

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 808**

51 Int. Cl.:

C02F 1/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.01.2014 PCT/IB2014/058336**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2014 WO14111880**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2014 E 14703436 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2945910**

54 Título: **Dispositivo de tratamiento de líquido**

30 Prioridad:

21.01.2013 FR 1350513

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

06.11.2019

73 Titular/es:

**ISB WATER (100.0%)
35 rue de Bezons
92000 Nanterre, FR**

72 Inventor/es:

**PROFIT, GRÉGOIRE y
PROFIT, ALEXANDRE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 729 808 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

Dispositivo de tratamiento de líquido

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un dispositivo para el tratamiento de un líquido que contiene un gas disuelto, en particular para tratar un líquido de que ha pasado a través de un intercambiador de calor, una torre de enfriamiento, una piscina, especialmente una piscina pública o privada, un circuito de enfriamiento o de climatización, un circuito de calentamiento, un circuito de filtración, un circuito de desmineralización por osmosis inversa, un circuito de agua caliente doméstico o un circuito de distribución de agua potable. Generalmente, la invención se refiere a un dispositivo de tratamiento de un líquido acuoso que contiene un gas disuelto de un circuito de proceso industrial, con o sin aguas residuales, por ejemplo, aguas grises o un lixiviado.

15 Estado de la técnica

En estas aplicaciones, la presencia de ciertas sustancias (sólidas, líquidas o gaseosas) o de microorganismos, conduce a fenómenos indeseables de enfangado y/o incrustación y/o corrosión y/u obturación. Por lo tanto, el líquido debe tratarse periódicamente mediante inyección de aditivos, por ejemplo mediante inyección de desinfectantes, de floculantes, de ácidos o de secuestrantes, incluso vaciarse y reemplazarse periódicamente. Estos tratamientos son caros y a menudo dañinos para el medio ambiente.

Existe por lo tanto una necesidad de una nueva solución de tratamiento que permita resolver, al menos parcialmente, estos problemas.

25 Resumen de la invención

Según la invención, se alcanza este objetivo por medio de un dispositivo para el tratamiento de un líquido que contiene un gas disuelto según la reivindicación 1.

Como se verá más en detalle en lo que sigue de la descripción, tal dispositivo permite, de manera simple y eficaz, tratar el líquido con un consumo reducido de aditivos o incluso sin el uso de aditivos y/o limitar la proporción de renovación de dicho líquido.

35 Sin estar ligados a una teoría, los inventores explican este resultado de la siguiente manera: el reactor hidrodinámico permite, mediante una expansión repentina, hacer evaporarse, mediante cavitación, una porción de los gases disueltos en el líquido, mientras que el separador de gas atrapa las burbujas de gas así formadas antes de que este gas sea disuelto otra vez en el líquido mediante compresión aguas abajo. La tensión del gas en el líquido (es decir, la concentración de gases disueltos) que sale del dispositivo es por lo tanto inferior que la en el líquido que entra al dispositivo.

El dispositivo permite así reducir la presión del gas disuelto y por lo tanto, reducir su poder de perjuicio.

45 La cavitación es un fenómeno bien conocido que es en general temido debido a que modifica considerablemente la estructura y las propiedades de los flujos del líquido. Es mérito del inventor haber diseñado un dispositivo que usa ventajosamente este fenómeno.

Esta desgasificación aguas abajo del reactor hidrodinámico permite en particular eliminar el CO₂ y/o el O₂, creando así, dentro de dicho líquido, nuevas condiciones para el equilibrio fisicoquímico, tal como el equilibrio calco-carbónico, por ejemplo.

Esta desgasificación aguas abajo también permite eliminar gases indeseables, tales como cloraminas y en particular tricloraminas, que son muy nefastas para la salud y que pueden aparecer durante el tratamiento de aguas de piscina.

55 Un dispositivo según la invención puede también comprender uno o más de las características opcionales siguientes:

60 - el separador de gas se conforma de manera que, en dicho separador de gas, el líquido se mantiene bajo presión, y en particular no se expone a la atmósfera, como en una piscina; y/o el líquido no se pone en contacto con un gas exterior (es decir que sólo el gas con el que el líquido está en contacto es el de las burbujas extraídas por cavitación) (especialmente, el líquido no se deposita en un depósito de manera que su superficie libre esté en contacto con la atmósfera);

65 - el separador de gas es un separador coalescente o un filtro de cepillo;

- el reactor hidrodinámico comprende un material dieléctrico susceptible de entrar en contacto con el líquido;

- el reactor hidrodinámico comprende primeros canales delimitados al menos en parte, incluso completamente por un material dieléctrico;

5 - el reactor hidrodinámico comprende, preferentemente aguas abajo del material dieléctrico, medios de separación de partículas en suspensión, en particular medios de decantación y/o un filtro;

10 - el filtro se selecciona del grupo formado por un filtro de cepillo, un filtro de disco, un filtro de medios granulares, una membrana de ultrafiltración, en particular de fibras huecas, una membrana de nanofiltración, especialmente sola o aguas abajo de una membrana de ultrafiltración o una membrana de ósmosis inversa;

15 - el reactor hidrodinámico comprende unos primeros canales, preferentemente delimitados internamente por un material dieléctrico, que desemboca aguas abajo en una cámara de compresión, provocando el paso del líquido en los primeros canales su aceleración y la generación de burbujas de cavitación, antes de que se inyecte en la cámara de compresión, provocando el paso del líquido en la cámara de compresión la implosión de la mayoría de las burbujas de cavitación;

20 - el reactor hidrodinámico comprende unos segundos canales, preferentemente delimitados internamente por un material conductor eléctricamente, preferentemente por zinc, que desembocan aguas arriba en la cámara de compresión, provocando el paso del líquido en los segundos canales su aceleración y la generación de burbujas de cavitación; preferentemente, el reactor hidrodinámico comprende una segunda cámara de compresión en la que desembocan, aguas abajo, los segundos canales, a fin de hacer implosionar una mayoría de las burbujas de cavitación generadas en los segundos canales;

25 - el reactor hidrodinámico comprende un primer bloque que comprende una pluralidad de dichos primeros canales, una cámara de compresión, y preferentemente un segundo bloque que comprende una pluralidad de dichos segundos canales, desembocando los primeros canales y, llegado el caso, los segundos canales, en dicha cámara de compresión de manera que un líquido que entra en el reactor hidrodinámico atraviesa sucesivamente los
30 primeros canales, la cámara de compresión y los segundos canales;

- preferentemente, los primeros canales están delimitados por una pared interna de un material dieléctrico, preferentemente un plástico, preferentemente de politetrafluoretileno (PTFE);

35 - preferentemente, los segundos canales están delimitados por una pared interna de un material conductor eléctricamente apto para servir de ánodo sacrificial a fin de proteger el circuito en el que circula el líquido a tratar;

40 - preferentemente, los primero y segundo bloques se insertan en una caja que presenta una entrada y una salida, entrando todo el líquido en la caja que debe atravesar los primeros canales, la cámara de compresión y los segundos canales antes de salir de la caja;

- preferentemente, la caja está en contacto eléctrico con dicho material conductor eléctricamente;

45 - más del 50% en número de las burbujas generadas en el reactor hidrodinámico presentan un diámetro comprendido entre 0,2 μm y 5 mm, preferentemente comprendido entre 0,2 μm y 2 mm;

- el reactor hidrodinámico es un reactor hidrodinámico descrito en la patente EP-B2-680 457;

50 - un líquido circula en el reactor hidrodinámico, conteniendo este líquido preferentemente al menos un compuesto que contiene un elemento seleccionado del grupo formado por el cloro, el aluminio, el bromo, el cromo o el estroncio, en particular un metal radioactivo.

55 La invención se refiere también a una instalación que comprende, incluso que está constituida, por un circuito en el que se inserta una diana y un dispositivo de tratamiento de un líquido que sale de dicha diana, siendo el dispositivo de tratamiento conforme a la invención e insertándose el separador de gas aguas abajo de dicho reactor hidrodinámico, a una distancia inferior a 1 metro del reactor hidrodinámico.

60 La diana se puede seleccionar en particular del grupo formado por un intercambiador de calor, una torre de refrigeración, una piscina, en particular al aire libre, especialmente una piscina pública o privada, un circuito de enfriamiento o de climatización, un circuito de calentamiento, un circuito de filtración, un circuito de desmineralización por ósmosis inversa, un circuito de agua caliente sanitaria, o un circuito de distribución de agua potable.

65 En un modo de realización, el líquido circula en circuito cerrado en la instalación.

Preferentemente, el líquido se mantiene bajo presión y/o sin contacto con la atmósfera, salvo, eventualmente, en la diana. Preferentemente, la presión es superior a la presión atmosférica en todos los puntos del circuito, salvo, eventualmente, en la diana.

- 5 La invención se refiere finalmente a un procedimiento de tratamiento de un líquido que contiene unos gases disueltos, consistiendo dicho procedimiento en hacer pasar dicho líquido a través de un dispositivo según la invención, en condiciones termodinámicas adaptadas para que el reactor hidrodinámico genere unas burbujas.

Definiciones

- 10 Las posiciones “aguas arriba” y “aguas abajo” se determinan con respecto al sentido de flujo del líquido durante su tratamiento.

Por “que comprende un” se debe comprender “que comprende al menos un” salvo que se indique lo contrario.

- 15 Las expresiones “en particular” o “especialmente” son sinónimos y no son limitativos.

Se denomina “diámetro equivalente” de una sección de área A, el diámetro de una sección circular de área idéntica A. Para una sección circular, el diámetro equivalente es por lo tanto igual al diámetro.

- 20 Se denomina “plano transversal” un plano perpendicular a la dirección principal de flujo del líquido.

Breve descripción de las figuras

- 25 Otras características y ventajas de la invención aparecerán también a la lectura de la descripción detallada siguiente y al examen de los dibujos anexos, proporcionados con fines ilustrativos y no limitativos. En este diseño,

- la figura 1 representa esquemáticamente una instalación según la invención;

- 30 - la figura 2 representa, en corte longitudinal, un ejemplo de reactor hidrodinámico que puede utilizarse en un dispositivo según la invención;

- la figura 3 representa un ejemplo de separador de gas de coalescencia;

- 35 - La figura 4 ilustra los fenómenos de cavitación y de implosión de las burbujas de cavitación.

En las diferentes figuras, unos elementos idénticos o análogos se señalaron con las mismas referencias.

Descripción detallada

- 40 La figura 1 representa una instalación 10 según la invención que comprende un circuito 12 cerrado en el que circula un líquido L. Una diana, en este caso un radiador 16, y un dispositivo de tratamiento 20 según la invención se insertan en el circuito 12, estando el dispositivo de tratamiento 20 aguas arriba de la diana.

- 45 El dispositivo de tratamiento 20 comprende un conducto 22 en el que se insertan, desde aguas arriba hacia aguas abajo (determinándose aguas arriba y aguas abajo por el sentido de circulación del líquido en el conducto 22), un reactor hidrodinámico 25, un separador de gas 30 y un filtro 31. La instalación 10 comprende también una bomba 32, insertada aguas arriba o aguas abajo del dispositivo de tratamiento 20, que permite poner en circulación el líquido L.

- 50 El circuito 12 puede estar abierto, semi-abierto o cerrado, como se representa, con o sin complemento de líquido, con o sin poner en contacto el líquido con la atmósfera.

- 55 La instalación 10 no está limitada y puede ser en particular una instalación de agua fría general, de agua caliente sanitaria, de agua de calefacción, de agua de climatización, de agua de enfriamiento, de agua potable, de agua industrial, de agua de riego y/o de irrigación, de agua de protección contra incendio, de agua de piscina o de cubeta de baño y de reeducación. Esta instalación puede estar en un edificio residencial o terciario, por ejemplo, un hospital o una escuela.

- 60 Reactor hidrodinámico

Cualquier dispositivo capaz de producir una caída repentina de la presión en el líquido a fin de crear, por cavitación, unas burbujas, en particular unas microburbujas, puede utilizarse como reactor hidrodinámico 25.

- 65 El reactor hidrodinámico comprende una porción en la que la sección de paso es menos elevada que la del conducto en el que se inserta el reactor hidrodinámico.

Preferentemente, el reactor hidrodinámico comprende al menos dos de tales porciones.

5 Una simple expansión del líquido por reducción de su sección de paso no es suficiente sin embargo para crear la cavitación si el flujo sigue siendo laminar. La expansión debe por lo tanto ser repentina a fin de crear una fuerte turbulencia y unos gradientes de presión localmente muy elevados.

10 Preferentemente, el reactor hidrodinámico es pasivo, es decir que no comprende consumidor energético, y en particular un motor. Más preferentemente, el reactor hidrodinámico no comprende pieza móvil.

El reactor hidrodinámico puede comprender, en particular, una zona de aceleración constituida de uno o varios primeros canales que desembocan aguas arriba en una cámara aguas arriba, acelerándose el líquido entre la cámara aguas arriba y los primeros canales.

15 Preferentemente, la relación S''/Σ'' puede ser superior a 2, superior a 5, superior a 10, superior a 20, superior a 50, superior a 100, incluso superior a 200 y/o inferior a 1000, inferior a 500, inferior a 400, incluso inferior a 300,

20 - designando S'' la sección de la cámara aguas arriba medida en un plano transversal inmediatamente aguas arriba de la región en la que los primeros canales desembocan en la cámara aguas arriba;

- designando Σ'' la suma de las secciones transversales de dichos primeros canales medidas en un plano transversal inmediatamente aguas abajo de la región en la que desembocan en la cámara aguas arriba.

25 Los primeros canales pueden presentar una sección longitudinal convergente, por ejemplo en forma de tobera, a fin de acelerar progresivamente el flujo.

30 Los primeros canales son preferentemente paralelos los unos a los otros. Pueden ser rectilíneos o no. En particular, pueden extenderse según la dirección del flujo del líquido. El número de primeros canales es preferentemente superior a 3, superior a 5, superior a 10, superior a 20, superior a 30 y/o inferior a 200, inferior a 150, inferior a 100, inferior a 80, inferior a 60. La sección transversal de los canales puede ser cualquiera, por ejemplo, circular. En un modo de realización, los primeros canales presentan una sección transversal sustancialmente constante sobre toda su longitud.

35 El diámetro interno equivalente de los primeros canales es preferentemente superior a 2 mm, superior a 10 mm, incluso superior a 15 mm o superior a 20 mm y/o inferior a 50 mm, inferior a 40 mm, inferior a 35 mm. Es muy adecuado un diámetro interior equivalente de aproximadamente 30 mm.

40 La longitud de los primeros canales es preferentemente superior a 20 mm, superior a 30 mm y/o inferior a 50 mm, inferior a 40 mm.

Por supuesto, el reactor hidrodinámico puede ser adecuado para provocar una cavitación generadora de burbujas de diferentes gases disueltos.

45 Preferentemente, el reactor hidrodinámico está configurado para generar sólo unas burbujas microscópicas.

En un modo de realización, el dispositivo de tratamiento comprende un calentador, insertado aguas arriba de los primeros canales, capaz de aumentar la temperatura del líquido que entra en estos últimos a fin de mejorar la eficacia.

50 Calentar el líquido es no obstante generalmente costoso.

55 En un modo de realización preferido, el líquido que sale de los primeros canales entra en una cámara de compresión. Como se verá más en detalle a continuación de la descripción, la cámara de compresión contribuye a la implosión de las burbujas de cavitación y a la creación de reacciones ventajosas.

Preferentemente, la longitud de la cámara de compresión, medida según la dirección del flujo, y en el sistema de coordenadas reducidas de EULER, es superior a $0,5 \cdot L_1$ y/o inferior a $2 \cdot 0,5 \cdot L_1$, siendo L_1 la longitud de dichos primeros canales relativos a la cámara de compresión en cuestión.

60 Preferentemente, la cámara de compresión presenta un volumen superior a $0,0001 \text{ dm}^3$, superior a $0,001 \text{ dm}^3$, superior a $0,01 \text{ dm}^3$, superior a $0,1 \text{ dm}^3$ y/o inferior a 20 dm^3 , inferior a 10 dm^3 , inferior a 1 dm^3 .

65 La relación s/Σ puede ser superior a 2, superior a 5, superior a 10, superior a 20, superior a 50, superior a 100, incluso superior a 200 y/o inferior a 1000, inferior a 500, inferior a 400, incluso inferior a 300,

- designando S la sección de la cámara de compresión medida en un plano transversal inmediatamente aguas abajo de la región en la que los primeros canales desembocan en la cámara de compresión;

5 - designando Σ la suma de las secciones transversales de dichos primeros canales medidas en un plano transversal inmediatamente aguas arriba de la región en la que desembocan en la cámara de compresión.

Una relación de S/Σ elevada permite ventajosamente la creación de micro-chorros en la embocadura de los primeros canales, muy eficaces para generar la cavitación.

10 Para calcular la relación S/Σ , se toman en consideración todos los primeros canales en cuestión.

Si el dispositivo comprende varias zonas de aceleración en las que se produce la cavitación, éste comprende preferentemente unas cámaras de compresión respectivas, aguas abajo de cada una de estas zonas de aceleración. Todas las cámaras de compresión pueden presentar una relación S/Σ sustancialmente idéntica.

15 Preferentemente, el reactor hidrodinámico comprende un material dieléctrico dispuesto para estar en contacto con el líquido, preferentemente en una región en la que el líquido circula a velocidad elevada. Preferentemente, dichos primeros canales están delimitados por una pared interna en un tal material dieléctrico. Los primeros canales pueden estar dispuestos en un bloque de dicho material dieléctrico.

20 El material dieléctrico es preferentemente un plástico, por ejemplo politetrafluoretileno (PTFE), nylon, polipropileno, policloruro de vinilo (PVC) o una mezcla de estos materiales. Otros materiales dieléctricos, por ejemplo de cerámica, pueden también utilizarse en la medida en la que permiten, por la circulación del líquido, generar una carga eléctrica estática por tribo-electrificación.

25 El PTFE es el material dieléctrico preferido. Este material dieléctrico evita en efecto a la materia sólida del líquido adherir a la superficie del material dieléctrico.

30 El reactor hidrodinámico comprende preferentemente una parte de un material conductor eléctricamente, dispuesta a lo largo del recorrido del líquido a fin de crear, por efecto galvánico, unos fenómenos de oxidorreducción.

Más preferentemente, el material conductor eléctricamente es el zinc.

35 El reactor hidrodinámico puede comprender en particular una pluralidad de segundos canales delimitados por una pared interna de dicho material conductor eléctricamente. Los segundos canales pueden fabricarse de un bloque de dicho material conductor eléctricamente. En un modo de realización, la cámara de compresión está dispuesta, a lo largo de la trayectoria del líquido, entre los primeros canales y los segundos canales, o recíprocamente, entre los segundos canales y los primeros canales.

40 Los segundos canales, como los primeros canales, pueden ser el origen de las burbujas de cavitación. Pueden ser paralelos los unos a los otros. Puede ser rectilíneos o no. En particular, pueden extenderse según el eje longitudinal del reactor hidrodinámico. El número de segundos canales es preferentemente superior a 2, superior a 3, superior a 5, superior a 10, superior a 20, superior a 30 y/o inferior a 100, inferior a 80, inferior a 60. La sección transversal de los segundos canales puede ser cualquiera, por ejemplo, circular. En un modo de realización, los segundos canales presentan una sección transversal sustancialmente constante sobre toda su longitud.

45 El diámetro interno equivalente de los segundos canales es preferentemente superior a 2 mm, superior a 4 mm, incluso superior a 5 mm y/o inferior a 15 mm, inferior a 13 mm, inferior a 10 mm, inferior a 8 mm, incluso inferior a 7 mm.

50 En un modo de realización, el diámetro interno equivalente de los segundos canales es superior, incluso 1,1, 1,5, 2 o 3 veces superior al de los primeros canales.

55 La longitud de los segundos canales es preferentemente superior a 20 mm, superior a 30 mm y/o inferior a 50 mm, inferior a 40 mm.

La cámara de compresión es preferentemente común a varios primeros y/o segundos canales, incluso común al conjunto de los primeros y/o segundos canales.

60 Preferentemente, los primeros canales no desembocan en frente de los segundos canales, lo que impide al líquido que sale de un primer canal y que ha atravesado la cámara de compresión, entrar en un segundo canal siguiendo un camino rectilíneo.

65 Los primeros canales, opcionalmente los segundos canales, y la cámara de compresión, se agrupan dentro del reactor hidrodinámico.

El reactor hidrodinámico puede comprender una caja que comprende una entrada y una salida para el líquido.

5 La caja puede comprender un cuerpo, preferentemente cilíndrico, y una o varias tapas de extremo, por ejemplo atornilladas sobre el cuerpo. Las tapas de extremo pueden definir en particular las entrada y salida del reactor hidrodinámico. La longitud de una tapa de extremo no está limitada.

10 Preferentemente, el reactor hidrodinámico comprende unas conexiones que permiten la conexión de la entrada y/o de la salida a una canalización, por ejemplo una brida provista de orificios de pernos apta para cooperar con una brida correspondiente de dicha canalización, o una parte macho o hembra a atornillar sobre una parte hembra o macho, respectivamente, de dicha canalización. Las uniones pueden ser solidarias de las tapas de extremo eventuales.

15 La caja, y en particular una o varias tapas de extremo, pueden ser de un material conductor eléctricamente, en particular de acero.

En sus extremos longitudinales, el primer bloque está delimitado por una cara aguas arriba y una cara aguas abajo, al siendo al menos una de dichas caras aguas arriba y abajo preferentemente cóncava.

20 El primer bloque puede estar constituido, en particular, de dicho material dieléctrico.

25 La caja puede contener un primer bloque que define una pluralidad de primeros canales delimitados lateralmente, al menos parcialmente, por una pared de un material dieléctrico, y que desemboca, del lado de la salida, en una cámara de compresión, estando dichos primeros canales dispuestos de manera que el líquido atraviese el reactor hidrodinámico desde la entrada hasta la salida atravesando al menos un primer canal y la cámara de compresión.

La caja puede también contener un segundo bloque que define una pluralidad de segundos canales delimitados lateralmente, al menos parcialmente, por una pared de un material conductor eléctricamente. El segundo bloque puede estar constituido, en particular, de dicho material conductor eléctricamente.

30 En sus extremos longitudinales, el segundo bloque está delimitado por una cara aguas arriba y una cara aguas abajo, siendo al menos una de dichas caras aguas arriba y abajo preferentemente cóncava.

35 El segundo bloque puede estar dispuesto aguas arriba o aguas abajo del primer bloque, siempre que se fabrique una cámara de compresión en el interior de dicha caja. La cámara de compresión puede estar dispuesta en particular entre los primero y segundo bloques o aguas abajo del bloque más aguas abajo en la caja. En el modo de realización preferido, los primero y segundo bloques están dispuestos de manera que el líquido atraviese sucesivamente los primeros canales, una cámara de compresión en la que desembocan todos los primeros y segundos canales, y después los segundos canales.

40 Las aberturas por las cuales los primeros y/o los segundos canales desembocan, en particular en la cámara de compresión, son preferentemente afiladas a fin de promover un flujo turbulento.

45 Los primeros y segundos canales de los primero y segundo bloques pueden presentar una o varias de las características opcionales de los primeros y segundos canales descritos anteriormente de manera general. Los materiales dieléctricos y conductor eléctricamente pueden también seleccionarse entre los materiales citados anteriormente.

50 Preferentemente, el reactor hidrodinámico comprende unos medios de posicionamiento de los primero y segundo bloques en la caja. Estos medios pueden comprender unos topes de posicionamiento longitudinal y/o angular (alrededor del eje longitudinal), preferentemente unos medios de ranura de posicionamiento. Ventajosamente, las aberturas aguas abajo de los primeros canales pueden posicionarse así precisa y rápidamente con respecto a las aberturas aguas arriba de los segundos canales que desembocan en la misma cámara de compresión.

55 En una variante, o en complemento, el reactor hidrodinámico puede comprender unos medios mecánicos para aumentar la precisión del contacto eléctrico y la presión de contacto entre dicho material conductor de los segundos canales y un constituyente metálico de la caja del reactor hidrodinámico. Preferentemente, el contacto eléctrico entre el material conductor que define los segundos canales metálicos y un constituyente metálico de la caja del reactor hidrodinámico se garantiza por sujeción. Preferentemente, el segundo bloque está en apoyo sobre una tapa de extremo enroscada sobre el cuerpo cilíndrico de la caja. Preferentemente, este enroscado permite ajustar la presión de contacto entre el segundo bloque y la tapa de extremo. Más preferentemente, el segundo bloque presenta un exceso de longitud de manera que, durante el enroscado del tapón de extremo, una arista de dicho segundo bloque incide el tapón de extremo.

65 Preferentemente, dicho contacto eléctrico está seco, es decir que la zona de contacto eléctrico no está en contacto con el líquido que circula en el reactor hidrodinámico. Para este fin, unas juntas de estanqueidad pueden estar dispuestas para aislar esta zona de contacto. Por ejemplo, unas primera y segunda juntas tóricas pueden estar

dispuestas entre la caja y el segundo bloque, por ejemplo, cerca de las caras aguas arriba y aguas abajo del segundo bloque.

El segundo bloque puede estar en apoyo elástico sobre el tapón de extremo.

5 En un modo de realización, un segundo bloque está dispuesto a nivel de la unión entre el cuerpo de la caja y una tapa de extremo, a fin de solapar dicha unión.

10 El número de primeros y/o segundos bloques es preferentemente superior a 1, superior a 2 o superior a 3 y/o inferior a 10, inferior a 7 o inferior a 5.

15 En un modo de realización, el reactor hidrodinámico comprende sucesivamente, desde aguas arriba hacia aguas abajo, un primer bloque, una cámara de compresión, un segundo bloque, una cámara de compresión, un primer bloque, una cámara de compresión, un segundo bloque, una cámara de compresión, un primer bloque y una cámara de compresión.

En un modo de realización, el reactor hidrodinámico comprende un segundo bloque en cada extremo de la caja, preferentemente cada uno en contacto con una tapa de extremo respectiva.

20 En un modo de realización, el reactor hidrodinámico comprende un primer bloque y dos segundos bloques, estando el primer bloque dispuesto entre los dos segundos bloques.

25 El reactor hidrodinámico puede ser, por ejemplo, uno de los reactores hidrodinámicos descritos en la patente EP-B2-680 457 o en WO 2011 033476, y especialmente el reactor hidrodinámico comercializado bajo la denominación IONSCALE BUSTER® (ISB) por la compañía ISB WATER.

La figura 2 representa esquemáticamente tal reactor hidrodinámico 110.

30 El reactor hidrodinámico 110, de eje longitudinal X, comprende una caja 111 provista de una entrada 112 y de una salida 114.

35 La caja 111 contiene sucesivamente, desde aguas arriba hacia aguas abajo, un primer bloque 116 de un material dieléctrico y un segundo bloque 118 de un material conductor eléctricamente. Preferentemente, la caja 111 es de un material conductor eléctricamente y está conectada eléctricamente con el ánodo sacrificial de material conductor que constituye el segundo bloque 118.

Los primeros y segundo bloques están agujereados longitudinalmente de primeros y segundos canales, referenciados 120 y 122, respectivamente.

40 Los primeros canales desembocan aguas arriba, hacia la entrada 112, en una cámara aguas arriba 123, por unas aberturas "aguas arriba" 120₁ y aguas abajo, en una primera cámara de compresión 124 cilíndrica, por unas aberturas "aguas abajo" 120₂.

45 Los segundos canales 122 desembocan aguas arriba hacia la primera cámara de compresión 124, por unas aberturas "aguas arriba" 122₁, y hacia aguas abajo, hacia la salida 114, en una segunda cámara de compresión 125 por unas aberturas "aguas abajo" 122₂.

50 El diámetro de la cámara aguas arriba 123 y de la primera cámara de compresión 124 puede ser de 270 mm. Todos los primeros canales, en número de 9, pueden presentar un diámetro interno de 6,3 mm.

La relación S/Σ es por lo tanto de aproximadamente 200,

55 - designando S la sección de la primera cámara de compresión 124 medida en un plano transversal P_s inmediatamente aguas abajo de las aberturas "aguas abajo" 120₂ de los primeros canales;

- designando Σ la suma de las secciones transversales de dichos primeros canales medidas en un plano transversal P_Σ inmediatamente aguas arriba de estas aberturas "aguas abajo".

60 La segunda cámara de compresión 125 y las aberturas aguas abajo 122₂ de los segundos canales pueden presentar una configuración similar, incluso idéntica, a la de la cámara de compresión 124 y unas aberturas aguas abajo 120₂ de los primeros canales descritos anteriormente.

Por otro lado, todos los segundos canales, en número de 3, pueden presentar un diámetro interno de 9 mm.

65 La relación S'/Σ' ,

- designando S' la sección de la primera cámara de compresión 124 medida en un plano transversal $P_{S'}$ inmediatamente aguas arriba de las aberturas "aguas arriba" 122₁ de los segundos canales,

5 - designando Σ' la suma de las secciones transversales de dichos segundos canales medidas en un plano transversal $P_{\Sigma'}$ inmediatamente aguas abajo de estas aberturas "aguas arriba",

puede ser superior a 2, superior a 5, superior a 10, superior a 20, superior a 50, superior a 100, incluso superior a 200 y/o inferior a 1000, inferior a 500, inferior a 400, incluso inferior a 300.

10 Una relación de S'/Σ' elevada permite ventajosamente la creación de una contra-presión significativa en la embocadura de los segundos canales, muy eficaz para suprimir las burbujas de cavitación generadas por los primeros canales en la entrada de la cámara de compresión.

15 La primera cámara de compresión 124 es cilíndrica, $S'=S$.

Para calcular la relación S'/Σ' , se toma en consideración todos los segundos canales en cuestión.

20 Si el reactor hidrodinámico comprende varias cámaras de compresión, todas las cámaras de compresión del reactor hidrodinámico pueden presentar una relación S'/Σ' sustancialmente idéntica.

La cámara aguas arriba 123 y las aberturas aguas arriba 120₁ de los primeros canales pueden presentar una configuración similar, incluso idéntica, a la de la cámara de compresión 124 y unas aberturas aguas arriba 122₁ de los segundos canales descritos anteriormente.

25 Todos los primeros y segundos canales se extienden sustancialmente según el eje X.

Separador de gas

30 Las burbujas formadas en el reactor hidrodinámico, eventualmente divididas durante el paso de la cámara de compresión, se captan después en el separador de gas 30.

35 Las condiciones generadoras de cavitación desaparecen rápidamente después de que el líquido haya penetrado en la cámara de compresión y las burbujas se vuelvan a disolver por lo tanto en el líquido. El separador de gas está por lo tanto dispuesto aguas abajo del reactor hidrodinámico, preferentemente a una distancia inferior a 2 metros, inferior a 1 metro, inferior a 0,5 metro, inferior a 0,2 metro, incluso en contacto con el reactor hidrodinámico.

Puede utilizarse cualquier dispositivo que permite extraer las burbujas fuera del líquido:

40 - separador de gas atmosférico: el separador de gas atmosférica permite poner contacto el líquido con aire, lo que conduce en particular a la eliminación del CO₂ disuelto, sobre todo por que el líquido está finamente dividido y el aire se renueva rápidamente;

45 - separador de gas térmico: la pulverización del líquido en una contracorriente de vapor a unas temperaturas próximas a 105°C, permite la eliminación casi total de los gases disueltos contenidos en el líquido;

50 - desgasificación por depresión o extracción al vacío: la desgasificación al vacío se utiliza a temperaturas por debajo del punto de ebullición atmosférica. El líquido se reduce a finas gotitas, lo que favorece la desgasificación de los gases disueltos.

En el separador de gas, el líquido se mantiene preferentemente bajo presión. Preferentemente, en el separador de gas, el líquido se mantiene móvil. Preferentemente, en el separador de gas, el líquido no presenta una superficie horizontal de contacto con un gas, como en una piscina, por ejemplo.

55 En particular, el separador de gas puede ser un separador de coalescencia:

Los separadores de coalescencia pueden construirse de manera simple y muy compacta.

Son muy convenientes para la desgasificación de los circuitos cerrados en funcionamiento.

60 Estos separadores combinan diversos principios de funcionamiento:

- disminución de la velocidad de flujo,

- colocación de dispositivos para optimizar el papel de las fuerzas ascensionales (Arquímedes) y la separación centrífuga,

- presencia de cuerpos extraños adaptados para favorecer la coalescencia.

5 Dentro de un separador de coalescencia, las burbujas de gas acumuladas fusionan entre sí, según el fenómeno bien conocido de la coalescencia, formando así unas burbujas de tamaños más grandes que, bajo la fuerza de empuje de Arquímedes, suben hasta una interfaz del líquido en el que se pueden evacuar de dicho líquido.

10 En un modo de realización representado en la figura 3, el separador de coalescencia 130 comprende un depósito 132, preferentemente vertical, por ejemplo cilíndrico, provisto de una entrada de líquido 134, una salida de líquido 136 y una salida de gas 138.

15 La entrada de líquido desemboca preferentemente de manera sustancial tangencialmente en el depósito. Preferentemente, el separador comprende unas aletas de guiado de admisión 140 dispuestas para mejorar la centrifugación del líquido entrante.

20 La salida de gas, destinada a la evacuación de los gases extraídos, está dispuesta preferentemente en la parte superior del depósito.

La salida de líquido está dispuesta preferentemente en la parte inferior del depósito y se prolonga, en el interior del depósito, por un cilindro interno 142, que se extiende hasta una altura, medida desde el fondo del depósito, que corresponde a aproximadamente los 2/3 de la altura del depósito.

25 El depósito puede también estar provisto de un orificio de purga 144 dotado de una válvula de aislamiento 146, colocado en la parte inferior del depósito y destinado a facilitar las operaciones de vaciado y de purga del depósito.

30 El depósito se llena parcialmente de un material de relleno 148 destinado a favorecer el fenómeno de coalescencia de las burbujas de gas. El material de relleno puede estar dispuesto en el volumen definido por la cubierta del depósito, el cilindro interno y unas placas de soporte superior 150 e inferior 152, preferentemente perforadas. Preferentemente, las placas de soporte superior e inferior están situadas desde la bóveda y el fondo del depósito respectivamente, a aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la altura del depósito.

35 El material de relleno puede comprender en particular unos anillos de RASCHIG, por ejemplo, comercializados por Pall Corporation (Pall-Rings).

40 El depósito presenta preferentemente un diámetro interno suficientemente grande para disminuir sustancialmente la velocidad de paso del líquido tratado, preferentemente a fin de asegurar una velocidad inferior a 3 m/s, inferior a 2 m/s, incluso inferior a 1 m/s.

El tamaño de los elementos de material de relleno está adaptado al volumen interno del separador y a las condiciones de servicio dictadas por la diana.

45 Los gases así captados pueden expulsarse al exterior del circuito, preferentemente con la ayuda de un purgador automático 154.

Medios de separación de partículas en suspensión

50 Para separar las partículas en suspensión, se pueden utilizar especialmente unos medios de decantación o un filtro.

55 El filtro 31, dispuesto aguas abajo del reactor hidrodinámico, permite extraer unas partículas en suspensión. El principio de la filtración es proporcionar una barrera física al paso de las partículas cuyo tamaño es superior al umbral de filtración. La filtración mejora la calidad de los líquidos, y así protege los equipamientos y limita los riesgos de incrustación, de enfangado y de corrosión, así como la bio-proliferación de los microorganismos como las algas y las bacterias.

60 El filtro 31 puede estar dispuesto especialmente entre el reactor hidrodinámico y el separador de gas o aguas abajo del separador de gas, preferentemente aguas abajo del separador de gas, preferentemente en línea a fin de tratar la totalidad del caudal ("in-line"). Una parte del caudal puede, no obstante, desviarse sobre un circuito de tratamiento paralelo ("on-line").

65 El filtro puede seleccionarse en particular del grupo formado por un filtro de cepillo, un filtro de disco, un filtro de medios granulares, una membrana de ultrafiltración, una membrana de nanofiltración, en particular sola o aguas abajo de una membrana de ultrafiltración, y una membrana por ósmosis inversa.

5 Un filtro de cepillo permite eliminar mecánicamente las partículas mediante el paso del líquido a través de las fibras de un cepillo instalado en un cárter. Un filtro de cepillo es muy adecuado para la filtración de partículas cuyo tamaño es superior a 100 μm . Preferentemente, un filtro de cepillo se utiliza para instalaciones residenciales y terciarias, EFG (agua fría general), ECS (agua caliente sanitaria), calentamiento y climatización, o para pequeños circuitos de enfriamiento.

10 Un filtro de discos permite eliminar mecánicamente las partículas por paso del líquido a través de los apilamientos de discos ranurados, por ejemplo, de polipropileno. Un filtro de discos es muy adecuado para la filtración de partículas cuyo tamaño está comprendido entre 20 μm y 200 μm . Preferentemente, un filtro de discos se utiliza para instalaciones de agua potable, de agua de riego y/o de irrigación, de agua de protección para incendio, de agua industrial o de enfriamiento, o para grandes instalaciones residenciales y terciarias, por ejemplo, para hospitales o escuelas.

15 Un filtro de medios granulares permite eliminar mecánicamente las partículas mediante el paso del líquido a través de un granulado dispuesto en un cárter bajo presión. Los contaminantes se eliminan por retención y/o adsorción en función del medio filtrante. Un filtro de medios granulares es muy adecuado para la filtración de agua de piscinas y de cubetas de baños o de reeducación, de aguas de torres y de circuitos de refrigeración, o de agua en la que la contaminación por unas partículas coloidales es importante.

20 Una membrana de ultrafiltración permite eliminar las partículas en suspensión, las bacterias y los virus, así como las moléculas orgánicas más grandes. Una membrana de ultrafiltración es muy adecuada para la filtración de partículas cuyo tamaño es de aproximadamente 0,01 micrómetro. Preferentemente, se utiliza un módulo de tipo PES – 7 boros – interior / exterior. Una membrana de ultrafiltración permite en particular eliminar el CaCO_3 presente en forma precoz, precipitado de manera forzada en el reactor hidrodinámico, y después estabilizado en el separador de gas.
25 Resulta ventajosamente una disminución de TH en el líquido. Una membrana de ultrafiltración es muy adecuada para la filtración de agua potable, de agua de instalaciones residenciales y terciarias, EFG, ECS, agua de calefacción y/o de climatización, o de pequeños circuitos de enfriamiento, de agua de riego y/o de irrigación, de agua de protección contra incendio, de agua industrial o de enfriamiento, de agua de circuitos primarios de instalaciones nucleares, o de otros líquidos acuosos contaminados por unos contaminantes radioactivos, o para grandes
30 instalaciones residenciales y terciarias, por ejemplo para unos hospitales o escuelas.

Funcionamiento

35 El funcionamiento del dispositivo es el siguiente:

El líquido L está arrastrado por la bomba 14 en el circuito 12.

40 El líquido L que proviene de la diana 16 penetra en el reactor hidrodinámico 110 en el que su flujo se modifica a fin de crear un flujo turbulento susceptible de crear localmente cavitación.

45 Más precisamente, el líquido a tratar penetra en el reactor hidrodinámico 110 por la entrada 112 (flecha F representada en la figura 2) y la cámara aguas arriba 123.

El líquido transita entonces por los primeros canales 120 dispuestos en el primer bloque 116 de material dieléctrico.

50 La entrada en los primeros canales se acompaña de una aceleración brutal del líquido, de una disminución de la presión, que conducen a la aparición de cavitación. Las condiciones de trabajo (caudal, presión) se determinan para que la expansión provoque cavitación. Con un reactor hidrodinámico IONSCALE BUSTER[®], la velocidad del líquido en la entrada del reactor hidrodinámico (en la cámara aguas arriba 123) es preferentemente superior a 2 m/s y/o inferior a 15/ms, inferior a 12 m/s, inferior a 10 m/s, inferior a 8 m/s, incluso inferior a 6 m/s, incluso inferior a 4 m/s, y la presión en la entrada del reactor hidrodinámico es preferentemente superior a 1 bar y/o inferior a 20 bar, inferior a 10 bar, incluso inferior a 5 bar.

55 El libro "CAVITATION AND BUBBLE DYNAMICS" de Christopher Earls Brennen en las ediciones Oxford University Press, 1995 describe las condiciones que permiten obtener la cavitación hidrodinámica.

60 La cavitación es un fenómeno bien conocido que resulta de una caída de presión local en un líquido debido a una modificación geométrica del flujo de este líquido. Se utiliza en particular para obtener unos sistemas dispersos libres o emulsionados.

La cavitación conduce a la formación de burbujas de cavitación, llenas de gas, en el interior del flujo de líquido y/o sobre la capa en límite de las paredes del reactor hidrodinámico en el que se efectúa el flujo, como se representa en la figura 4.

65 Si la presión disminuye hasta un valor por debajo del cual el líquido alcanza un punto de ebullición, se forma un gran número de burbujas de cavitación.

5 Es la ley de Henry que permite cuantificar el fenómeno físico de liberación de un gas contenido en un líquido, y que demuestra que a medida que aumenta la temperatura y/o baja la presión, el líquido puede liberar más gases disueltos. Esta liberación de gases disueltos se presenta en forma de burbujas cuyo tamaño puede variar de algunas decenas de micrómetros hasta algunos milímetros.

La capacidad de un reactor hidrodinámico para crear unas burbujas por cavitación depende de numerosos factores de los cuales los principales son:

- 10 - la tensión del o de los gases disueltos en el líquido,
- la naturaleza y las características fisicoquímicas del o de los gases presentes en el líquido;
- 15 - la temperatura del líquido;
- la presión del líquido,
- la geometría del reactor hidrodinámico,
- 20 - el caudal o la velocidad de paso del líquido.

La presencia de deflectores permite ventajosamente generar unas contracciones locales muy intensivas del flujo, favorables a la cavitación. En efecto, cuando el flujo de líquido supera el punto de contracción generado por un deflector, el flujo de líquido entra en una zona de presión reducida, lo que favorece el fenómeno de cavitación hidrodinámico.

La intensidad de la cavitación está unida a las condiciones de funcionamiento por el número de cavitación C_v .

El número de cavitación C_v puede expresarse de la manera siguiente: $C_v = \frac{P_2 - P_v}{\frac{1}{2} \rho_L v_o^2}$ en la que:

- 30 - P_2 es la presión aguas abajo del reactor hidrodinámico,
- P_v es la presión de vapor del líquido L a la temperatura de funcionamiento,
- 35 - v_o es la velocidad media del líquido L en el reactor hidrodinámico,
- ρ_L es la densidad del líquido

El número de cavitación para el cual el fenómeno de cavitación empieza a aparecer es $C_v = 1$.

40 Los efectos del fenómeno de cavitación serán aún más importantes si el valor de C_v es bajo.

La optimización de los fenómenos de cavitación en un reactor hidrodinámico se basa en la aplicación clásica de los modelos teóricos que describen los flujos de los líquidos en las toberas y los sistemas Venturi.

45 Los modelos teóricos mejor adaptados son los modelos que se refieren a los flujos difásicos. Un flujo de burbujas a través de un Venturi puede modelizarse a partir de las ecuaciones de conservación de la masa y la cantidad de movimiento de las dos fases en presencia, asociadas a la ecuación dinámica de la burbuja. La resolución numérica de este sistema permite estudiar la influencia de la variación del radio del cuello del Venturi y el efecto de porcentaje de vacío inicial sobre la evolución axial del radio de la burbuja, de la presión de la mezcla gas-líquido y de la velocidad de flujo.

50 Preferentemente, el reactor hidrodinámico está configurado para generar unas burbujas que presentan, para más del 50% en número, un diámetro comprendido entre 0,2 μm y 2 mm.

55 En la práctica, la cavitación toma lugar a partir de "núcleos" o "gérmenes". Estos puntos de partida de cavitación están constituidos por unas oclusiones gaseosas dentro del líquido, a saber unas microburbujas libres, partículas gaseosas enganchadas a unas impurezas sólidas en suspensión, o atrapadas en las grietas de paredes sólidas, etc. Según las condiciones termodinámicas del flujo y la geometría de dichos primeros canales, estos núcleos pueden

60 crecer de manera más o menos explosiva. En particular, en presencia de una tensión en un gas disuelto próxima al valor de saturación de dicho gas, este gas se liberará fácilmente en forma de burbujas de cavitación.

Ventajosamente, las condiciones mecánicas y termodinámicas locales muy intensas generadas por la cavitación llevan también a una destrucción de algunos microorganismos, patógenos o no, que podrían estar presentes dentro del líquido.

5 En los primeros canales, el líquido roza el material dieléctrico. La fricción del líquido sobre el material dieléctrico provoca la acumulación de cargas electroestáticas en la superficie de dicho material dieléctrico, generando así un campo electroestático local capaz de favorecer las reacciones siguientes:

10 - precipitación fisicoquímica de algunos iones tales como algunos óxidos metálicos, los carbonatos, los sulfatos o los fosfatos;

- coagulación de algunas partículas coloidales.

15 Las partículas coloidales son generalmente demasiado finas para retenerse por la mayoría de los sistemas de filtración y si se instala un filtro capaz de separarlas, tal como un sistema de ultrafiltración, por ejemplo, tienen el riesgo de obstruir rápidamente las membranas de ultrafiltración, y hacer aparecer unas caídas de presión o unas reducciones de caudal prohibitivas.

20 Gracias a la presencia del efecto electroestático generado por el material dieléctrico y a la coagulación de las partículas coloidales que resultan de ello, el tamaño de los aglomerados de partículas coloidales puede alcanzar un tamaño suficiente para que se retengan eficaz y económicamente en un filtro.

25 Más precisamente, las partículas coloidales presentan frecuentemente una disimetría de sus cargas eléctricas internas: el potencial Zeta. Cerca del material dieléctrico, se asiste a la supresión de esta barrera electroestática que impide la agregación de las partículas coloidales. Además, la frecuencia de las colisiones entre partículas coloidales se aumenta en gran medida por la turbulencia del régimen de flujo del líquido provocada por la cavitación.

30 Sin estar limitado por esta teoría, el inventor considera que el potencial de carga electroestática generada en la superficie del material dieléctrico proviene de una parte de la energía cinética de la corriente de líquido que se transforma en calor y en energía eléctrica.

El potencial de carga electroestática depende de la intensidad de la fricción del líquido y del área del material dieléctrico sobre la cual el líquido circula.

35 La acumulación de cargas electroestáticas provoca un desequilibrio de potencial entre la superficie del material dieléctrico y el líquido en circulación, y entre la superficie del material dieléctrico y las superficies metálicas de los conductos del circuito en el que el líquido circula.

40 Los iones positivos o negativos así presentes en el líquido se unirán al interfaz líquido-sólido por diferentes mecanismos tales como la fuerza electroestática, la adsorción química, y la disociación de grupos polares, o por reacción entre el líquido y el material dieléctrico.

45 Cuando los iones provienen de la disociación de sales disueltas) creando entonces unas cargas positivas y negativas en cantidades iguales), el fenómeno de electrización se produce sólo por que una especie de iones se unirá más fuertemente al material dieléctrico. Se establece entonces una capa compacta denominada "capa de Helmholtz", del nombre del físico que lo ha estudiado en 1879. Gouy, otro físico, mostrará en 1910 que los iones de la otra polaridad se organizan en una capa difusa.

50 El grosor de la capa difusa, o "capa de Gouy" depende de la resistividad del líquido: es muy baja para un líquido muy conductor y se incrementa con la resistividad de este último.

55 Cuando el líquido se pone en movimiento, esta doble capa se separará, permaneciendo unida la capa de Helmholtz a la interfaz sólido-líquido, y arrastrándose la capa de Gouy con el líquido. La acumulación de las cargas en el líquido está dirigida por la difusión de los iones hacia la interfaz y por la resistividad ρ del líquido.

60 El fluido difásico desemboca entonces en la primera cámara de compresión 124. La entrada en la primera cámara de compresión 124 conduce a una disminución de la velocidad, a un aumento brutal de la presión, y a una condensación en el interior de las burbujas de cavitación, lo que provoca la implosión de una mayoría de las burbujas de cavitación, generando impulsiones de presión cuya amplitud puede ser muy elevada (véase la figura 4).

Estas implosiones muy repentinas tienen como resultado la formación de ondas de choque que generan a su vez unos fenómenos fisicoquímicos o termodinámicos y mecánicos, como la explosión de cualquier materia que se encuentra cerca de las burbujas que implosionan.

Así, durante la dislocación de las burbujas de cavitación, se alcanzan muy altas presiones y temperaturas locales: la temperatura dentro de las burbujas puede así alcanzar unos valores del orden de 5000°C y la presión alcanza unos valores del orden de 500 kg/cm² (K.S. Suslick, Science, Vol. 247, 23 de marzo de 1990, p. 1439-1445).

5 Estas condiciones de temperatura y de presión activan, al interior de una burbuja o en el líquido cerca de dicha burbuja, unas reacciones fisicoquímicas y termodinámicas, en particular la precipitación de los carbonatos y la liberación de CO₂.

10 Como se ha explicado anteriormente, la presencia del material dieléctrico favorece la amplitud de los fenómenos de precipitación del carbonato de calcio (CaCO₃) y la aglomeración de otros componentes coloidales, por una bajada de las barreras de potencial ZETA. Ventajosamente, esta precipitación permite reducir las concentraciones en aditivos y limitar la frecuencia de renovación del líquido útil. Esta precipitación limita también la amplitud de los fenómenos de corrosión por la formación de una película protectora, denominada de thillmann, y asegura así una cierta protección electrogalvánica de la instalación.

15 Por otro lado, gracias a la energía cinética generada por las implosiones de las burbujas de cavitación, puede obtenerse un proceso de emulsionamiento, de homogeneización y de dispersión.

20 La forma de las aberturas "aguas abajo" de los primeros canales 120 que desembocan en la primera cámara de compresión 124 puede adaptarse a fin de maximizar la turbulencia y las modificaciones de presión, por ejemplo disponiendo unos obstáculos o divergentes. Las condiciones hidrodinámicas que reinan en la primera cámara de compresión 124 contribuyen también a la coagulación asegurando una mezcla fuerte del líquido. Por lo tanto, es particularmente ventajoso que la primera cámara de compresión esté aguas abajo del material dieléctrico, que inicia la coagulación.

25 La primera cámara de compresión 124 separa las aberturas "agua abajo" de los primeros canales de las aberturas "aguas arriba" de los segundos canales.

30 El líquido que sale de la primera cámara de compresión 124 penetra así en los segundos canales 122 del segundo bloque 118. Preferentemente, los segundos canales no están, no obstante, alineados axialmente con los primeros canales a fin de favorecer la turbulencia y la precipitación ulterior.

35 La penetración del líquido en los segundos canales 122 conduce a una aceleración repentina de su velocidad. La región de transición entre la cámara de compresión 124 y los segundos canales 122 constituye por lo tanto una región de aceleración del flujo, y de aparición de cavitación.

El líquido entra también en contacto con el material conductor eléctricamente que define los segundos canales, preferentemente de zinc.

40 El efecto de "pila" de tipo "Daniell" generado por el par electro-galvánico Zn-Fe, provoca una transferencia de electrones capaz de asegurar una protección anticorrosión (protección catódica). El zinc, metal más reductor que el hierro, o también que el cobre, está en efecto oxidado en lugar de los metales menos reductores de la instalación.

45 El efecto de "pila" permite también una liberación de iones Zn⁺ dentro del líquido, debido a la reacción electrolítica que se establece espontáneamente entre el ánodo de zinc y los metales menos reductores de la instalación, por ejemplo la caja del reactor hidrodinámico cuando contiene hierro. Estos iones así liberados en el líquido pueden servir de nucleído para la aparición y el desarrollo de reacciones de germinación primaria heterogénea.

50 En particular, la presencia de estos iones zinc permite una aglomeración de los iones calcio y magnesio contenidos en el agua alrededor de los iones de zinc. Los nucleídos así formados permiten una modificación de las condiciones locales de cristalización de los carbonatos de calcio y de magnesio, dando lugar a un fenómeno de nucleación secundaria extremadamente importante y muy rápida. Este fenómeno se observa en presencia de cristales de la sustancia a cristalizar (calificados de cebador) y esencialmente en medio agitado. La velocidad de producción de estos gérmenes secundarios depende de la velocidad de agitación del medio, de la cantidad de cebadores, y de la sobresaturación del líquido.

60 La geometría del reactor hidrodinámico, en particular gracias a la mezcla drástica provocada dentro del líquido, y la cámara de compresión, por la implosión de las burbujas de cavitación, cooperan por lo tanto con el material dieléctrico y el material conductor eléctricamente para favorecer y acelerar la precipitación fisicoquímica y la coagulación.

Esta coagulación es particularmente útil para extraer el líquido de los metales tales como el aluminio, el bromo, el cromo o el estroncio, en particular de los metales radioactivos.

65 A la salida del segundo bloque 118, el líquido penetra en la segunda cámara de compresión 125, lo que permite hacer implosionar de nuevo la mayoría de las burbujas de cavitación.

El tiempo de remanencia de las burbujas residuales depende del régimen de flujo y de la geometría del reactor hidrodinámico. En la parte de canalización situada aguas abajo del reactor hidrodinámico, es típicamente inferior a 20 segundos, inferior a 5 segundos, incluso inferior a 2 segundos.

5 El líquido L cargado de microburbujas debe por lo tanto penetrar rápidamente en el separador de gas con el fin de que las burbujas puedan atraparse y expulsarse fuera del circuito de la instalación. El separador de gas está, por lo tanto, preferentemente dispuesto cerca del reactor hidrodinámico.

10 El hecho de eliminar así los gases disueltos, y en particular el oxígeno (O₂) disuelto y el dióxido de carbono (CO₂) que resulta de la precipitación precoz del carbonato de calcio (CaCO₃), permite obtener mejores condiciones de funcionamiento del sistema:

- 15 - reducción de los problemas de ruido,
- reducción de los problemas de corrosión,
- eliminación de eventuales zonas de sobrecalentamiento localizadas,
- 20 - eliminación de eventuales degradaciones mecánicas (bombas, válvulas, ventallas, etc.)

La tensión del gas del líquido que sale del separador de gas es por lo tanto inferior a la en el líquido que entra en el reactor hidrodinámico (salvo eventualmente en CO₂, pudiendo este último producirse por precipitación de los carbonatos en el reactor hidrodinámico). Se reduce, por lo tanto, la capacidad de perjuicio de los gases disueltos, sin que sea necesario añadir aditivos.

Después de salir del separador de gas, el líquido atraviesa el filtro 31, lo que permite retener, al menos en parte, las partículas generadas en el reactor hidrodinámico y, preferentemente, otros contaminantes particulares que podrían ser nefastos para la instalación. El líquido prosigue después su recorrido hacia la diana o la bomba 14.

30 El dispositivo de tratamiento según la invención se puede utilizar en todas las aplicaciones en las que la presencia de un gas disuelto en el líquido es susceptible de ser perjudicial. En particular, se puede utilizar en una torre de refrigeración o en una piscina. A diferencia de un circuito de calentamiento, cerrado, el líquido (líquido de enfriamiento, agua de piscina) se evapora, por ejemplo, poniéndolo al aire libre, lo que necesita un complemento de líquido. Algunos compuestos inicialmente presentes en el líquido de complemento y algunos aditivos de tratamiento no se evaporan. Su concentración tiene tendencia, por lo tanto, a aumentar en el líquido. Cuando la concentración en aditivos alcanza un nivel crítico, el líquido debe renovarse en parte (purgas de desconcentración) o en su totalidad (vaciados). Clásicamente, en una torre de refrigeración, el agua debe renovarse cuando la concentración en aditivos haya duplicado o triplicado.

40 El dispositivo de tratamiento permite limitar la adición de aditivos, que son generalmente nefastos para la salud y el medioambiente, y reducir la frecuencia de renovación del líquido. Unos ensayos han mostrado, por ejemplo, que gracias a un dispositivo según la invención, la frecuencia de renovación puede dividirse por cuatro con una torre de refrigeración de 600 KW. El dispositivo de tratamiento permite además proteger el circuito de la torre de refrigeración contra las incrustaciones y la corrosión.

50 En una piscina, una inyección de productos clorados es necesaria para desinfectar suficientemente el agua de baño. Esta inyección de cloro, asociada a la contaminación nitrogenada aportada por los bañistas, provoca la formación de cloraminas que son nefastas para la salud. El dispositivo de tratamiento permite limitar, incluso suprimir, la adición de los productos clorados. En una piscina de 800 m³, unos ensayos han mostrado que el dispositivo según la invención permite reducir, de manera muy económica, la producción de cloraminas a valores inferiores a las normas recomendadas.

55 La diana puede ser también un aparato de filtración, por ejemplo un aparato de filtración por ósmosis inversa, en particular en una instalación de desmineralización o de potabilización del agua por ósmosis inversa. Tal aparato comprende típicamente una membrana atravesada por agua a desmineralizar. Unos fenómenos de precipitación, aguas arriba de esta membrana, tienen tendencia a obstruirla y es, por lo tanto, clásicamente necesario añadir productos químicos antiincrustación o secuestrantes.

60 La utilización de un dispositivo según la invención permite ventajosamente proteger el aparato, limitando, incluso suprimiendo, estas adiciones de secuestrantes, frecuentemente nefastos para la salud y el medioambiente. Como se ha descrito anteriormente, el inventor ha constatado que una germinación homogénea y una precipitación precoz de los cristales de sales de algunos iones presentes en el líquido a tratar, tales como los carbonatos, sulfatos, u otros compuestos similares, y esto en formas cristalográficas no adherentes (tales como CCA o CCM en el caso de los carbonatos de calcio), tienen lugar en el reactor hidrodinámico.

El reactor hidrodinámico permite asimismo una agregación o aglomeración, por los efectos mecánicos intensos que reinan dentro del reactor hidrodinámico, de partículas coloidales, tales como las formas amorfas de la germinación primaria de los carbonatos de calcio.

5 Las partículas así formadas pueden presentar ventajosamente un tamaño suficiente para permanecer en la superficie externa de la membrana, y arrastrarse en el flujo del concentrado. Pueden también después extraerse del líquido, por ejemplo por filtración.

Un reactor hidrodinámico colocado aguas arriba de una membrana de ósmosis inversa permite así protegerla.

10 Un dispositivo de tratamiento según la invención puede también utilizarse para tratar el agua de los circuitos primarios de las centrales nucleares, o más generalmente los líquidos acuosos contaminados por unos iones metálicos radioactivos. Un reactor hidrodinámico según la invención puede, en efecto, permitir precipitar y coagular esta contaminación, después extraerla del líquido.

15 Como aparece claramente ahora, la invención propone una solución que permite tratar un líquido limitando el uso de los aditivos, por ejemplo por inyección de ácidos o de secuestrantes y/o limitando su renovación en la instalación.

20 Por supuesto, la presente invención no está, sin embargo, limitada a los modos de realización descritos y representados.

25 En particular, para el reactor hidrodinámico descrito anteriormente, el número o la forma de los primeros canales pueden ser diferentes de los de los segundos canales, el número de primeros bloques puede ser idéntico o diferente del número de los segundos bloques, los primeros bloques no están necesariamente dispuestos en alternancia con los segundos bloques a lo largo del eje del reactor hidrodinámico, y el número y la forma de las cámaras de compresión pueden ser diversos.

El número de reactor hidrodinámico en el circuito de tratamiento no es limitativo.

30 El filtro puede también asegurar una función de separación de burbujas, pudiendo el separador y el filtro incluso combinarse en un mismo aparato.

35 Los primeros canales no son necesariamente de un material dieléctrico y los segundos canales no son necesariamente de un material conductor eléctricamente. Los primeros canales pueden estar aguas arriba o aguas abajo de los segundos canales.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de tratamiento de un líquido que contiene un gas disuelto, comprendiendo dicho dispositivo:

5 - un reactor hidrodinámico (25) apto para generar, por cavitación, unas burbujas de dicho gas dentro de dicho líquido,

10 - un separador de gas (30) apto para extraer dichas burbujas de dicho líquido y dispuesto aguas abajo del reactor hidrodinámico a una distancia inferior a 1 m del reactor hidrodinámico, de manera que unas burbujas formadas por cavitación en el reactor hidrodinámico, eventualmente divididas durante el paso de una cámara de compresión de dicho reactor hidrodinámico, estén atrapadas en el separador de gas.

15 2. Dispositivo según la reivindicación anterior, comprendiendo el reactor hidrodinámico una dicha cámara de compresión (124) configurada para hacer aumentar la presión de dicho líquido cuando penetra en dicha cámara de compresión a fin de hacer implosionar dichas burbujas.

20 3. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el reactor hidrodinámico unos primeros canales que desembocan aguas abajo en una cámara de compresión y, preferentemente, unos segundos canales que desembocan aguas arriba en dicha cámara de compresión.

4. Dispositivo según la reivindicación anterior, en el que los primeros y segundos canales están delimitados internamente por un material dieléctrico y por un material conductor eléctricamente, respectivamente.

25 5. Dispositivo según la reivindicación anterior, en el que el material dieléctrico es el politetrafluoroetileno y/o el material conductor eléctricamente es el zinc.

6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el separador de gas está conformado de manera que, en dicho separador de gas, el líquido se mantiene bajo presión.

30 7. Instalación que comprende un circuito en el que se inserta una diana y un dispositivo de tratamiento de un líquido que sale de dicha diana (16), siendo el dispositivo de tratamiento conforme a una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

35 8. Instalación según la reivindicación anterior, que comprende, aguas abajo del dispositivo de tratamiento, unos medios de separación de las partículas en suspensión, preferentemente un filtro, preferentemente seleccionado del grupo formado por un filtro de cepillo, un filtro de discos, un filtro de medios granulares, una membrana de ultrafiltración, una membrana de nanofiltración y una membrana por ósmosis inversa.

40 9. Instalación según una cualquiera de las dos reivindicaciones inmediatamente anteriores, seleccionándose la diana del grupo formado por un intercambiador de calor, una torre de refrigeración, una piscina, especialmente al aire libre, en particular una piscina pública o privada, un circuito de enfriamiento o de climatización, un circuito de calentamiento, un circuito de filtración, un circuito de desmineralización por ósmosis inversa, un circuito de agua caliente sanitaria, o un circuito de distribución de agua potable.

45 10. Instalación según una cualquiera de las tres reivindicaciones inmediatamente anteriores, siendo el separador de gas una trampa de coalescencia o un filtro de cepillo.

50 11. Instalación según una cualquiera de las cuatro reivindicaciones inmediatamente anteriores, en la que un líquido circula en el circuito, conteniendo este líquido al menos un compuesto que contiene un elemento seleccionado del grupo formado por el cloro, el aluminio, el bromo, el cromo y el estroncio, en particular un metal radioactivo.

55 12. Procedimiento de tratamiento de un líquido que contiene unos gases disueltos, consistiendo dicho procedimiento en hacer pasar el líquido a través de un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en condiciones termodinámicas adaptadas para que el reactor hidrodinámico genere unas burbujas por cavitación, estando el separador de gas dispuesto aguas abajo del reactor termodinámico de manera que unas burbujas formadas por cavitación en el reactor hidrodinámico eventualmente divididas durante el paso de una cámara de compresión de dicho reactor hidrodinámico, se atrapen en el separador de gas.

60 13. Procedimiento según la reivindicación inmediatamente anterior, siendo dichas burbujas divididas por implosión antes de atraparse.

14. Procedimiento según una cualquiera de las dos reivindicaciones inmediatamente anteriores, en el que el líquido circula en circuito cerrado.

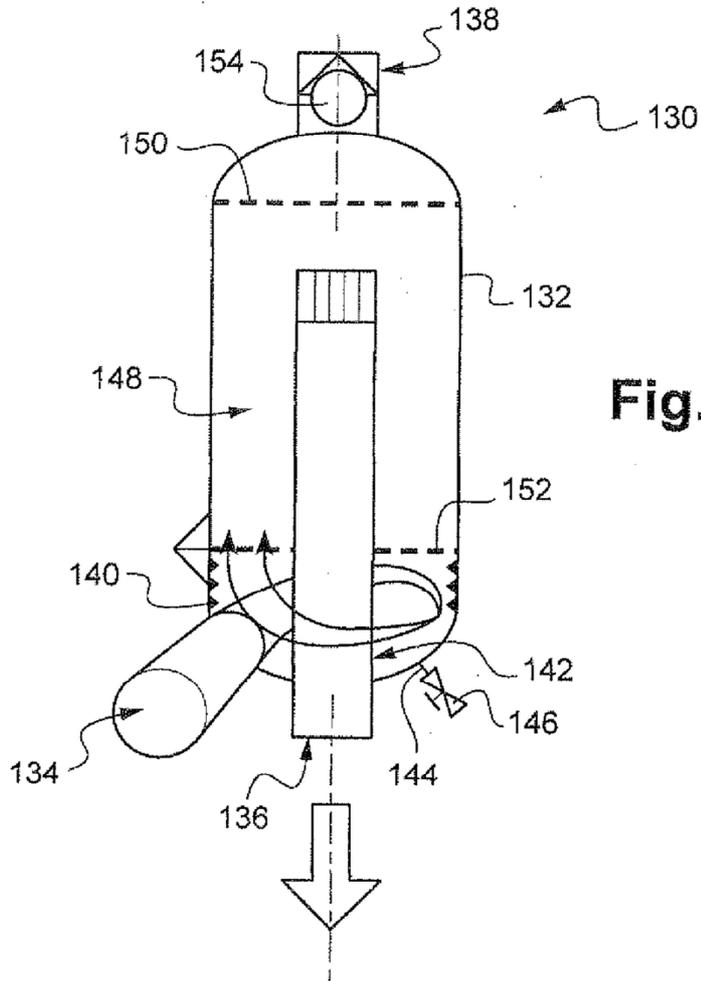


Fig.3

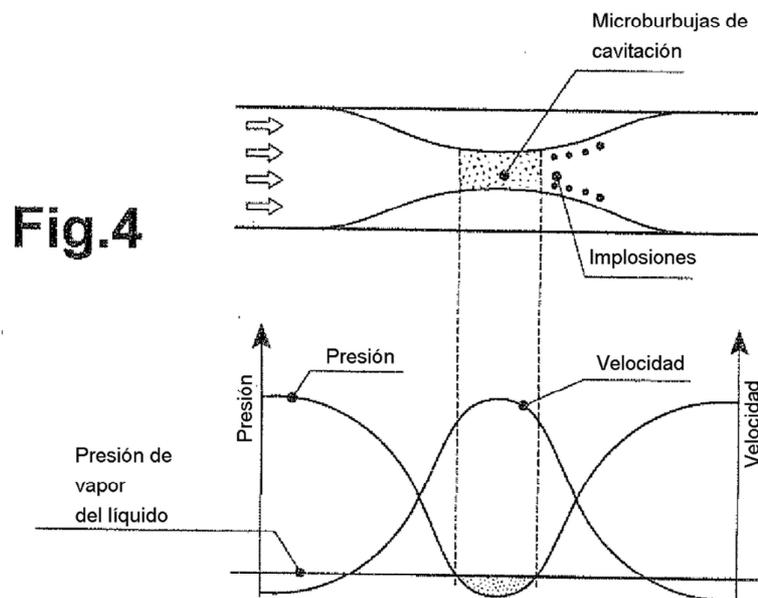


Fig.4