{2-} por unidad de volumen son 357 mg/l y 372 mg/l respectivamente, que son aproximadamente iguales entre sí. Por otro lado, el contenido de CO_3^{2-} requerido para disolver Ca y Mg en relación con el contenido de Ca y Mg en agua dura es aproximadamente 184 mg/l en el agua 1 dura y aproximadamente 887 mg/l en el agua 2 dura. Es decir, en el agua 1 dura, la cantidad de CO realmente contenida de CO_3^{2-} está en exceso de aproximadamente 173 mg/l en relación con el contenido de CO_3^{2-} necesario para disolver Ca y Mg. Esto significa que al introducir el gas de mezcla con las burbujas finas, hay mucho CO_3^{2-} para cristalizar Ca^{2+} . Por otro lado, en el agua 2 dura la cantidad del CO_3^{2-} realmente contenido tiene una escasez de aproximadamente 515 mg/l en relación con el contenido de CO_3^{2-} necesario para disolver Ca y Mg. Esto significa que al introducir el gas de mezcla con las burbujas finas, hay una pequeña cantidad de CO_3^{2-} para cristalizar Ca^{2+} , y la cristalización no mejora.

De los resultados anteriores, se considera que cuando el agua dura que se va a tratar contiene abundantes carbonatos como HCO_3^- y CO_3^{2-} , se puede mejorar la tasa creciente de cristalización. Con el fin de aumentar el contenido total de carbonato en el agua dura basándose en este resultado, se puede introducir gas dióxido de carbono en el agua dura, antes de introducir las burbujas finas. Específicamente, se pueden instalar además medios de generación de gas dióxido de carbono para generar gas dióxido de carbono. Además, el medio de generación de gas dióxido de carbono puede generar gas dióxido de carbono y suministrarlo al agua dura antes de suministrar al agua dura las burbujas finas generadas por el medio de generación de burbujas finas. Se considera que este proceso puede mejorar la cristalización de los iones metálicos en agua dura.

Como se describió anteriormente, de acuerdo con el ejemplo 2-4 en la realización 3, se puede mejorar la cristalización de los iones metálicos ajustando la cantidad de amoníaco, para que sea mayor que la cantidad de nitrógeno en la mezcla gaseosa. Además, se puede mejorar enormemente la cristalización de los iones metálicos ajustando la relación de mezcla de amoníaco en la mezcla gaseosa, al 70 % o más.

(Ejemplo 5)

El ejemplo 5 es no de acuerdo con la invención e incluye un experimento de evaluación sensorial, para evaluar la "formación de espuma" para la muestra de agua (agua blanda) tratada usando el dispositivo 50 antes mencionado. La formación de espuma está relacionada con el poder espumante, dependiendo de la altura y el tamaño de la espuma generada en la superficie del agua. Generalmente se supone que cuanto menor es la cantidad de componentes de dureza, mayor es la formación de espuma, por ejemplo, proporcionando una ventaja tal que se mejora el efecto de lavado cuando el agua se utiliza con el fin de lavar.

En el ejemplo 5, a diferencia del ejemplo 2-4, se generaron burbujas finas que se originaron a partir de un único gas, amoníaco, en lugar de la mezcla de gases. Es decir, en el dispositivo 50 mostrado en la Fig. 11, se generaron burbujas finas usando solo una fuente 72 de suministro de amoníaco sin usar la fuente 74 de suministro de nitrógeno. Dado que el procedimiento de uso del dispositivo 50 es el mismo que en el ejemplo 2-4, se omite la explicación del procedimiento.

El procedimiento experimental del ejemplo 5 se basa en el estándar de "espuma": SHASE-S 218 de la Sociedad de Ingenieros Sanitarios, de Calefacción y Aire Acondicionado de Japón. Específicamente, se preparó agua diluida diluyendo 1,5 g de jabón puro con 200 ml de agua, luego se mezclaron 1 ml del agua diluida y 9 ml de agua a tratar y se colocaron 10 ml de la mezcla como agua de evaluación en un cilindro medidor. Como jabón puro, se usó jabón de tocador Cow brand red box a1 (Cow Brand Soap Kyoshinsha Co., Ltd.), y como 200 ml de agua, se usó agua destilada Autostil WG221 (Yamato Scientific co., Ltd.). Se agitó 50 veces el cilindro medidor y después de 1 minuto se midió la altura de la espuma desde la superficie del agua.

En el ejemplo 5, se realizó el mismo experimento usando, además del agua de muestra tratada por el dispositivo 50, tres tipos de agua: agua dura, agua del grifo y agua pura. Las durezas de estas aguas y del agua de muestra son las siguientes.

Dureza del agua dura:	La dureza total es de 300 mg/l, la dureza de Ca es de 200 mg/l, la dureza de Mg es de 100 mg/l
Dureza del agua del grifo:	La dureza total es de 72 mg/l, la dureza de Ca es de 49 mg/l, la dureza de Mg es de 23 mg/l
Dureza del agua pura:	La dureza general es 0 mg/l, la dureza Ca es 0 mg/l, la dureza Mg es 0 mg/l
Dureza del agua de muestra:	La dureza total es de 118 mg/l, la dureza de Ca es de 21 mg/l, la dureza de Mg es de 97 mg/l

La Fig. 16 presenta los resultados experimentales del ejemplo 5. En la Fig. 16, la abscisa representa el tipo de agua y la ordenada representa la altura (mm) de la espuma que se extiende desde la superficie del agua en evaluación. La ordenada representa espuma y poder espumante.

- 5 Como se muestra en la Fig. 16, el "agua dura", que tenía las durezas más altas tanto de Ca como de Mg, casi no mostró formación de espuma y las durezas eran cercanas a 0, mientras que el "agua del grifo", el "agua de muestra" y el "agua pura". mostraron casi los mismos altos niveles de formación de espuma. Es decir, en la "muestra de agua" tratada usando el dispositivo 50, la formación de espuma mejora con respecto al agua dura antes del tratamiento y logra una formación de espuma cercana a la del "agua del grifo" y el "agua pura". Esto reveló que podría mejorarse la
- 10 formación de espuma, retirando los iones metálicos del agua dura usando el procedimiento en las realizaciones, y se podría lograr una formación de espuma al mismo nivel que el agua del grifo y el agua pura como agua blanda.

Cuando se comparan los resultados mostrados en la Fig. 16 con los valores concretos de dureza de la dureza, cuanto menor es la dureza del Ca, mayor es el nivel de espuma. Esto revela que el valor de dureza de Mg, más que el valor de dureza de Ca, es un parámetro dominante que afecta directamente la formación de espuma.

15 (Ejemplo 6)

En el ejemplo 6, que es no de acuerdo con la invención, el agua que se va a tratar (agua dura) es tratada usando el mismo dispositivo 50 (Fig. 11) del ejemplo 2-4, y se comparan las aguas de muestra tratadas en cuanto a la relación cristalización..

- 20 En el ejemplo 6, en particular, se examinó la diferencia en la relación de cristalización comparando las relaciones de cristalización entre el caso que usa microburbujas como burbujas finas y el caso que usa miliburbujas como burbujas no finas. Es decir, en el dispositivo 50 mostrado en la Fig. 11, se llevó a cabo un experimento en dos patrones, un patrón que usa la sección 80 de generación de burbujas finas tal como está para generar microburbujas, y un patrón que usa otra sección de generación de burbujas (no mostrado) en lugar de la sección 80 de generación de burbujas finas para generar miliburbujas.

- 25 En el ejemplo 6, a diferencia del ejemplo 2-4, además se generaron burbujas que se originaron a partir de un único gas ozono en lugar de la mezcla de gases. Es decir, en el dispositivo 50 mostrado en la Fig. 11, se usó una fuente de suministro de ozono (no mostrada) en lugar de la fuente 72 de suministro de amoníaco y la fuente 74 de suministro de nitrógeno. Como se explica en la realización 3, el gas ozono es un gas donador de iones hidroxilo.

Las condiciones experimentales del ejemplo 6 son las siguientes.

Tipo de agua que se va a tratar (común):	Agua 1 dura
Tasa de flujo del agua que se va a tratar (común):	12 l/min
Volumen de agua almacenada en el tanque 54 de reacción (común):	9 l
Tasa de flujo de gas ozono (común):	0,12 l/min
Diámetro medio de las microburbujas:	56 micras
Diámetro medio de miliburbujas:	1.021 micrómetros
Elementos de medición del agua de muestra (común):	Dureza Ca (mg/l), dureza total (mg/l)

30

Las figuras 17A y 17B presentan resultados experimentales en el ejemplo 6.

En la Fig. 17A, la abscisa representa el tiempo (minuto) y la ordenada representa la relación de cristalización (%) de la dureza de Ca. En la Fig. 17B, la abscisa representa el tiempo (minuto) y la ordenada representa la relación de cristalización (%) de la dureza total.

- 35 Las figuras 17A y 17B revelan que tanto la dureza de Ca como la dureza general de las microburbujas alcanzan relaciones de cristalización más altas que las de las miliburbujas. Es decir, se demostró que el caso que utilizaba las microburbujas como burbujas finas tenía una relación de cristalización mayor y un mayor efecto de cristalización de iones metálicos con burbujas finas que aquellos en el caso que utilizaba las miliburbujas como burbujas no finas.

Como se describió anteriormente, aunque se ha explicado la presente invención con referencia a las realizaciones, la presente invención no se limita a las realizaciones. Por ejemplo, en las realizaciones 1 y 2, aunque se ha explicado el caso del dispositivo 2 de retiro de iones que tiene la configuración mostrada en la Fig. 1, la presente invención no se limita a tal caso. Puede adoptarse cualquier configuración siempre que la configuración incluya los medios 6 de generación de burbujas finas para generar burbujas finas y pueda suministrar al agua dura las burbujas finas generadas.

Además, en las realizaciones 1 y 2, aunque se ha explicado el caso en donde los componentes metálicos precipitados mediante cristalización de los iones metálicos unidos a la superficie de las burbujas finas, son separados mediante centrifugación en el tanque 8 de tratamiento, la presente invención no se limita a tal caso. Por ejemplo, los componentes metálicos en el estado de iones metálicos pueden ser retirados del agua dura descargando las burbujas finas que ascienden en el tanque 8 de tratamiento mientras los iones metálicos se adsorben en las burbujas finas. Alternativamente, los componentes metálicos en el estado de iones metálicos pueden ser retirados del agua dura llevando a cabo una centrifugación, mientras los iones metálicos se adsorben en las burbujas finas para recolectar en el centro burbujas que tienen gravedades específicas bajas y recolectar las burbujas. De esta manera, al descargar las burbujas finas que adsorben los iones metálicos del agua dura, se puede disminuir la dureza del agua dura para producir agua blanda, incluso en el procedimiento de retiro de los iones metálicos del agua dura. Los iones metálicos pueden ser retirados del agua dura en corto tiempo, en comparación con el caso en donde los iones metálicos precipitan en forma de cristales y se separan.

Adicionalmente, en las realizaciones 1 y 2, aunque se ha explicado el caso del dispositivo de ablandamiento de agua en donde el dispositivo 2 de retiro de iones ablanda el agua dura, la presente invención no se limita a tal caso. El agua dura no necesariamente se ablanda siempre que se pueda reducir la cantidad de iones metálicos en el agua dura para reducir la dureza del agua dura.

Adicionalmente, en las realizaciones 1 y 2, aunque se ha explicado el caso del dispositivo 2 de retiro de iones que incluye los medios 10 de separación, la presente invención no se limita a tal caso, y se permite un caso que no incluya ningún medio 10 de separación. Aunque habiendo explicado el caso en donde el medio 10 de separación está compuesto por la porción 4a extrema de la tubería 4 de suministro de agua dura y las placas 11 de adsorción, la presente invención no se limita a tal caso, y se puede adoptar cualquier configuración siempre que se puedan separar del agua dura los iones metálicos y los componentes metálicos.

Adicionalmente, en las realizaciones 1 y 2, aunque se ha explicado el caso en donde la porción 4a extrema de la tubería 4 de suministro de agua dura descarga agua en una dirección excéntrica desde el eje central del tanque 8 de tratamiento para generar un flujo de remolino en el líquido descargado a la capa de tratamiento 8, la presente invención no se limita a tal caso. Se puede adoptar cualquier medio de generación de flujo turbulento, por ejemplo, debajo del tanque 8 de tratamiento está dispuesto un resorte giratorio accionado por un motor, y el resorte giratorio se gira para generar con fuerza el flujo de remolino en el tanque 8 de tratamiento.

Adicionalmente, en las realizaciones 1 y 2, aunque se ha expresado el caso de generar burbujas finas usando aire o nitrógeno en el tratamiento de ablandamiento de agua, la presente invención no se limita a tal caso, y se pueden generar las burbujas finas también usando un gas distinto del aire y el nitrógeno.

Adicionalmente, en las realizaciones 1 y 2, aunque se ha expresado el caso de generar burbujas finas usando dióxido de carbono en el tratamiento de regeneración, la presente invención no se limita a tal caso, y se pueden generar las burbujas finas también usando un gas (por ejemplo, sulfuro de hidrógeno, cloruro de hidrógeno, etc.) distinto del dióxido de carbono. Alternativamente, se puede llevar a cabo el tratamiento de regeneración utilizando no sólo el gas sino también un líquido. Por ejemplo, el tratamiento de regeneración también se puede llevar a cabo suministrando ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido cítrico, ácido ascórbico o similares al tanque 8 de tratamiento.

Adicionalmente, en las realizaciones 1 y 2, aunque se ha explicado el caso de suministrar solo burbujas finas al agua dura, la presente invención no se limita a tal caso, y se puede añadir otro gas además de las burbujas finas. El otro gas puede ser suministrado en forma de burbujas finas o, de otro modo, como burbujas normales distintas de las burbujas finas.

Adicionalmente, en la realización 3, aunque habiendo expresado un caso usando burbujas finas que incluyen los dos gases mezclados, el primer gas como gas básico y el segundo gas que tiene una velocidad de disolución menor que la del primer gas, se puede mezclar otro gas adicionalmente a estos dos gases. Es decir, se pueden utilizar las burbujas finas con una mezcla gaseosa de dos o más tipos de gases, incluidos el primer y el segundo gas.

La presente divulgación ha sido descrita suficientemente en relación con las realizaciones preferibles con referencia a los dibujos adjuntos, pero para los expertos en la técnica son obvias diversas variaciones y modificaciones. Tales variaciones y modificaciones deberían entenderse como incluidas dentro del alcance de la presente divulgación de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas, sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. Adicionalmente, se pueden lograr cambios en la combinación o el orden de los elementos en cada realización, sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

Aplicabilidad industrial

La presente invención se puede aplicar a cualquier dispositivo de retiro de iones.

Descripción de las señales de referencia

- 2 Dispositivo de retiro de iones
- 4 Tubería de suministro de agua dura (sección de almacenamiento de agua dura)
- 5 4ª Porción extrema
- 6 Medios de generación de burbujas finas
- 8 Tanque de tratamiento (sección de almacenamiento de agua dura)
- 10 Medios de separación
- 11 Placas de adsorción
- 10 12 Tubería de extracción de agua blanda
- 14 Tubería de descarga de agua separada
- 20 Dispositivo
- 21 Agua dura
- 22 Tanque de agua (sección de almacenamiento de agua dura)
- 15 22a Cara de fondo
- 22b Superficie del agua
- 24 Sección de suministro de gas
- 25 Primera tubería
- 26 Sección de generación de burbujas finas.
- 20 27 Segunda tubería
- 28 Bomba
- 30 Primera sección de toma de agua.
- 32 Segunda sección de toma de agua.
- 34 Detector de concentración de iones metálicos
- 25 40 Burbuja fina
- 42 Cristal
- D1 Distancia desde la primera sección de toma de agua a la segunda sección de toma de agua
- 50 Dispositivo
- 52 Sección de suministro de mezcla de gases.
- 30 54 Tanque de tratamiento (sección de almacenamiento de agua dura)
- 56 Primera tubería
- 58 Segunda tubería
- 60 Válvula de recolección de agua
- 62 Colector de agua
- 35 64 Tanque de almacenamiento de agua
- 66 Bomba
- 68 Válvula de regulación de flujo

- 70 Medidor de flujo
- 72 Fuente de suministro de amoníaco
- 74 Fuente de suministro de nitrógeno
- 76 Válvula de regulación de relación de mezcla
- 5 78 Tubería de suministro
- 80 Sección de suministro de burbujas finas
- 82 Agua tratada
- 84 Cristal

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de retiro de iones que comprende:

un paso de generación para generar burbujas finas;

un primer paso de suministro para suministrar las burbujas finas generadas al agua dura, en donde el agua que tiene una dureza de 120 mg/l o superior es definida como agua dura, en donde, en el primer paso de suministro, los iones metálicos del agua dura se adsorben en las burbujas finas que se van a retirar del agua dura,

en donde las burbujas finas generadas en el paso de generación consisten en una mezcla de gases que comprende un primer gas y un segundo gas, y en donde el primer gas es un gas donador de iones hidroxilo para reaccionar con agua para donar los iones hidroxilo y el segundo gas tiene una velocidad de disolución menor que la del primer gas, en donde el segundo gas es nitrógeno,

en donde la relación de mezcla del primer gas en la mezcla de gases es establecida en 70 % o más; y

un paso de descarga para descargar las burbujas finas adsorbiendo desde el agua dura los iones metálicos en el primer paso de suministro, retirando así los iones metálicos del agua dura.

2. El procedimiento de retiro de iones de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se cristalizan y precipitan los iones metálicos adsorbidos a las burbujas finas en el primer paso de suministro.

3. El procedimiento de retiro de iones de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además un paso de separación del cristal cristalizado y precipitado.

4. El procedimiento de retiro de iones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además un segundo paso de suministro de generar gas dióxido de carbono y suministrar el gas dióxido de carbono generado al agua dura, antes del primer paso de suministro.

5. El procedimiento de retiro de iones de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además un paso de regeneración para realizar un tratamiento de regeneración para devolver CaCO_3 a $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ suministrando burbujas finas de dióxido de carbono después de que los iones metálicos son retirados del agua dura en el primer paso de suministro.

Fig.1

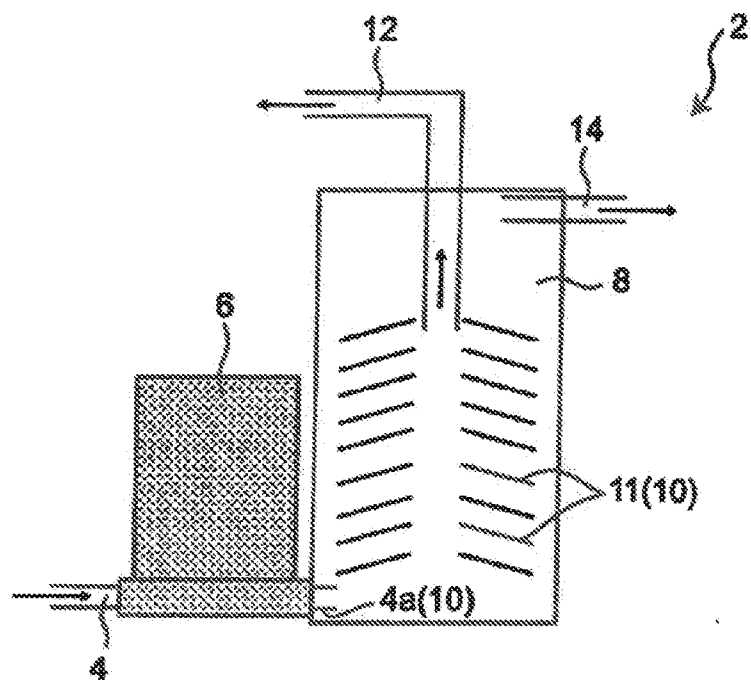


Fig.2

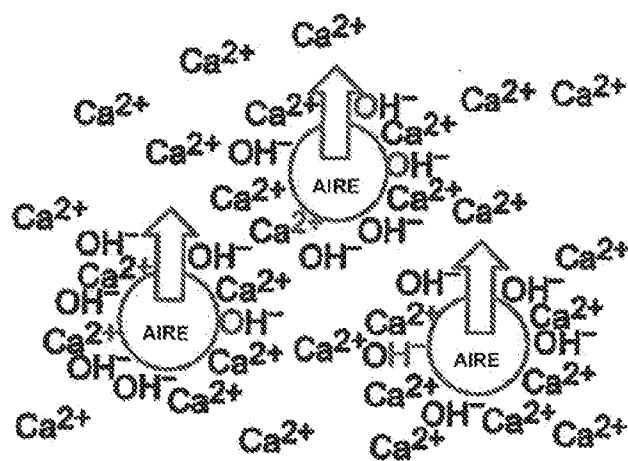


Fig.3

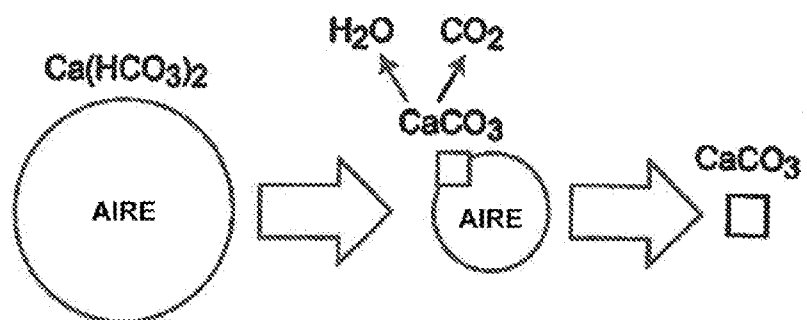


Fig.4

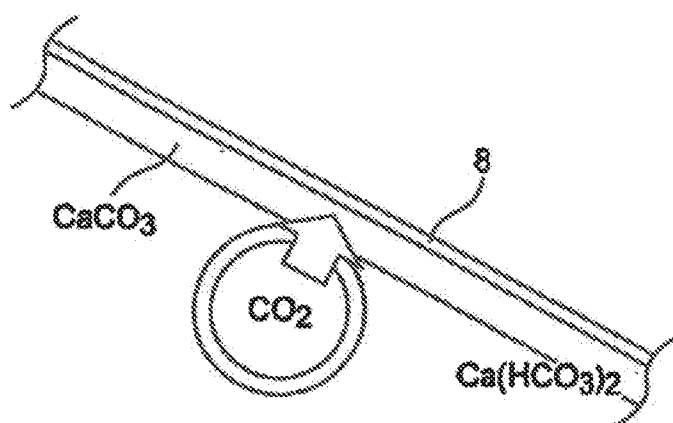


Fig. 5A

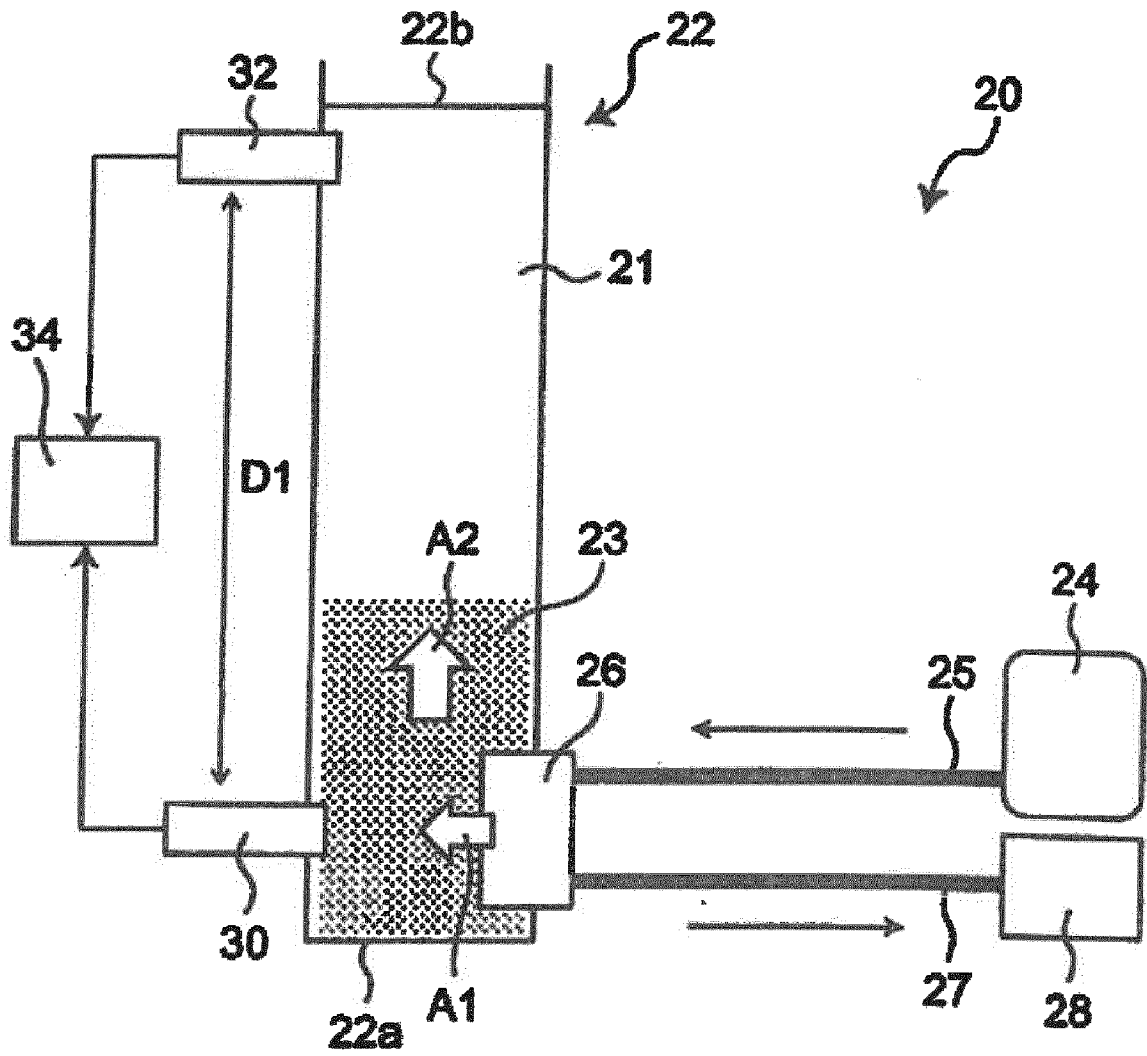


Fig.5B

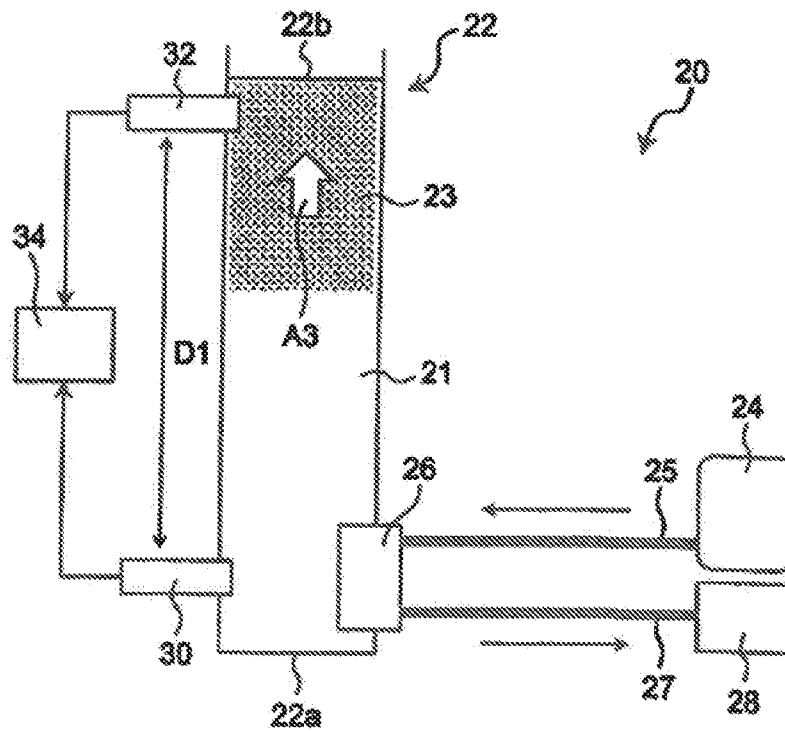


Fig.6

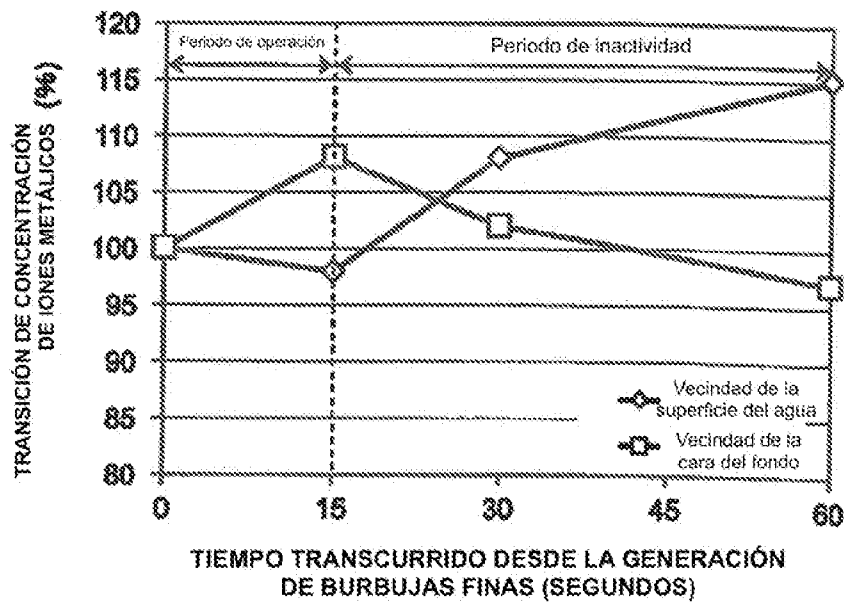


Fig.7

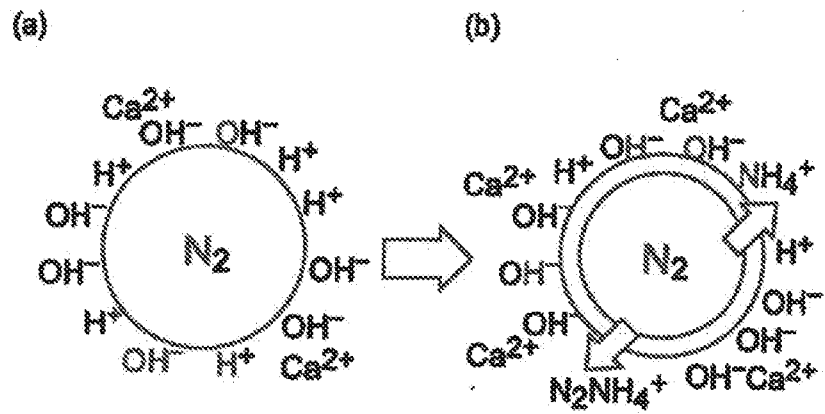


Fig.8

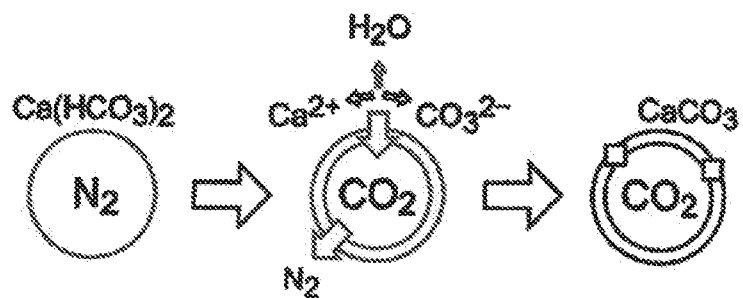
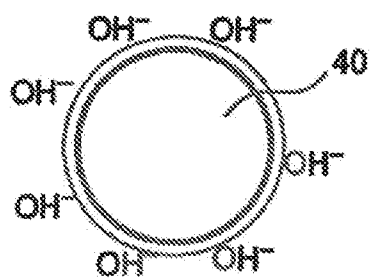


Fig.9



EP 3 590 894 B1

Fig.10

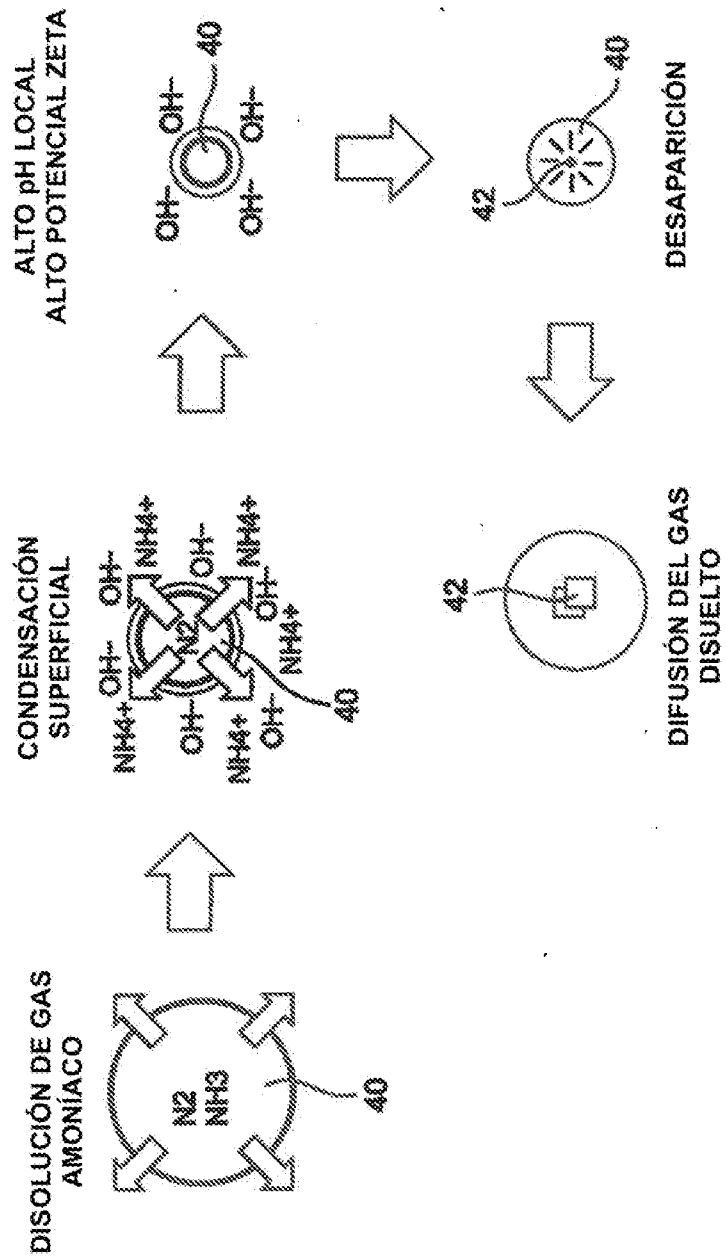


Fig. 11

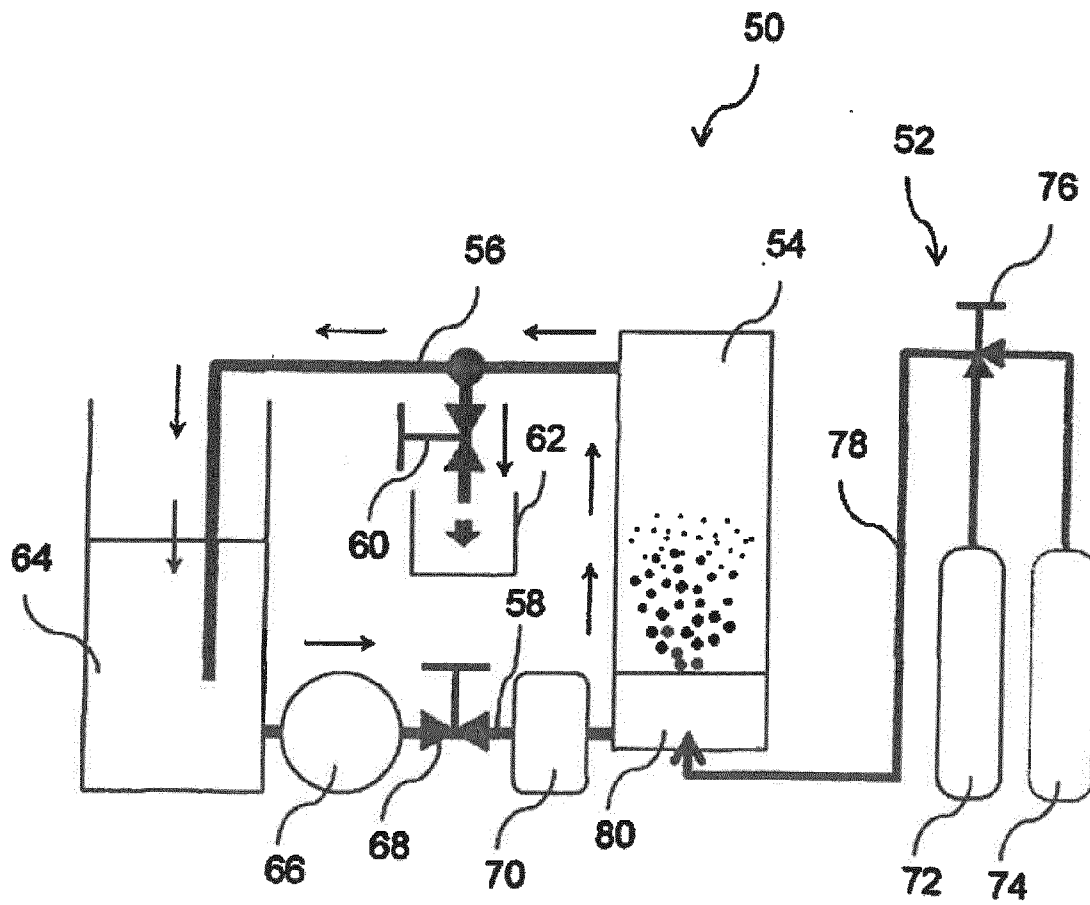


Fig. 12

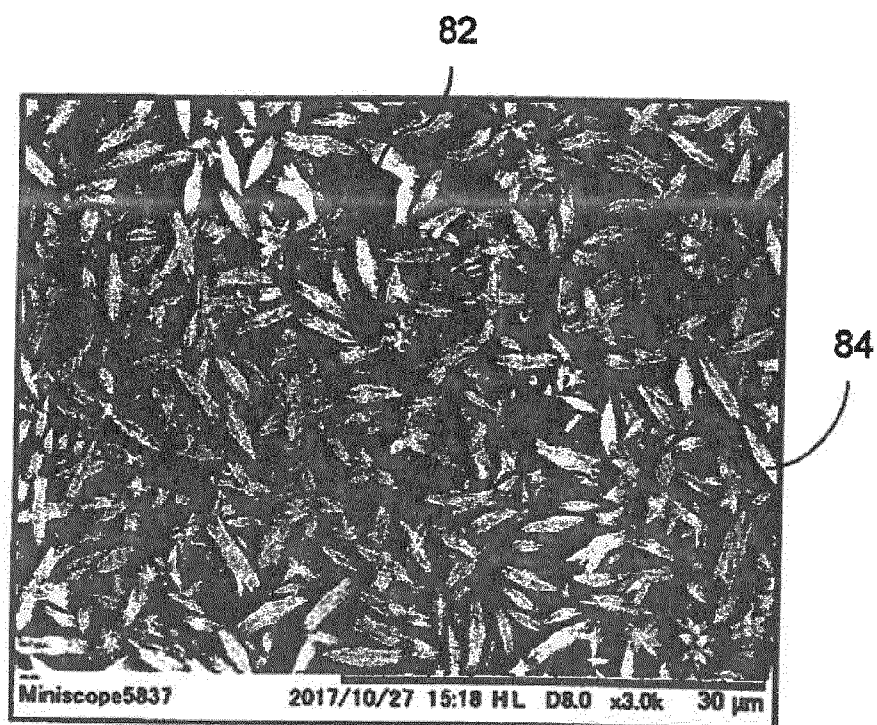


Fig.13A

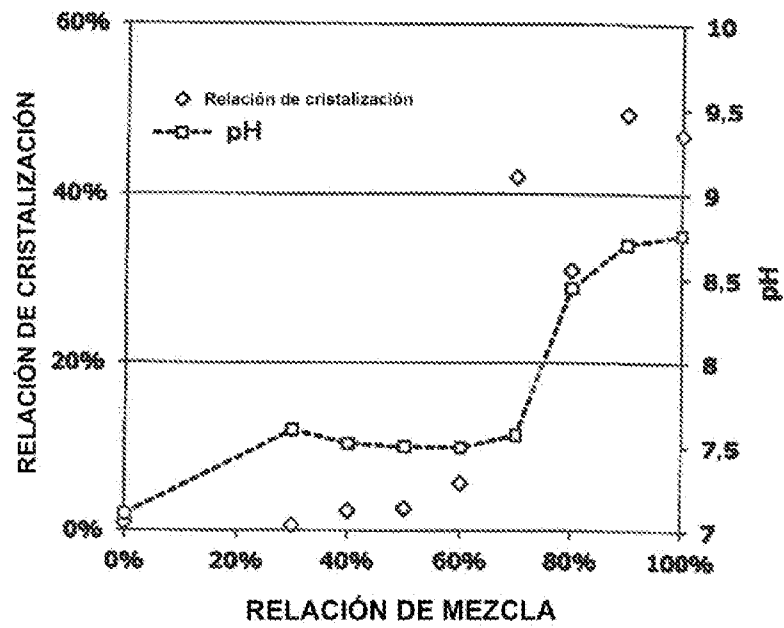


Fig.13B

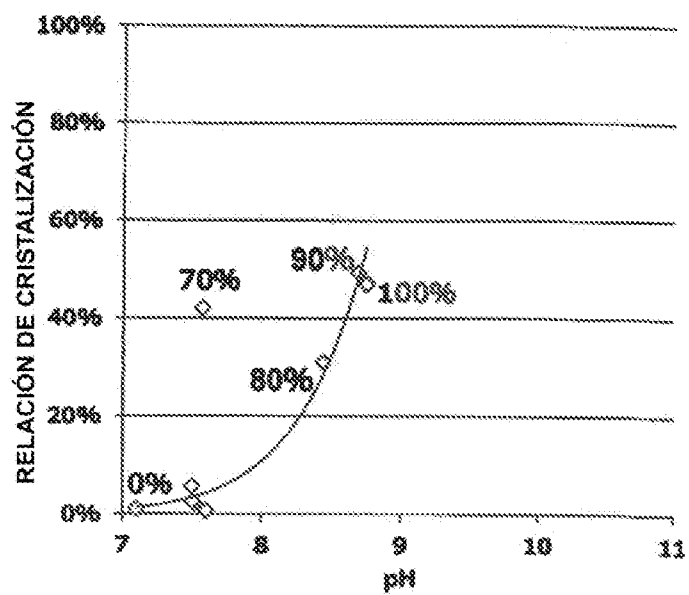


Fig.14A

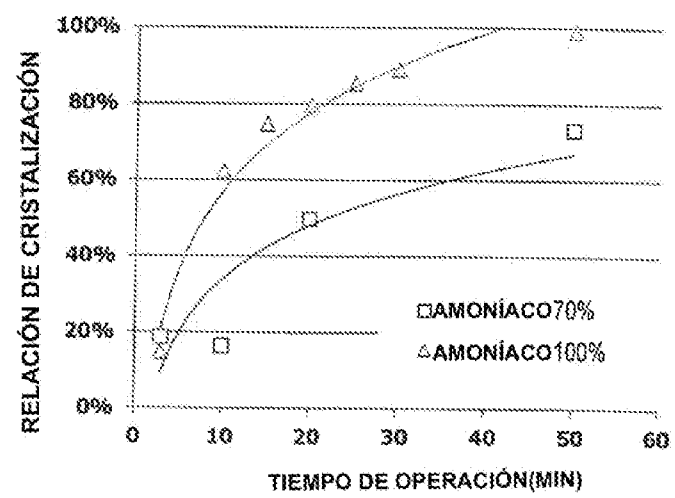


Fig.14B

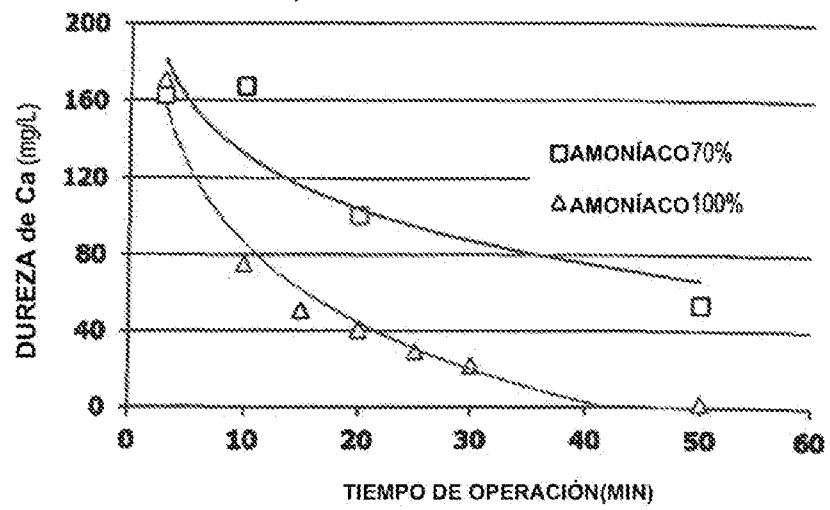


Fig.14C

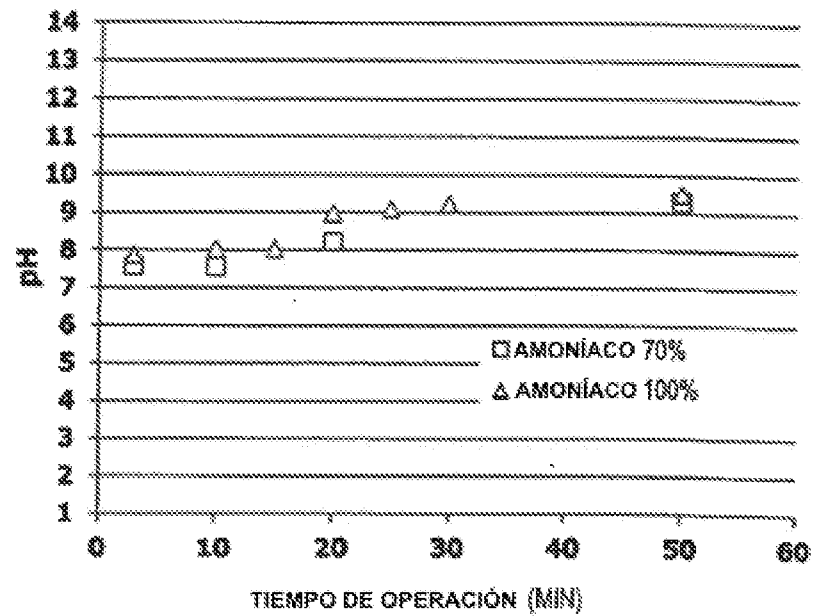


Fig.15A

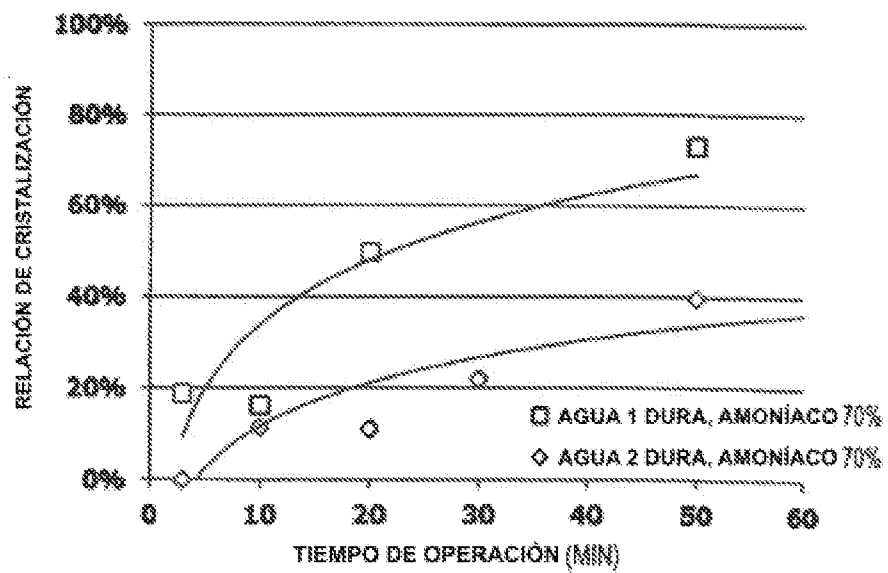


Fig.15B

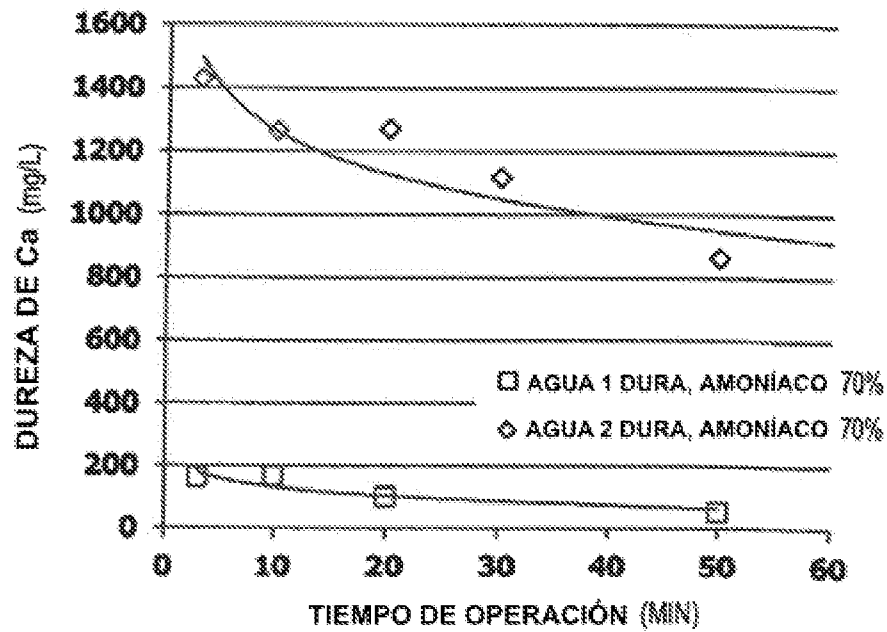


Fig.15C

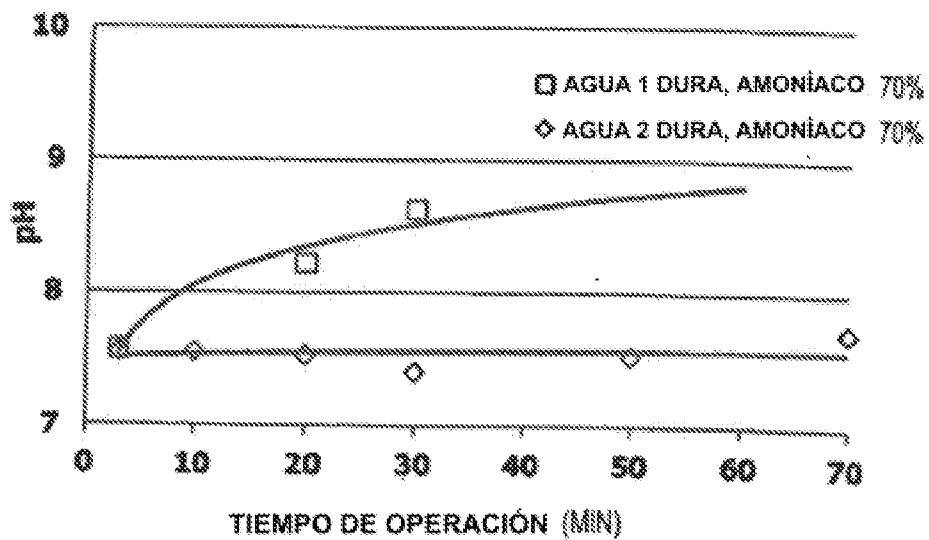


Fig.15D

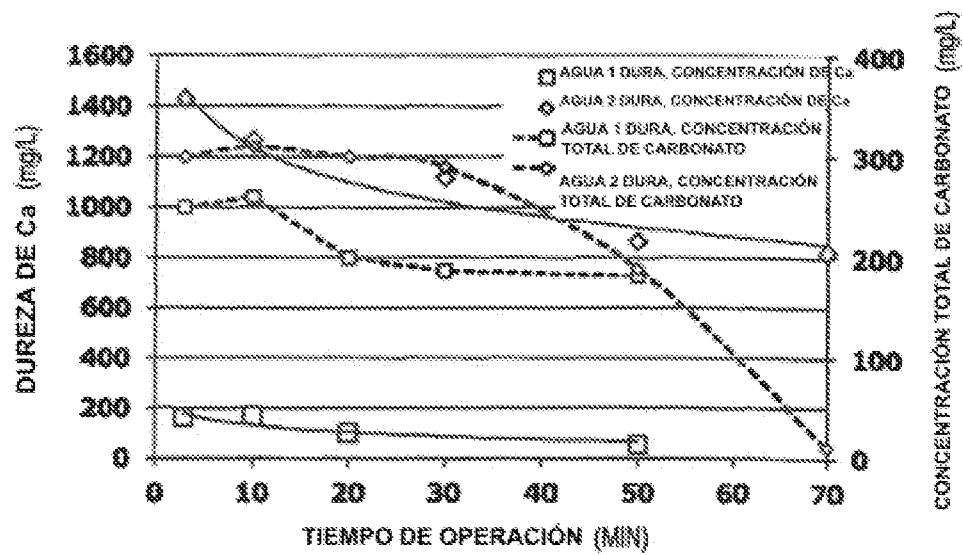


Fig.16

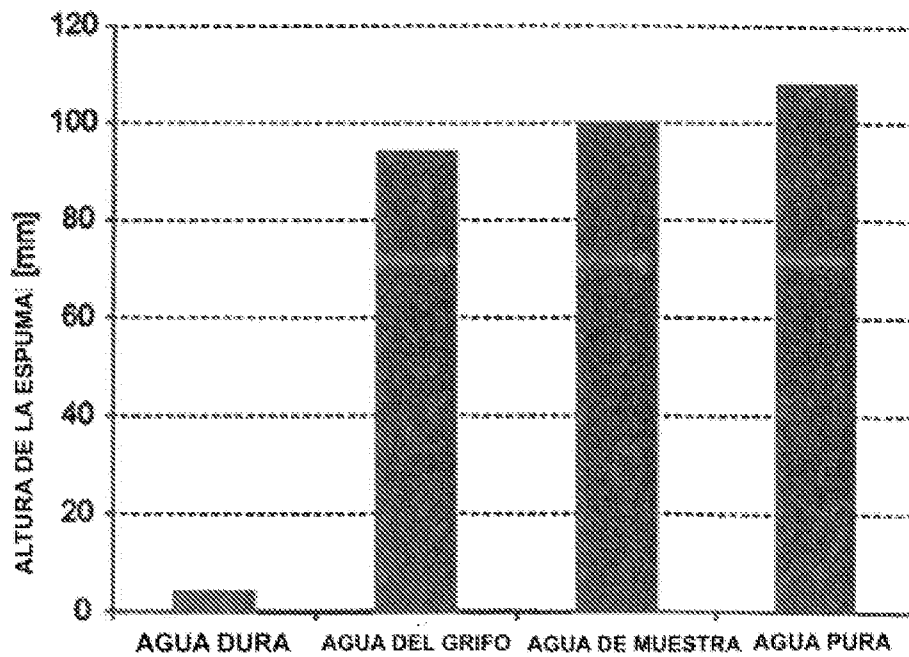


Fig.17A

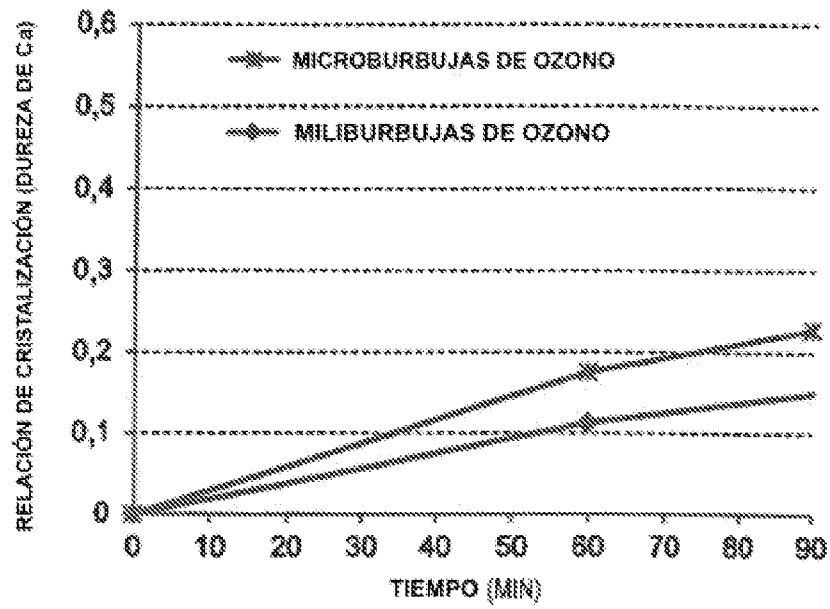


Fig.17B

