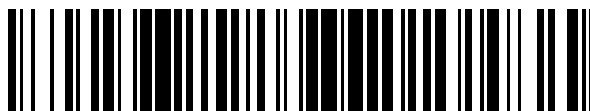


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 740 999**

51 Int. Cl.:

C02F 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.02.2014 PCT/EP2014/052268**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.08.2014 WO14122185**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2014 E 14703069 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2953902**

54 Título: **Aparato UV**

30 Prioridad:

05.02.2013 GB 201302035

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

07.02.2020

73 Titular/es:

**IPURTECH LIMITED (100.0%)
Unit 33, Leslie Hough Way, Salford University
Business Park
Salford, Greater Manchester M6 6AJ, GB**

72 Inventor/es:

**GUMMER, EDWARD CHRISTOPHER y
THEAKER, DAVID NIGEL**

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 740 999 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

Aparato UV

5 **[0001]** Esta invención se refiere a un aparato UV que puede usarse para tratar líquidos.

10 **[0002]** La luz UV (ultravioleta) es bien conocida por controlar la reproducción de bacterias, hongos y virus en líquidos, tales como el agua. La luz UV mata a estas especies al inducir suficiente daño en el ADN que no pueden replicarse y, por lo tanto, mueren. Sin embargo, la luz UV solo es efectiva si se administra una dosis suficiente, siendo la dosis la combinación de potencia (longitud de onda e intensidad) de la luz, así como el momento en que la luz ilumina la célula. En general, las bacterias son más sensibles a la luz UV con una longitud de onda en el intervalo de 240 a 300 nanómetros.

15 **[0003]** La luz UV normalmente se ha restringido a evitar el crecimiento de bacterias en líquidos transparentes la luz UV puede penetrar un centímetro o más en el líquido. Sin embargo, cuando el líquido está turbio, es una suspensión de partículas o una emulsión, por ejemplo de aceite y agua, la luz UV solo es efectiva en la superficie del líquido y las bacterias o similares en el cuerpo del líquido (por ejemplo, a una profundidad de aproximadamente 0,1 mm o más) no se ven afectados.

20 **[0004]** El documento WO00/20045 describe un procedimiento y aparato para la inactivación efectiva de microorganismos en fluidos con una absorbancia relativamente alta para limitar el daño. El aparato tiene un sistema de radiación UV de paso a través de gran diámetro con un sistema de mezclador estático que proporciona una mezcla intensiva de flujo dentro de un área de irradiación en la que el flujo de fluido se controla para proporcionar un caudal no inferior a un caudal mínimo correspondiente a un máximo tiempo de residencia del fluido dentro del área de irradiación requerida para una mezcla eficiente, y un caudal máximo que proporciona a un tiempo de residencia mínimo para una inactivación efectiva.

25 **[0005]** El documento WO03/086618 describe un reactor para llevar a cabo reacciones fotocatalíticas en medios de reacción líquidos o gaseosos, que consiste en un recipiente reactor con un fotocatalizador sólido, líneas de suministro y descarga, dispositivos de mezcla y un dispositivo para suministrar radiación electromagnética, que contiene microradiadores que absorben la radiación electromagnética y emiten luz. de manera retardada, por lo que esta luz excita el fotocatalizador. Los documentos US 5 069 885 y US 2002 0172627 describen reactores con lámparas ultravioleta para llevar a cabo reacciones fotocatalíticas, incluyendo mezcladores internos con fotocatalizador.

30 **[0006]** El documento WO2011/049277 se refiere a un dispositivo de tratamiento de agua que suprime o reduce la incrustación y la bioincrustación que se producen dentro de las tuberías de, por ejemplo, purificadores de agua y procesos biológicos, en los que la radiación UV se irradia sobre un dispositivo equipado con un filtro de titanio. El dispositivo comprende un miembro que forma la vía de flujo formado con un puerto de entrada en un extremo y formado con un puerto de salida en el otro extremo; una unidad de filtración que se coloca debajo del miembro que forma la vía de flujo y conecta el puerto de entrada a través del puerto de salida; un filtro de titanio que está dispuesto dentro de la unidad de filtración y está unido al miembro que forma la vía de flujo; y una lámpara UV que está dispuesta fuera de la unidad de filtración e irradia luz ultravioleta sobre la unidad de filtración; y la unidad de filtración que comprende un material transparente. El filtro de titanio se conforma como una columna abierta en la parte superior y se coloca en el miembro que forma la vía de flujo, y, una vez que un fluido pasa a través del puerto de entrada, y entra en la unidad de filtración, el fluido es filtrado por el filtro de titanio y luego se descarga a través del puerto de salida.

35 **[0007]** El documento JPH11179350 describe un dispositivo de radiación ultravioleta en el que una lámpara ultravioleta en forma de barra está dispuesta coaxialmente en el centro de una tubería a través de la cual fluye un fluido a tratar, y una pluralidad de resistencias de flujo están dispuestas en el espacio entre la lámpara y la tubería. La tubería se forma a partir de materiales que transmiten rayos ultravioleta, de modo que los rayos ultravioleta de una lámpara ultravioleta dispuesta fuera de la tubería se pueden aplicar al fluido en la tubería. Cada una de las resistencias de fluidos se forma en una placa en forma de abanico en la que el ancho de la placa es mucho más estrecho hacia el centro que en su periferia exterior, y las resistencias están dispuestas de modo que estén espaciadas en intervalos regulares en la dirección axial para no interferir entre sí y están inclinadas hacia el lado descendente y están espaciadas en ángulos predeterminados entre sí en la dirección circunferencial de la tubería.

40 **[0008]** Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato que supere, o al menos mejore este problema.

45 **[0009]** Según la presente invención, se proporciona un aparato de UV que comprende: un tubo de material transparente a los rayos UV; al menos una lámpara UV provista externamente del tubo para emitir luz UV hacia el tubo; y un núcleo que se extiende en una dirección axial dentro del tubo, teniendo el núcleo la forma de una bobina

con inversiones de tal manera que el líquido que pasa a través del tubo gira alternativamente en dirección contraria a las agujas del reloj y luego gira en dirección de las agujas del reloj, en el que las inversiones de la bobina crean una serie de vórtices con turbulencia masiva, presentando así continuamente diferentes porciones de líquido en la superficie interna del tubo y en el que se proporciona un fotocatalizador en al menos una superficie del núcleo y responde a la luz UV emitida por la lámpara para generar radicales libres en el líquido que pasa a través del tubo.

[0010] Cuando el tubo tiene un diámetro relativamente pequeño, digamos unos 25 mm o menos, el núcleo puede tener la forma de una bobina abierta con inversiones para alterar el flujo de líquido sin restringir el flujo. En tubos de mayor diámetro, el núcleo puede ser una bobina helicoidal sólida con inversiones mientras que aún permite un área de sección transversal libre suficiente para altos caudales de líquido. La bobina helicoidal sólida puede ser un simple resorte helicoidal o una bobina sólida de plástico, hormigón o metal. En al menos una realización, la dirección de la bobina se invierte en cada revolución completa.

[0011] El tubo puede comprender cuarzo o un polímero transparente a los rayos UV.

[0012] El núcleo puede estar hecho de un material de cerámica, plástico o metal.

[0013] Puede proporcionarse una pluralidad de lámparas UV, por ejemplo, que se extienden en una dirección axial del tubo. Las lámparas pueden estar espaciadas alrededor de la circunferencia del tubo. Por ejemplo, pueden proporcionarse cuatro lámparas espaciadas de manera sustancialmente igual alrededor de la circunferencia del tubo.

[0014] La o cada lámpara puede extender sustancialmente toda la longitud operativa del tubo o puede estar en forma de una pluralidad de lámparas en una configuración axial.

[0015] Se puede proporcionar al menos un reflector para reflejar la luz UV emitida desde o cada lámpara en una dirección diferente a la del tubo de regreso hacia el tubo. Como alternativa, se pueden incorporar reflectores en la o cada lámpara. El o cada reflector puede estar configurado para enfocar la luz sobre la superficie interna del tubo.

[0016] El fotocatalizador puede estar en forma de un recubrimiento o puede incorporarse en el material del núcleo.

[0017] El catalizador puede comprender dióxido de titanio, tal como dióxido de titanio nanocristalino (anatasa) y/u óxido de zinc.

[0018] Se pueden proporcionar medios de manera que el flujo de líquido a través del tubo sea intermitente, por ejemplo, pulsado. De esta manera, el fotocatalizador se puede destapar intermitentemente y, por lo tanto, exponerse directamente a la luz UV.

[0019] Se puede proporcionar una válvula de retención para evitar que el líquido vuelva a entrar en la entrada del tubo.

[0020] Se puede proporcionar una válvula, tal como una válvula solenoide, para dirigir el líquido que sale del tubo de regreso a una fuente de líquido potencialmente contaminado o a una fuente de líquido de limpieza para recibir el líquido tratado. Se pueden proporcionar medios, tales como una bomba, para hacer circular el fluido de limpieza a través del tubo. El fluido de limpieza puede incorporar partículas abrasivas.

[0021] El aparato puede incluir un solo tubo o una pluralidad de tubos. Cuando se proporciona una pluralidad de tubos, los tubos pueden estar dispuestos en paralelo en una matriz de línea sustancialmente recta. Una pluralidad de lámparas puede estar dispuesta alrededor del conjunto de tubos. Las lámparas pueden estar rodeadas por un único reflector, por ejemplo en forma de una superficie interior reflectante de un recipiente para el aparato. Aunque dispuestos en paralelo, los tubos pueden conectarse en serie o en paralelo.

[0022] En una realización de la invención, dos o más tubos están dispuestos en paralelo y están provistos de válvulas en cada extremo para aislar los tubos entre sí. Las válvulas provistas en la entrada de los tubos pueden ser válvulas solenoides y pueden operar para permitir que el líquido entre en uno de los tubos a la vez. Las válvulas provistas en la salida de cada uno de los tubos pueden ser válvulas de retención y sirven para evitar que el líquido fluya de regreso a través de cualquiera de los tubos.

[0023] Se pueden proporcionar medios para introducir perlas fotocatalíticas en el líquido que se está tratando. Puede proporcionarse una disposición Venturi para introducir las perlas corriente arriba del tubo o de cada tubo. Además, se pueden proporcionar medios para eliminar tales perlas fotocatalíticas. Se puede proporcionar una rejilla inclinada corriente abajo del o cada tubo para eliminar las perlas del líquido. Las perlas

pueden ser de cerámica, plástico o metal y pueden incorporarse o recubrirse con el mismo o un fotocatalizador diferente al que se usa junto con el núcleo.

5 **[0024]** Como alternativa o adicionalmente, pueden proporcionarse medios para inyectar un producto químico, tal como peróxido de hidrógeno, en la corriente de fluido.

[0025] Para una mejor comprensión de la presente invención y para mostrar más claramente cómo se puede llevar a efecto, ahora se hará referencia, a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos en los que:

10 La figura 1 es una vista esquemática en sección transversal esquemática a través de una realización de un aparato UV según la presente invención;
la figura 2 es una vista esquemática en alzado del aparato UV mostrado en la figura 1 junto con equipos auxiliares;
la figura 3 es una vista en sección transversal a través de un aparato UV según la presente invención y que
15 incorpora una pluralidad de tubos que funcionan en paralelo;
la figura 4 ilustra una modificación del aparato de la figura 3, en el que dos tubos están dispuestos en paralelo y operados secuencialmente; y
las figuras 5, 6 y 7 ilustran una modificación del aparato de la figura 2 proporcionando medios para introducir y eliminar perlas fotocatalíticas en y desde el líquido que se trata en el aparato.

20 **[0026]** El aparato UV mostrado en la figura 1 comprende un tubo 1 de material transparente a los rayos UV, tal como el cuarzo o un polímero transparente a los rayos UV, que típicamente tiene una longitud de aproximadamente 600 a 1200 mm y un diámetro de aproximadamente 20 a 100 mm, aunque son posibles otras
25 dimensiones. Un líquido a tratar pasa a través del tubo 1. En la práctica, el líquido se bombea desde una fuente de líquido contaminado, a través de un filtro grueso (no se muestra), a través del tubo 1 y luego se devuelve a la fuente, aunque otras disposiciones pueden ser empleadas, tales como hacer pasar el líquido tratado a un destino alternativo. Se proporciona un núcleo 3 dentro del tubo 1, extendiéndose el núcleo en la dirección axial del tubo, y está configurado para crear un flujo turbulento en el líquido que pasa a través del tubo, como se explicará con más
30 detalle en lo sucesivo. El núcleo 3 está hecho típicamente de un material de cerámica, plástico o metal y está configurado para crear un vórtice en el líquido que fluye a través del tubo 1 de tal manera que, en el uso del aparato, se presentan continuamente diferentes porciones del líquido en la superficie interior del tubo. La luz UV es proporcionada por una pluralidad de lámparas UV 5 y los reflectores 7 se proporcionan cuando sea necesario para reflejar la luz UV emitida desde las lámparas en una dirección diferente a la del tubo 1 de regreso hacia el tubo 1. Como alternativa, los reflectores pueden incorporarse a las lámparas 5 para crear un perfil direccional a la luz UV emitida. Las lámparas 5 están espaciadas alrededor de la circunferencia del tubo 1 (por ejemplo, pueden
35 proporcionarse cuatro lámparas espaciadas de forma sustancialmente igual alrededor de la circunferencia del tubo) y se extienden en la dirección axial del tubo 1, sustancialmente a lo largo de su longitud y cada lámpara, como se ilustra, puede ser una única lámpara que se extiende sustancialmente por toda la longitud operativa del tubo o puede estar en forma de una pluralidad de lámparas en una configuración axial. Claramente, otras disposiciones son posibles para las lámparas.

40 **[0027]** Idealmente, las lámparas 5 emiten radiación sustancialmente monocromática a una frecuencia de 254 nm. Esto elimina, en la medida de lo posible, la contaminación con radiación infrarroja, lo que minimiza la generación de calor y evita la necesidad de un ventilador de refrigeración (aunque se puede proporcionar un ventilador de refrigeración si es necesario). La eliminación sustancial de la radiación infrarroja también aumenta la efectividad de las lámparas al aumentar la salida general de la luz UV.

[0028] Los reflectores 7 están configurados idealmente para enfocar la luz sobre la superficie interna del tubo 1.

50 **[0029]** El tubo 1 y el núcleo 3 están dimensionados en la realización ilustrada de modo que la superficie del núcleo está a unos 3 a 15 mm de la superficie interna del tubo, para un tubo de 50 mm de diámetro interno.

[0030] El núcleo 3 está provisto, al menos en su superficie, de un catalizador. El catalizador puede estar en forma de un recubrimiento o puede incorporarse en el material del núcleo. El catalizador está en forma de un fotocatalizador, tal como el dióxido de titanio, que tiene el efecto de dividir el agua en el líquido para formar radicales oxidantes activos, matando los radicales a su vez las bacterias o similares. Se ha descubierto que la dosis de luz UV requerida para activar el catalizador es mucho más baja que la dosis requerida para matar las bacterias, por lo que la penetración de rayos UV en un líquido turbio es suficiente para activar el catalizador y matar las bacterias o similares en el cuerpo del líquido incluso cuando la dosis de UV es insuficiente para hacerlo solo. Por ejemplo, se ha descubierto que un catalizador de dióxido de titanio requiere solo 0,001 vatios por metro cuadrado para que el catalizador genere radicales libres hidroxilo que interrumpen el ADN. Este es un factor de 10^{-5} menos de lo requerido en la superficie interna del tubo 1 para matar las bacterias o similares. Además, las porciones individuales del líquido solo están expuestas a una dosis directa suficiente de luz UV en base transitoria durante su flujo turbulento a través del tubo, mientras que el catalizador en el núcleo 3 está expuesto permanentemente a la luz

UV y, por lo tanto, recibe radiación UV y genera radicales libres en todo momento las luces UV están energizadas. Por lo tanto, la combinación de la radiación UV directa y la activación UV del catalizador es particularmente efectiva en líquidos turbios y permite la purificación a tasas de rendimiento sustancialmente más altas en comparación con solo la radiación UV directa. Si el líquido es especialmente denso ópticamente y por lo tanto reduce significativamente la penetración de la luz UV, se pueden proporcionar medios para que el flujo de líquido a través del tubo sea intermitente, por ejemplo, pulsado, de manera que el fotocatalizador se destape intermitentemente y, por lo tanto, se exponga directamente a la luz UV. La ráfaga de energía recibida por el fotocatalizador es suficiente para que permanezca activa durante varios segundos, hasta que se interrumpa nuevamente el flujo. En general, se ha descubierto que el uso de un fotocatalizador aumenta la velocidad a la que el ADN de las bacterias se interrumpe en más del 50 % en comparación con el uso de UV directo solo.

[0031] Con más detalle, el fotocatalizador puede ser dióxido de titanio nanocristalino, aunque se pueden emplear otros fotocatalizadores, tales como el óxido de zinc, ya sea solos o en combinación. Cuando se usa dióxido de titanio, este generalmente está en forma de dióxido de titanio nano-cristalino en su forma de anatasa que se añade al material del núcleo en forma de polvo o se forma en un recubrimiento mediante la adición de un aglutinante y se aplica, por ejemplo pulverizando o sumergiendo, sobre la superficie exterior del núcleo.

[0032] En general, cuanto mayor sea el diámetro interno del tubo 1, mayor será el volumen de líquido que se puede desinfectar en un tiempo determinado. Además, sujeto al mantenimiento de la turbulencia requerida, cuanto mayor sea el diámetro del tubo, mayor será el área de superficie del núcleo 3 que se puede alojar dentro del tubo. Esto aumenta el área de superficie del catalizador con un aumento correspondiente en el rendimiento del aparato.

[0033] Cuando el tubo 1 tiene un diámetro relativamente pequeño, digamos unos 25 mm o menos, el núcleo 3 puede tener la forma de una bobina abierta con inversiones para alterar el flujo de líquido sin restringir el flujo. En tubos de mayor diámetro, el núcleo 3 puede ser una bobina helicoidal sólida con inversiones mientras que aún permite un área de sección transversal libre suficiente para altos caudales de líquido. La bobina helicoidal sólida puede ser un simple resorte helicoidal o una bobina sólida de plástico, hormigón o metal. En al menos una realización, en cada revolución completa, el flujo de líquido en la bobina se invierte y se crea turbulencia. Esto crea una película delgada de líquido en constante cambio en la superficie interna del tubo, y también ayuda a mantener la superficie interna del tubo limpia y libre de manchas de suciedad.

[0034] La figura 2 muestra el aparato UV, que incluye el tubo 1, el núcleo 3 y las lámparas 5 junto con una fuente 9 de líquido contaminado y una bomba 11 para hacer circular el líquido. Se proporciona una válvula de retención 13 para evitar que el líquido regrese de una entrada del tubo 1 a la bomba 11 o la fuente 9. Se puede proporcionar una válvula 15, tal como una válvula solenoide, para dirigir el líquido que sale del tubo 1 hacia la fuente 9 o una parte opcional del aparato adicional que incluye una fuente 17 de líquido de limpieza para recibir el líquido tratado, y una bomba adicional 19 para hacer circular el líquido de limpieza al tubo 1.

[0035] La configuración del núcleo 3 en las realizaciones ilustradas es tal que el líquido que pasa a través del tubo gira alternativamente en dirección contraria a las agujas del reloj durante aproximadamente un centímetro y luego gira en dirección de las agujas del reloj para una distancia axial similar. Claramente, la distancia entre direcciones alternativas puede alterarse, especialmente en función de la escala del aparato. Las direcciones de flujo alternas crean una serie de vórtices con turbulencia masiva, por lo que continuamente presentan diferentes porciones del líquido en la superficie interna del tubo. Se ha descubierto en la práctica que se prefiere proporcionar al menos seis inversiones de flujo a lo largo de la longitud del tubo 1. Se ha descubierto que el núcleo crea fuerzas de fluido que mantienen limpia la superficie del tubo 1 y, por lo tanto, libres de materiales adherentes que normalmente formarían un filtro impermeable para la luz UV. Esto elimina o reduce sustancialmente la necesidad de lavado químico del tubo para eliminar los materiales adherentes.

[0036] Aunque el flujo turbulento del líquido efectúa la limpieza de la superficie interna del tubo 1, esto no siempre es suficiente, especialmente cuando el calor producido por las lámparas UV tiende a formar parte del líquido. Para ayudar a mantener limpia la superficie interna del tubo 1, el líquido de limpieza puede hacerse circular periódicamente, por ejemplo, por un corto período cada día o con mayor frecuencia (tal como cada hora) si es necesario. El fluido de limpieza puede incorporar partículas abrasivas si se desea.

[0037] En la práctica, el caudal del líquido a través del tubo es tal que el líquido se expone a la luz UV durante un tiempo en el intervalo de 1 a 10 segundos.

[0038] La intensidad de la luz UV en el punto del tubo 1 donde puede ser efectiva está en el intervalo de 140 a 300 vatios por metro cuadrado para cada lámpara 5. El cruce de luz de las cuatro lámparas 5 mostrada en la figura 2 aumentará la intensidad. El intervalo de dosis (potencia x tiempo) para matar con UV solo está en el intervalo de 10 a 100 vatios por metro cuadrado por segundo para la mayoría de las bacterias en agua clara, mientras que los mohos pueden requerir de 100 a 600 vatios por metro cuadrado por segundo.

5 **[0039]** La figura 3 muestra una disposición en la que el aparato UV incluye una pluralidad de tubos 1. Como se ilustra, los tubos 1 están dispuestos en paralelo en una matriz de línea sustancialmente recta, pero son posibles otras configuraciones. Cada tubo está provisto de un núcleo 3 y una pluralidad de lámparas 5 están dispuestas alrededor del conjunto de tubos (aunque, si se desea, las lámparas también podrían disponerse dentro del conjunto de tubos). Las lámparas 5 están rodeadas por un único reflector 7 en forma de una superficie interior reflectante de un recipiente para el aparato, aunque de nuevo se puede usar una disposición de reflector diferente si se desea. Aunque dispuestos en paralelo, los tubos 1 pueden conectarse en serie o en paralelo, para maximizar el efecto de desinfección o para maximizar el rendimiento.

10 **[0040]** La figura 4 muestra un aparato que es particularmente útil cuando el líquido es especialmente denso ópticamente. En este caso, dos tubos 1 están dispuestos en paralelo (aunque más de dos tubos pueden estar dispuestos de la forma deseada) y están provistos de válvulas 21, 23 en cada extremo. Las válvulas 21 provistas en la entrada de los tubos 1 pueden ser válvulas solenoides y operar para permitir que el líquido entre en uno de los tubos a la vez. Las válvulas 23 provistas en la salida de cada uno de los tubos 1 son válvulas de retención y sirven para evitar que el líquido tratado fluya de regreso a través de cualquiera de los tubos. Los dos tubos se operan secuencialmente, vaciando cada tubo a su vez para poner de manifiesto el catalizador a la luz UV. Una vez que el núcleo 3 ha sido expuesto a la dosis requerida de luz UV, las válvulas 21 se cambian para que el líquido fluya a través del tubo con el catalizador activo. El tiempo de ciclo puede ser, por ejemplo, de 1 a 15 minutos.

15 **[0041]** Las figuras 5, 6 y 7 muestran un aparato en el que las perlas fotocatalíticas pueden introducirse adicionalmente y eliminarse del líquido que se está tratando. Como se muestra en la figura 5, el aparato incluye una válvula 25 para introducir perlas en un circuito de flujo de perlas y una bomba 27 para hacer circular las perlas a través del tubo 1. Las perlas pueden ser de cerámica, plástico o metal y pueden incorporarse o recubrirse con el mismo o un fotocatalizador diferente como el que se usa junto con el núcleo 3. Las perlas proporcionan sitios adicionales para la generación de radicales libres y ayudan a mantener limpia la superficie interna del tubo 1, mientras que preferentemente circulan solo en una parte limitada del aparato. Como se muestra con más detalle en las figuras 6 y 7, las perlas 29 pueden introducirse corriente arriba de la entrada al tubo 1 por medio de una disposición Venturi 31 y pueden retirarse del líquido corriente abajo de la salida del tubo, por medio de una rejilla inclinada 33 que está dimensionada para restringir y desviar las perlas de regreso a la bomba 27.

20 **[0042]** Como alternativa o adicionalmente, pueden proporcionarse medios para inyectar un producto químico, tal como peróxido de hidrógeno, en la corriente de fluido. El producto químico, bajo la influencia de las lámparas UV, aumenta la densidad de los radicales químicos agresivos en la corriente de fluido. Esto puede ser de particular uso en el tratamiento de aguas residuales para reducir la demanda de carbono de oxígeno (DCO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO).

25 **[0043]** Se ha descubierto que el aparato según la presente invención es particularmente útil en el control de bacterias en fluidos de trabajo de metales, agua turbia y en áreas ambientales sensibles tales como perforación en mar abierto.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un aparato UV que comprende: un tubo (1) de material transparente a los rayos UV; al menos una lámpara UV (5) provista externamente del tubo para emitir luz UV hacia el tubo; y un núcleo (3) que se extiende en una dirección axial dentro del tubo, teniendo el núcleo (3) la forma de una bobina con inversiones de tal manera que el líquido que pasa a través del tubo gira alternativamente en dirección contraria a las agujas del reloj y luego gira en dirección de las agujas del reloj, **caracterizado porque** las inversiones de la bobina crean una serie de vórtices con turbulencia masiva, presentando así continuamente diferentes porciones de líquido en la superficie interna del tubo y **porque** se proporciona un fotocatalizador en al menos una superficie del núcleo y responde a la luz UV emitida por la lámpara para generar radicales libres en el líquido que pasa a través del tubo.
- 10 2. El aparato UV según se reivindica en la reivindicación 1, en el que el núcleo (3) tiene la forma de una bobina abierta con inversiones para alterar el flujo de líquido sin restringir el flujo.
- 15 3. El aparato UV según se reivindica en la reivindicación 1, en el que el núcleo (3) es una bobina helicoidal sólida con inversiones, mientras que aún permite un área de sección transversal libre suficiente para altos caudales de líquido, por ejemplo, la bobina helicoidal sólida puede ser un simple resorte helicoidal o una bobina sólida de plástico, hormigón o metal.
- 20 4. El aparato UV según se reivindica cualquier reivindicación anterior, en el que la dirección de la bobina se invierte en cada revolución completa.
- 25 5. El aparato UV según se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que el catalizador comprende dióxido de titanio y/u óxido de zinc, por ejemplo, dióxido de titanio en forma de dióxido de titanio nanocristalino (anatasa).
- 30 6. El aparato UV según se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que se proporcionan medios de modo que el flujo de líquido a través del tubo (1) sea intermitente, por ejemplo, pulsado.
- 35 7. El aparato UV según se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que se proporciona una válvula de retención (13) para evitar que el líquido vuelva a entrar en una entrada del tubo (1).
8. El aparato UV según se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que se proporciona una válvula (15), tal como una válvula solenoide, para dirigir el líquido que sale del tubo (1) de regreso a una fuente de líquido potencialmente contaminado o a una fuente de líquido de limpieza para recibir el líquido tratado.
- 40 9. El aparato UV según se reivindica en la reivindicación 8, en el que se proporcionan medios (19), tal como una bomba, para hacer circular un fluido de limpieza, por ejemplo, que incorpora partículas abrasivas, a través del tubo (1).
- 45 10. El aparato UV según se reivindica en cualquier reivindicación anterior y que incluye una pluralidad de tubos (1).
- 50 11. El aparato UV según se reivindica en la reivindicación 10, en el que dos o más tubos (1) están dispuestos en paralelo y están provistos de válvulas (21, 23) en cada extremo para aislar los tubos entre sí, por ejemplo las válvulas (21) provistas en la entrada de los tubos (1) pueden ser válvulas solenoides y pueden operar para permitir que el líquido entre en uno de los tubos a la vez. y/o las válvulas (23) provistas en la salida de cada uno de los tubos (1) pueden ser válvulas de retención y pueden servir para evitar que el líquido fluya de regreso a través de cualquiera de los tubos.
- 55 12. El aparato UV según se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que se proporcionan medios (25, 31) para introducir perlas fotocatalíticas (29) en el líquido que se está tratando, por ejemplo, en forma de una disposición Venturi (31) provista para introducir las perlas (29) corriente arriba del tubo o de cada tubo (1).
- 60 13. El aparato UV según se reivindica en la reivindicación 12, en el que se proporcionan además medios (33) para retirar tales perlas fotocatalíticas (29), por ejemplo, en forma de una rejilla inclinada (33) provista corriente abajo del tubo o cada tubo (1).
14. El aparato UV según se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que se proporcionan medios para inyectar un producto químico, tal como peróxido de hidrógeno, en la corriente de fluido.

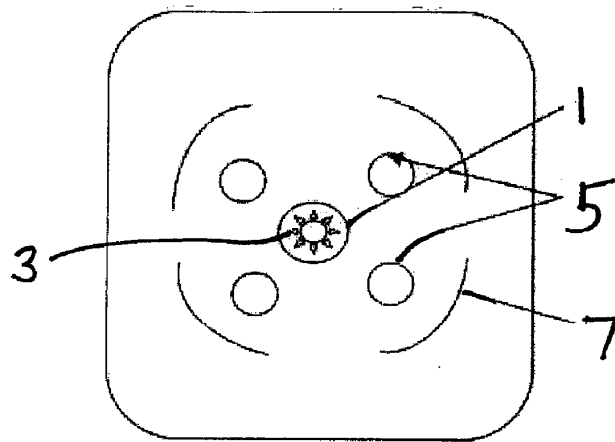


Fig. 1

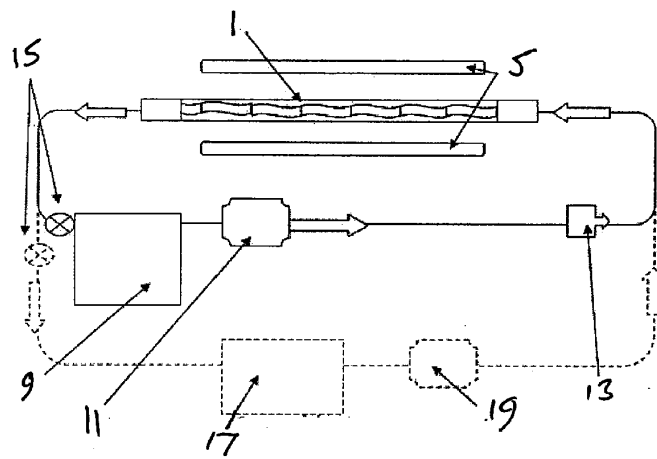


Fig. 2

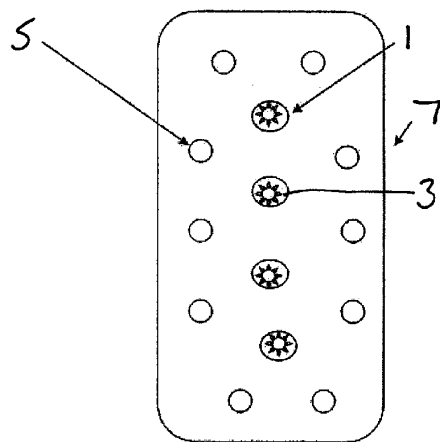


Fig. 3

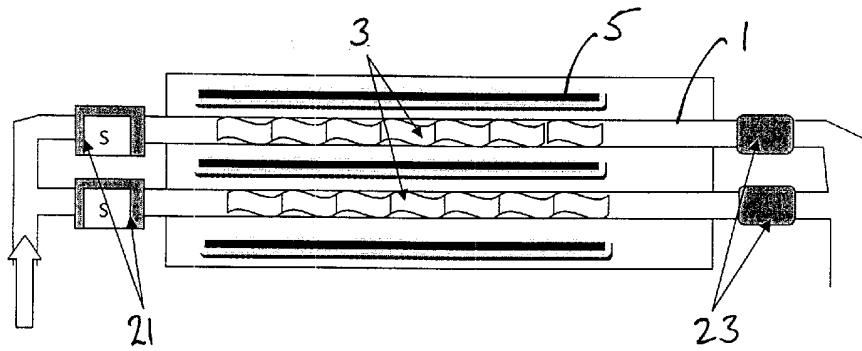


Fig. 4

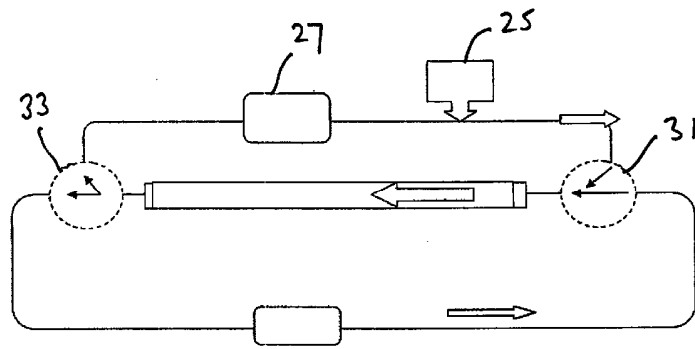


Fig. 5

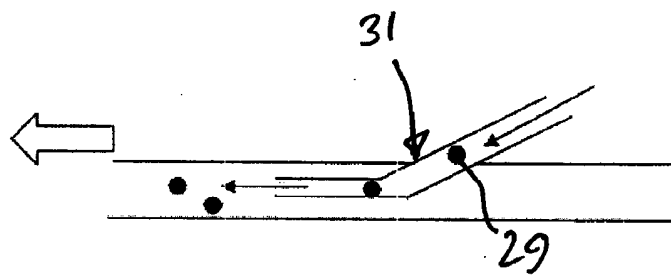


Fig. 6

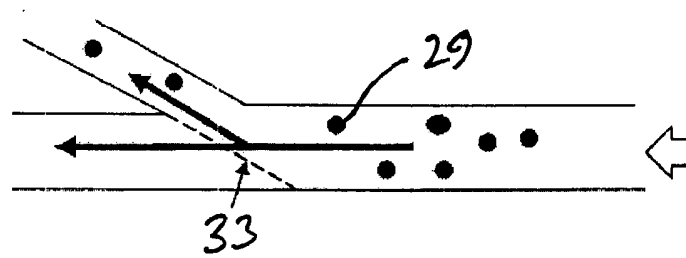


Fig. 7