

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 000 409**

21 Número de solicitud: 202330719

51 Int. Cl.:

C02F 1/46

(2013.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

30.08.2023

43 Fecha de publicación de la solicitud:

28.02.2025

Fecha de concesión:

29.09.2025

45 Fecha de publicación de la concesión:

06.10.2025

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE JAÉN (100.00%)
Campus Las Lagunillas, S/N
23071 Jaén (Jaén) ES**

72 Inventor/es:

**VELO GALA, Inmaculada;
BOLAÑOS JIMÉNEZ, María Rocío;
ARAGÓN BUITRAGO, Arturo;
FERNÁNDEZ POYATOS, María Del Pilar;
LÓPEZ RAMÓN, María Victoria y
ÁLVAREZ MERINO, Miguel Ángel**

54 Título: **Dispositivo reactor para el tratamiento de aguas**

57 Resumen:

Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1) que comprende al menos una celda electroquímica (3) con una primera pieza (4), la cual comprende una primera cavidad (41) con al menos un canal interior (42), donde el canal interior (42) presenta un recorrido (42a) con al menos una cámara de remanso (42c) del flujo de agua (1) con forma de tobera divergente-convergente. Sistema asociado que comprende dicho dispositivo reactor (2). Se busca mejorar la eficiencia en la disponibilidad del agua (1) y ayudar a conservar el medio ambiente, evitando su contaminación, reduciendo el volumen consumido y mitigando el impacto del cambio climático.

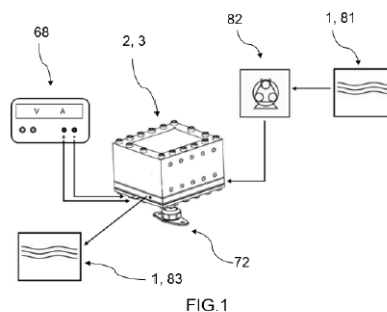


FIG. 1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 3 000 409 B2

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO REACTOR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente solicitud de patente tiene por objeto un dispositivo reactor para el tratamiento de aguas que comprende una celda electroquímica con una primera pieza con una primera cavidad con al menos un canal interior, donde el canal interior presenta un recorrido con al menos una cámara de remanso del flujo de agua, incorporando notables innovaciones y ventajas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Se viene observando que la composición de las aguas residuales está cambiando junto con la actividad productiva y de consumo de la sociedad. Los tratamientos biológicos de aguas residuales urbanas no están adaptados a la eliminación de los nuevos contaminantes químicos recalcitrantes que reciben, a lo que se añade la escasez de agua existente a nivel mundial.

20 A día de hoy son conocidos en el estado de la técnica diversas metodologías orientadas a paliar la mencionada problemática, tales como: a) Procesos de adsorción en materiales porosos en los que los contaminantes químicos del agua son retirados mediante su adsorción sobre la superficie de estos materiales; b) Desinfección del agua y/o eliminación de contaminantes orgánicos mediante fotólisis directa o procesos avanzados de oxidación; c) Filtración por membranas que separa los contaminantes del agua; d) Coagulación-floculación.

30 Sin embargo, dichas técnicas de tratamientos de aguas, presentan inconvenientes como la transferencia de los contaminantes del agua a un medio sólido en el proceso de adsorción, o su concentración como permeado en la filtración por membranas, o la generación de lodos en la coagulación-floculación, generando otros residuos más contaminantes que deberán ser tratados, provocando así un incremento del coste del proceso. Adicionalmente ciertos tratamientos requieren la adición de oxidantes químicos, que además de ser dependientes de ese compuesto oxidante, reaccionan con la materia orgánica, generando subproductos de desinfección indeseables por su alta toxicidad.

Cabe mencionar también, de modo ilustrativo, el caso de los hospitales, como grandes productores de aguas residuales con altas concentraciones en fármacos de muy diversa naturaleza y de uso muy común (antibióticos, medios de contraste, anti cancerígenos, analgésicos, etc.) que son vertidas directamente al colector de aguas residuales urbanas hasta llegar a la planta de tratamiento donde los sistemas convencionales no están habilitados para su eliminación. Como resultado, las aguas a la salida de la estación depuradora de aguas residuales urbanas son vertidas al entorno con ingentes concentraciones y tipologías de contaminantes que han sido detectados incluso en aguas de grifo. Ante esta situación, además del daño ambiental que produce la contaminación del agua en los ecosistemas, su reutilización se plantea como una opción muy difícil de alcanzar.

Es también conocido del estado de la técnica, según se describe en el documento WO2009143629, un método para descontaminar desechos que contienen moléculas orgánicas tóxicas y para degradarlas. Este método comprende el uso de un tensioactivo para formar micelas que atrapan las moléculas orgánicas tóxicas presentes en los desechos. Luego, los desechos se descontaminan extrayendo una solución acuosa que comprende las micelas. Posteriormente se llena una celda electrolítica con la solución acuosa, comprendiendo la celda electrolítica al menos un par de electrodos; y aplicar a dicho al menos un par de electrodos una corriente durante un período de tiempo adecuado para electro oxidar dichas moléculas orgánicas tóxicas. También se describe una celda electrolítica cilíndrica que puede usarse para llevar a cabo este método. La celda electrolítica comprende electrodos cilíndricos y un vertedero tubular que permite una distribución uniforme del electrolito a los electrodos. El método y celda electrolítica de la invención permite la descontaminación de residuos provenientes de la industria del aluminio que contienen creosota, aceite y grasa.

A la vista de lo anterior se observa no obstante una necesidad de mejorar la eficiencia en la disponibilidad del agua y ayudar a conservar el medio ambiente, evitando su contaminación, reduciendo el volumen consumido y mitigando el impacto que el cambio climático genera con la escasez de agua. Así, es deseable la obtención de un sistema de tratamiento de aguas residuales sencillo y económico que permita su reutilización segura, aplicable como sistema de tratamiento terciario para aguas residuales, entendiendo como sistemas terciarios los procesos adicionales necesarios para reducir la carga contaminante del agua para que pueda ser reutilizada.

35

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Como se ha mencionado, a medida que la escasez de agua aumenta, motivada tanto por la contaminación de los ecosistemas como por el descenso en las precipitaciones debido al cambio climático, se incrementa también de forma exponencial la necesidad de aplicar nuevos sistemas viables que garanticen el acceso seguro a un recurso esencial para la vida como es el agua. La aplicación de procesos avanzados de oxidación electroquímica se ha determinado como una estrategia prometedora para desarrollar tecnologías viables que garanticen tanto la desinfección del agua para consumo y saneamiento, como la reutilización segura del agua residual.

Los sistemas electroquímicos aplicados a tratamientos de aguas actúan simultáneamente tanto en la mineralización de contaminantes químicos como en la inactivación de agentes patógenos, mediante la generación de reacciones de oxidación-reducción donde el agua es el único reactivo utilizado en el tratamiento. Los electrodos pueden reaccionar por electrolisis directa por contacto sobre las moléculas de los compuestos orgánicos y los microorganismos, así como producir radicales oxidantes que serán los responsables de la inactivación de patógenos mediante daños en el ADN, en los lípidos y en las proteínas de la pared celular, a la vez que oxidan los contaminantes químicos hasta su eliminación del agua.

El sistema electroquímico propuesto es de gran interés para la desinfección de aguas, para la descontaminación de aguas residuales en industrias, hospitales y las procedentes de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas. En lo que respecta a la potabilización del agua, es de gran interés para los procesos de desinfección realizados por la administración pública porque el reactor propuesto prescinde de la adición de oxidantes químicos, lo que elimina el riesgo de producción de subproductos de desinfección como los generados en los procesos de cloración y ozonización. Además, es una alternativa a la aplicación de radiación UV-C con lámparas de Hg las cuales están siendo retiradas del mercado por ser un residuo altamente contaminante tras su uso. El reactor electroquímico propuesto es susceptible de ser aplicado incluso como alternativa para la potabilización del agua en regiones aisladas y desfavorecidas, ya que los voltajes a aplicar son tan reducidos que pueden ser suministrados, por ejemplo, mediante energía solar fotovoltaica, haciéndolo independiente de la existencia de grandes instalaciones eléctricas. Debido a su asequible escalabilidad, en el ámbito industrial tiene un gran potencial de aplicación para cumplir con los estándares que la legislación establece en materia medioambiental, tanto para reducir la contaminación del

agua, previamente a su vertido, como para hacer viable su reutilización en el proceso industrial del que procede o para aguas de regadío. En la industria alimentaria, cerámica, farmacéutica y cosmética, maderas, químicas y plásticos, o textil y calzado, se generan aguas con elevadas concentraciones de contaminantes químicos muy específicos y recalcitrantes a los
5 tratamientos de aguas convencionales. La invención que se propone garantiza la obtención de aguas residuales seguras, tanto para su vertido como para su reutilización y reintroducción en el sistema productivo, lo que supone un ahorro económico por la reducción tanto del consumo de aguas como en los cánones de volumen de agua vertida.

10 Más en particular, el dispositivo reactor para el tratamiento de aguas que comprende al menos una celda electroquímica con una primera pieza, la cual comprende una primera cavidad con al menos un canal interior, donde el canal interior presenta un recorrido con al menos una cámara de remanso del flujo de agua. Y es dicho canal interior hidrodinámico por el que circula
15 el agua a tratar, presentando un diseño hidrodinámico optimizado que se compone de un recorrido en zigzag desde la entrada a la salida de la misma. Y es en concreto la primera pieza de la celda electroquímica la que comprende al menos un canal interior, incluyendo un orificio de entrada del agua y otro de salida en los extremos de la geometría diseñada para hacer circular el flujo. Añadir que existe la posibilidad de disponer tantas celdas electroquímicas colocadas en serie como se requiera en función del grado de contaminación y del volumen
20 del agua a tratar, de modo que resulta posible incrementar el volumen de agua depurada. Señalar que el término de celda electroquímica también engloba lo que sería una célula foto-electroquímica, como un caso particular de la celda electroquímica, con prestaciones específicas.

25 En consecuencia, la invención permite alcanzar la mineralización de contaminantes químicos y la inactivación de microorganismos patógenos simultáneamente, siendo apta tanto para la desinfección del agua como para la reutilización de aguas residuales en sistemas de regadío y en los propios procesos industriales en los que se generan. Además, al tratarse de un sistema abierto, el volumen de agua a depurar es variable en función de las necesidades.

30 Cabe citar en este punto las ventajas asociadas a la electro-oxidación del agua en la degradación de los contaminantes químicos e inactivación de los microorganismos patógenos mediante reacciones de electrolisis directa o por la oxidación de radicales oxidantes generados en el agua: Se obtienen compuestos de bajo peso molecular fácilmente
35 biodegradables, de escasa toxicidad, la mineralización completa a CO_2 y H_2O , y la inactivación

de los agentes patógenos por daños celulares. La mejora de la eficiencia de estos procesos posibilita reducir el elevado coste del tratamiento electroquímico.

Preferentemente, el dispositivo reactor para el tratamiento de aguas comprende una pluralidad de cámaras de remanso del flujo de agua, situadas a lo largo del recorrido del canal interior de la primera pieza. En concreto, se pueden colocar en serie tantas cámaras de remanso como permita la longitud del recorrido hidráulico en zigzag y las dimensiones de la celda, de manera que se alcanza un mayor nivel en la depuración del agua para un mismo paso por el dispositivo reactor.

Más específicamente, el canal interior presenta una primera sección, y la al menos una cámara de remanso presenta en al menos un punto de su longitud una segunda sección, siendo la longitud de la segunda sección mayor que la de la primera sección. La primera sección inicia un canal de entrada en expansión y la segunda sección inicia un canal de salida con una sección de contracción. La primera sección y la segunda sección van ordenadas según el sentido de avance del flujo del agua a través del recorrido. De este modo se consigue una optimización hidrodinámica del diseño del canal interior de la celda electroquímica, a la que se ha llegado realizando mediante simulaciones numéricas utilizando la técnica CFD (Computational Fluid Dynamics o Dinámica de fluidos computacional) y mediante ensayos experimentales en prototipos.

Según una realización preferente de la invención, la al menos una cámara de remanso presenta un primer tramo de su longitud en forma de tobera divergente, unido a un segundo tramo de su longitud en forma de tobera convergente, lo cual permite a) aumentar el área de contacto entre el agua a tratar y el material fotocatalítico, y por tanto optimizar el tiempo de contacto entre ambos; b) realizar lo anterior sin desprendimiento de la corriente de líquido, lo que permite un control del flujo de líquido dentro de la celda y, por tanto, del grado de reacción, además de reducir costes en el tratamiento del agua mediante, opcionalmente, la aplicación simultánea de radiación de luz.

Más en detalle, la tobera divergente comprende una expansión creciente, con un ángulo de entre 5° y 30°, desde una primera sección del canal interior hasta una segunda sección. La forma específica del ensanchamiento evita que se produzca el desprendimiento del flujo, y por tanto, la recirculación del mismo dentro de las cámaras de remanso, lo cual no permitiría

el control del grado de depuración del agua y por tanto incidiría de forma negativa en la eficiencia del tratamiento del agua.

5 Cabe mencionar que la segunda sección es máxima en el punto de transición de la forma de tobera divergente a la forma de tobera convergente, determinándose experimentalmente, y por simulaciones numéricas, como un diseño que mejora la eficiencia del tratamiento del agua.

10 Según otro aspecto de la invención, el canal interior comprende un cátodo de la celda electroquímica, de cara a una mayor eficiencia en el tratamiento del agua. Cabe señalar en este punto que la transferencia de los electrones en la densidad de corriente total, por la disposición singular del cátodo con respecto a la superficie anódica, favorece la corriente eléctrica para obtener velocidades mayores en las reacciones redox. Por otro lado, la optimización del tiempo de residencia del agua tratada en la cavidad de la celda reduce el deterioro de los electrodos además de uniformizar el grado de depuración del agua, lo que es
15 especialmente relevante en los procesos de inactivación de patógenos para evitar el desarrollo de resistencia microbiana al tratamiento.

Opcionalmente, el cátodo es una cinta metálica colocada sobre al menos una pared del canal interior, siguiendo al menos parcialmente la geometría del recorrido, de manera que se
20 maximiza el volumen de agua tratada. Señalar que la cinta metálica se encuentra preferentemente adherida a las paredes internas del canal interior hidrodinámico.

Complementariamente, la celda electroquímica comprende un ánodo en una segunda pieza dispuesta por debajo de la primera pieza con al menos un canal interior, de modo que se
25 establece una diferencia de potencial electroquímico, que suscita la transferencia de partículas cargadas desde un punto al otro.

Adicionalmente, la segunda pieza tapa el al menos un canal interior de la primera pieza, de manera que se acaba de conformar el canal interior, y el recorrido por el que ha de circular el
30 agua a tratar sin que se produzcan pérdidas ni filtrados indeseados.

Según otro aspecto de la invención, el dispositivo reactor para el tratamiento de aguas comprende medios de iluminación LED de la primera cavidad a través de una segunda cavidad en el interior de una carcasa, de modo que se produce una aplicación simultánea de
35 iluminación LED con el potencial eléctrico externo. Señalar a este respecto que la interacción

de la radiación LED incide hasta la superficie fotocatalizadora del ánodo a través de la disolución. Así la disposición del cátodo con respecto al foto-ánodo garantiza la separación de las cargas generadas en la fotocatálisis, incrementando la concentración de radicales oxidantes con la aplicación de menor voltaje. Por otra parte, la optimización del tiempo de residencia del agua tratada en la cavidad de la celda reduce el deterioro de los electrodos, del cátodo y del ánodo, además de uniformizar el grado de depuración del agua, lo que es especialmente relevante en los procesos de inactivación de patógenos para evitar el desarrollo de resistencia microbiana al tratamiento. Así, la utilización de sistemas de iluminación LED multiplica por hasta un factor de diez el tiempo de vida útil de los electrodos en comparación con otros dispositivos conocidos en el estado de la técnica.

Complementariamente, la carcasa comprende unos primeros medios de cierre de la segunda cavidad por su lado superior, donde los primeros medios de cierre comprenden medios de disipación de calor de los medios de iluminación LED, de modo que dichos medios pueden actuar durante mayor tiempo y a una mayor intensidad, sin perjudicar a otros elementos del sistema. Opcionalmente los medios de disipación de calor son una placa disipadora de calor.

Según una realización preferente de la invención, la carcasa comprende unos segundos medios de cierre de la segunda cavidad por su lado inferior, donde los segundos medios de cierre comprenden al menos una tapa de cuarzo, donde la tapa de cuarzo permite el paso de la luz de los medios de iluminación LED. De este modo se conforma un canal estanco, que evita las filtraciones y pérdidas del agua en tratamiento, al tiempo que posibilita la aplicación de medios de iluminación LED.

Complementariamente, el dispositivo reactor para el tratamiento de aguas comprende una fuente de alimentación eléctrica conectada al cátodo y/o al ánodo y/o a los medios de iluminación LED, posibilitando su función simultánea para efectuar un tratamiento de aguas mediante foto electro-oxidación que permite alcanzar la mineralización de contaminantes químicos y la inactivación de microorganismos patógenos simultáneamente. En particular, la fuente de alimentación eléctrica es de corriente continua, y está conectada al colector de cargas de los electrodos para obtener la transferencia de carga deseada.

Preferentemente, la segunda cavidad del interior de la carcasa de la celda electroquímica comprende un recubrimiento reflectante de la luz, de manera que la luz emitida por los medios

de iluminación LED incide de modo repetido, y por tanto más eficientemente, con el agua a tratar.

5 Por otra parte, la segunda cavidad del interior de la carcasa de la celda electroquímica comprende al menos un orificio de ventilación, lo que posibilita una mejor evacuación del calor, y una mejor función de los componentes eléctricos y de iluminación.

10 En una realización preferida de la invención, la celda electroquímica comprende al menos una primera junta de estanqueidad por encima de la primera pieza y/o al menos una segunda junta de estanqueidad por debajo de la primera pieza, siendo dicha primera o segunda junta de estanqueidad preferentemente de un material elastómero. Dichas juntas permiten garantizar la estanqueidad del sistema, al seguir además la forma del canal interior distribuidor de flujo de agua.

15 Complementariamente, la celda electroquímica comprende terceros medios de cierre por su lado inferior con medios de nivelación regulables, de modo que se posibilita el inclinar el reactor, de forma que las burbujas asciendan hasta el punto de salida del agua tratada, siendo éste, la acumulación de burbujas de O_2 y H_2 en la superficie de los electrodos, un problema habitual. Así, la invención propuesta promueve su eliminación de forma sencilla.

20 Adicionalmente, la celda electroquímica comprende medios de unión de la carcasa con la primera junta de estanqueidad y/o con la primera pieza y/o con la segunda junta de estanqueidad y/o con la segunda pieza y/o con los terceros medios de cierre, de cara a conformar un conjunto compacto, sin juegos ni holguras.

25 Es también objeto de la presente invención un sistema para el tratamiento de aguas que comprende al menos un tanque de alimentación con el agua contaminada en conexión con al menos una bomba impulsora del agua, en conexión con al menos un dispositivo reactor según lo descrito con anterioridad, en conexión con al menos un tanque de almacenamiento con el
30 agua depurada.

En los dibujos adjuntos se muestra, a título de ejemplo no limitativo, un dispositivo reactor para el tratamiento de aguas constituido de acuerdo con la invención. Otras características y ventajas de dicho dispositivo reactor para el tratamiento de aguas, objeto de la presente

invención, resultarán evidentes a partir de la descripción de una realización preferida, pero no exclusiva, que se ilustra a modo de ejemplo no limitativo en los dibujos que se acompañan.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5

Figura 1- Vista general en perspectiva del dispositivo reactor para el tratamiento de aguas y de los elementos a los que se conecta, de acuerdo con la presente invención;

Figura 2- Vista de detalle del dispositivo reactor para el tratamiento de aguas, de acuerdo con la presente invención;

10 Figura 3- Vista de despiece de los elementos que conforman el dispositivo reactor para el tratamiento de aguas, de acuerdo con la presente invención;

Figura 4- Vista de detalle de la primera pieza que conforma el canal interior del dispositivo reactor para el tratamiento de aguas, de acuerdo con la presente invención;

15 Figura 5- Vista de detalle del canal interior y de la cámara de remanso del dispositivo reactor para el tratamiento de aguas, de acuerdo con la presente invención;

Figura 6- Vista de detalle del cátodo del dispositivo reactor para el tratamiento de aguas, de acuerdo con la presente invención;

Figura 7- Vista de detalle del ánodo del dispositivo reactor para el tratamiento de aguas, de acuerdo con la presente invención;

20 Figura 8- Vista de detalle de una junta del dispositivo reactor para el tratamiento de aguas, de acuerdo con la presente invención;

DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERENTE

25 A la vista de las mencionadas figuras y, de acuerdo con la numeración adoptada, se puede observar en ellas un ejemplo de realización preferente de la invención, comprendiendo las partes y elementos que se indican y describen en detalle a continuación.

30 En la figura 1 se puede observar una vista general en perspectiva del dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1) y de los elementos a los que se conecta, incluyendo un tanque de alimentación (81) con el agua (1) a tratar, la cual es impulsada por una bomba impulsora (82) hacia dicho reactor (2) con una celda electroquímica (3), apoyado en el suelo con unos medios de nivelación (72), y conectado a una fuente de alimentación eléctrica (68) como suministro de energía, saliendo finalmente el agua (1) tratada hacia un tanque de
35 almacenamiento (83).

En la figura 2 se puede observar una vista de detalle del dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1) y en concreto la celda electroquímica (3), en la cual se aprecia la posición del ánodo (32), anexo a una primera pieza (4), anexo a una primera junta (52) y una segunda junta (53), a un lado de la carcasa (6), y en su interior una segunda cavidad (63) que incluye un recubrimiento reflectante (66), y en sus paredes al menos un orificio de ventilación (67). A ambos lados cuenta con unos terceros medios de cierre (71) y unos medios de unión (73).

En la figura 3 se puede observar una vista de despiece de los elementos que conforman el dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1). A un lado se aprecia la carcasa (6) con los medios de iluminación (61) y los medios de disipación (62), y a ambos lados de la segunda cavidad (63) cuenta con los primeros medios de cierre (64) y los segundos medios de cierre (65), en concreto una tapa de cuarzo (65a). A continuación, se observa la primera pieza (4) flanqueada con una primera junta (52) y una segunda junta (53). Finalmente se localiza un ánodo (32) con unos terceros medios de cierre (71), sujetos por los medios de unión (73).

En la figura 4 se puede observar una vista de detalle de la primera pieza (4) que conforma el canal interior (42) del dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), que incluye una primera cavidad (41) con una pluralidad de cámaras de remanso (42c) a lo largo del recorrido (42a). También se aprecia la posición del cátodo (31), que consiste en una cinta metálica (31a).

En la figura 5 se puede observar una vista de detalle del canal interior (42) y de la cámara de remanso (42c) del dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1). Se aprecia que el primer tramo (42e) da comienzo con una primera sección (42b), y a partir del punto de transición (42k), da comienzo un segundo tramo (42f) que alcanza una mayor amplitud hasta llegar a una segunda sección (42d). En el caso del primer tramo (42e) se tiene una tobera divergente (42g) con una expansión (42h) a través de un ángulo (42i), mientras que en el segundo tramo (42f) se tiene tobera convergente (42j) hasta llegar de nuevo al valor de la primera sección (42b).

En la figura 6 se puede observar una vista de detalle del cátodo (31) del dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), integrado por una cinta metálica (31a).

En la figura 7 se puede observar una vista de detalle del ánodo (32) como segunda pieza (51) del dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1).

5 En la figura 8 se puede observar una vista de detalle de una junta del dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), pudiendo representar bien una primera junta (52), bien una segunda junta (53).

10 Más en particular, tal y como se observa en las figuras 3 y 4, el dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1) comprende al menos una celda electroquímica (3) con una primera pieza (4), la cual comprende una primera cavidad (41) con al menos un canal interior (42), donde el canal interior (42) presenta un recorrido (42a) con al menos una cámara de remanso (42c) del flujo de agua (1).

15 Preferentemente, tal y como se observa en las figuras 3 y 4, el dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1) comprende una pluralidad de cámaras de remanso (42c) del flujo de agua (1), situadas a lo largo del recorrido (42a) del canal interior (42) de la primera pieza (4).

20 Más específicamente, tal y como se observa en las figuras 4 y 5, el canal interior (42) presenta una primera sección (42b), y la al menos una cámara de remanso (42c) presenta en al menos un punto de su longitud una segunda sección (42d), siendo la longitud de la segunda sección (42d) mayor que la de la primera sección (42b).

25 En una realización preferida de la invención, tal y como se observa en las figuras 4 y 5, la al menos una cámara de remanso (42c) presenta un primer tramo (42e) de su longitud en forma de tobera divergente (42g), unido a un segundo tramo (42f) de su longitud en forma de tobera convergente (42j).

30 Más en detalle, tal y como se observa en la figura 5, la tobera divergente (42g) comprende una expansión (42h) creciente, con un ángulo (42i) de entre 5° y 30°, desde una primera sección (42b) del canal interior (42) hasta una segunda sección (42d), de cara a que las cámaras de remanso (42c) presenten una forma especialmente diseñada para que no exista desprendimiento del flujo.

Más concretamente, tal y como se observa en la figura 5, la segunda sección (42d) es máxima en el punto de transición (42k) de la forma de tobera divergente (42g) a la forma de tobera convergente (42j). Así el agua (1) a tratar pasa de una zona con una primera sección (42b) a otra segunda sección (42d), teniendo su relación de expansión el valor de $\gamma = b/a \geq 2$. Mientras más pequeño sea el ángulo α (42i), mayor será el caudal de agua (1) que puede tratar la celda electroquímica (3) sin tener problemas de desprendimiento de corriente, aunque mayor será la longitud necesaria c del primer tramo (42e) para una relación de expansión (42h) dada, donde el valor de c se asimila al valor de $b/2 \tan \alpha$. Añadir que el rango recomendado para el ángulo (42i), siguiendo las recomendaciones generales de diseño de expansiones de flujo es $5^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$. Para valores más pequeños del ángulo (42i), la longitud del primer tramo (42e) sería demasiado grande. Para valores mayores existe riesgo de desprendimiento de flujo. Y precisar que la tobera divergente (42g) se acopla de forma tangencial con la tobera convergente (42j) para volver a la anchura del canal interior (42), siendo el segundo tramo (42f) de una longitud ser más igual o más corta que el primer tramo (42e) de la tobera divergente (42g), puesto que el ángulo de la contracción puede ser igual o menor que el de la expansión (42h), sin que exista de esta forma peligro de desprendimiento de flujo, y sin aumentar sensiblemente las pérdidas de presión a lo largo del canal interior (42).

Opcionalmente, tal y como se observa en las figuras 4 y 6, el canal interior (42) comprende un cátodo (31) de la celda electroquímica (3).

Más concretamente, tal y como se observa en las figuras 4 y 6, el cátodo (31) es una cinta metálica (31a) colocada sobre al menos una pared del canal interior (42), siguiendo al menos parcialmente la geometría del recorrido (42a). Señalar que la cinta metálica es preferentemente de acero inoxidable, por ej. AISI 316, y que se encuentra adherida a las paredes internas del canal interior (42) hidrodinámico.

Por otra parte, tal y como se observa en la figura 7, la celda electroquímica (3) comprende un ánodo (32) en una segunda pieza (51) dispuesta por debajo de la primera pieza (4) con al menos un canal interior (42).

Adicionalmente, tal y como se observa en las figuras 4 y 7, la segunda pieza (51) tapa el al menos un canal interior (42) de la primera pieza (4). Y concretamente, la segunda pieza (51) es una lámina metálica que soporta el material foto catalizador cuyo espesor puede variar en un intervalo óptimo de 0,5 a 2 mm.

Según otro aspecto de la invención, tal y como se observa en la figura 3, el dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1) comprende medios de iluminación (61) LED de la primera cavidad (41) a través de una segunda cavidad (63) en el interior de una carcasa (6), donde los medios de iluminación (61) LED cuentan con un driver o controlador propio. Señalar que los medios de iluminación (61) LED presentan la opción de aplicar tres longitudes de onda diferentes, que pueden ser de 275, 365 ó 385 nm, en función del grado de contaminación del agua, lo que permite reducir costes en función de la absorbancia del medio. Este tipo de luminaria, además de tener un tiempo de vida útil mayor que las lámparas utilizadas tradicionalmente, y de no ser contaminantes, aprovechan el 90% de la energía para generar radiación.

Preferentemente, tal y como se observa en la figura 3, la carcasa (6) comprende unos primeros medios de cierre (64) de la segunda cavidad (63) por su lado superior, donde los primeros medios de cierre (64) comprenden medios de disipación (62) de calor de los medios de iluminación (61) LED.

Según otro aspecto de la invención, tal y como se observa en la figura 3, la carcasa (6) comprende unos segundos medios de cierre (65) de la segunda cavidad (63) por su lado inferior, donde los segundos medios de cierre (65) comprenden al menos una tapa de cuarzo (65a).

Complementariamente, tal y como se observa en la figura 1, el dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), comprende una fuente de alimentación eléctrica (68) conectada al cátodo (31) y/o al ánodo (32) y/o a los medios de iluminación (61) LED.

Adicionalmente, tal y como se observa en la figura 2, la segunda cavidad (63) del interior de la carcasa (6) de la celda electroquímica (3) comprende un recubrimiento reflectante (66) de la luz.

Por otra parte, tal y como se observa en la figura 2, la segunda cavidad (63) del interior de la carcasa (6) de la celda electroquímica (3) comprende al menos un orificio de ventilación (67).

Complementariamente, tal y como se observa en las figuras 2 y 3, la celda electroquímica (3) comprende al menos una primera junta (52) de estanqueidad por encima de la primera pieza (4) y/o al menos una segunda junta (53) de estanqueidad por debajo de la primera pieza (4).

- 5 Preferentemente, tal y como se observa en las figuras 1 y 3, la celda electroquímica (3) comprende terceros medios de cierre (71) por su lado inferior con medios de nivelación (72) regulables, de cara a llegar a una posición preferiblemente en horizontal.

- 10 Según una realización preferente de la invención, tal y como se observa en las figuras 2 y 3, la celda electroquímica (3) comprende medios de unión (73) de la carcasa (6) con la primera junta (52) de estanqueidad y/o con la primera pieza (4) y/o con la segunda junta (53) de estanqueidad y/o con la segunda pieza (51) y/o con los terceros medios de cierre (71). Precisar que los medios de unión (73) comprenden tuercas y/o tornillos de apriete. Añadir que la celda electroquímica (3), y en concreto la carcasa (6) y diferentes piezas pueden fabricarse
15 mediante la técnica de impresión 3D.

- Es también objeto de la presente invención, tal y como se observa en la figura 1, un sistema para el tratamiento de aguas (1) que comprende al menos un tanque de alimentación (81) con el agua (1) contaminada en conexión con al menos una bomba impulsora (82) del agua (1),
20 en conexión con al menos un dispositivo reactor (2) en conexión con al menos un tanque de almacenamiento (83) con el agua (1) depurada.

- Los detalles, las formas, las dimensiones y demás elementos accesorios, así como los componentes empleados en la implementación del dispositivo reactor (2) para el tratamiento
25 de aguas (1), podrán ser convenientemente sustituidos por otros que sean técnicamente equivalentes, y no se aparten de la esencialidad de la invención ni del ámbito definido por las reivindicaciones que se incluyen a continuación de la siguiente lista.

Lista referencias numéricas:

	1	agua
	2	reactor
5	3	celda electroquímica
	31	cátodo
	31a	cinta metálica
	32	ánodo
	4	primera pieza
10	41	primera cavidad
	42	canal interior
	42a	recorrido
	42b	primera sección
	42c	cámara de remanso
15	42d	segunda sección
	42e	primer tramo
	42f	segundo tramo
	42g	tobera divergente
	42h	expansión
20	42i	ángulo
	42j	tobera convergente
	42k	punto de transición
	51	segunda pieza
	52	primera junta
25	53	segunda junta
	6	carcasa
	61	medios de iluminación
	62	medios de disipación
	63	segunda cavidad
30	64	primeros medios de cierre
	65	segundos medios de cierre
	65a	tapa de cuarzo
	66	recubrimiento reflectante
	67	orificio de ventilación
35	68	fuentes de alimentación eléctrica

- 71 terceros medios de cierre
- 72 medios de nivelación
- 73 medios de unión
- 81 tanque de alimentación
- 5 82 bomba impulsora
- 83 tanque de almacenamiento

REIVINDICACIONES

- 1- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1) que comprende al menos una celda electroquímica (3) con una primera pieza (4), la cual comprende una primera cavidad (41) con al menos un canal interior (42), caracterizado por que el canal interior (42) presenta un recorrido (42a) con al menos una cámara de remanso (42c) del flujo de agua (1).
- 2- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende una pluralidad de cámaras de remanso (42c) del flujo de agua (1), situadas a lo largo del recorrido (42a) del canal interior (42) de la primera pieza (4).
- 3- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el canal interior (42) presenta una primera sección (42b), y la al menos una cámara de remanso (42c) presenta en al menos un punto de su longitud una segunda sección (42d), siendo la longitud de la segunda sección (42d) mayor que la de la primera sección (42b).
- 4- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según la reivindicación 3, caracterizado por que la al menos una cámara de remanso (42c) presenta un primer tramo (42e) de su longitud en forma de tobera divergente (42g), unido a un segundo tramo (42f) de su longitud en forma de tobera convergente (42j).
- 5- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según la reivindicación 4, caracterizado por que la tobera divergente (42g) comprende una expansión (42h) creciente, con un ángulo (42i) de entre 5° y 30°, desde una primera sección (42b) del canal interior (42) hasta una segunda sección (42d).
- 6- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según la reivindicación 5, caracterizado por que la segunda sección (42d) es máxima en el punto de transición (42k) de la forma de tobera divergente (42g) a la forma de tobera convergente (42j).
- 7- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el canal interior (42) comprende un cátodo (31) de la celda electroquímica (3).

- 8- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según la reivindicación 7, caracterizado por que el cátodo (31) es una cinta metálica (31a) colocada sobre al menos una pared del canal interior (42), siguiendo al menos parcialmente la geometría del recorrido (42a).
- 5 9- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la celda electroquímica (3) comprende un ánodo (32) en una segunda pieza (51) dispuesta por debajo de la primera pieza (4) con al menos un canal interior (42).
- 10 10- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según la reivindicación 9, caracterizado por que la segunda pieza (51) tapa el al menos un canal interior (42) de la primera pieza (4).
- 15 11- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende medios de iluminación (61) LED de la primera cavidad (41) a través de una segunda cavidad (63) en el interior de una carcasa (6).
- 20 12- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según la reivindicación 11, caracterizado por que la carcasa (6) comprende unos primeros medios de cierre (64) de la segunda cavidad (63) por su lado superior, donde los primeros medios de cierre (64) comprenden medios de disipación (62) de calor de los medios de iluminación (61) LED.
- 25 13- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según la reivindicación 12, caracterizado por que la carcasa (6) comprende unos segundos medios de cierre (65) de la segunda cavidad (63) por su lado inferior, donde los segundos medios de cierre (65) comprenden al menos una tapa de cuarzo (65a).
- 30 14- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según las reivindicaciones 7, 9 y 11, caracterizado por que comprende una fuente de alimentación eléctrica (68) conectada al cátodo (31) y/o al ánodo (32) y/o a los medios de iluminación (61) LED.
- 35 15- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según la reivindicación 11, caracterizado por que la segunda cavidad (63) del interior de la carcasa (6) de la celda electroquímica (3) comprende un recubrimiento reflectante (66) de la luz.

16- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según la reivindicación 11, caracterizado por que la segunda cavidad (63) del interior de la carcasa (6) de la celda electroquímica (3) comprende al menos un orificio de ventilación (67).

5

17- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la celda electroquímica (3) comprende al menos una primera junta (52) de estanqueidad por encima de la primera pieza (4) y/o al menos una segunda junta (53) de estanqueidad por debajo de la primera pieza (4).

10

18- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la celda electroquímica (3) comprende terceros medios de cierre (71) por su lado inferior con medios de nivelación (72) regulables.

15

19- Dispositivo reactor (2) para el tratamiento de aguas (1), según las reivindicaciones 9, 11, 17 y 18, caracterizado por que la celda electroquímica (3) comprende medios de unión (73) de la carcasa (6) con la primera junta (52) de estanqueidad y/o con la primera pieza (4) y/o con la segunda junta (53) de estanqueidad y/o con la segunda pieza (51) y/o con los terceros medios de cierre (71).

20

20- Sistema para el tratamiento de aguas (1) que comprende al menos un tanque de alimentación (81) con el agua (1) contaminada en conexión con al menos una bomba impulsora (82) del agua (1), en conexión con al menos un dispositivo reactor (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en conexión con al menos un tanque de almacenamiento (83) con el agua (1) depurada.

25

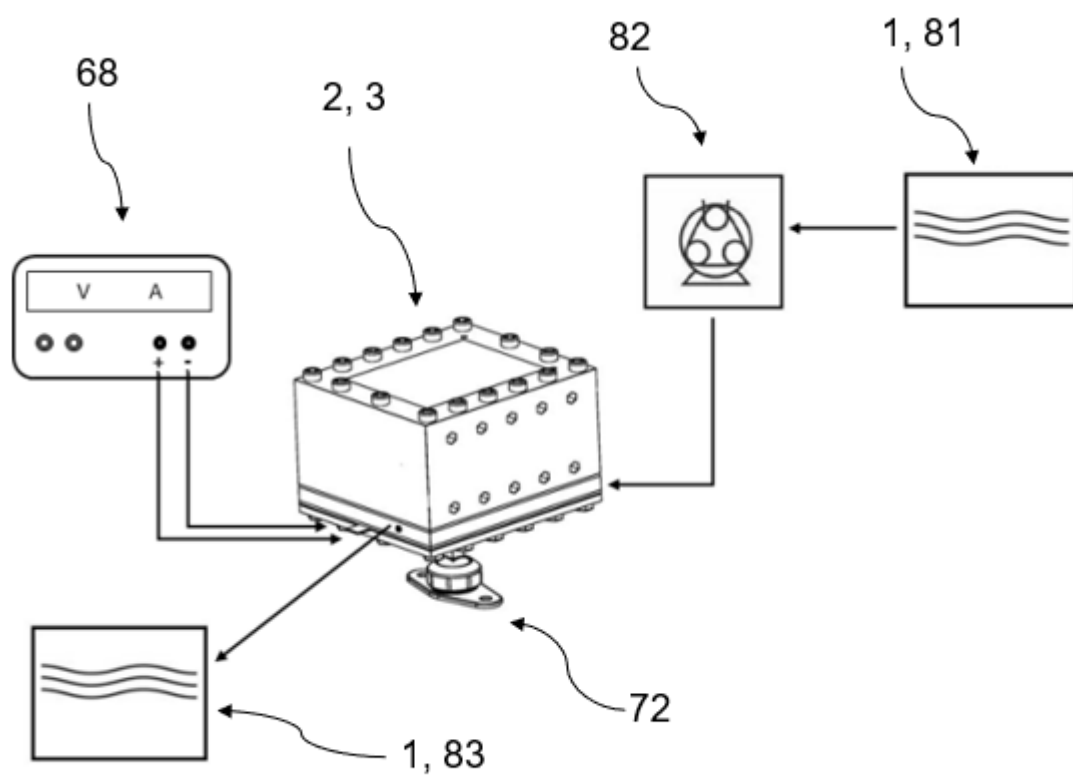


FIG.1

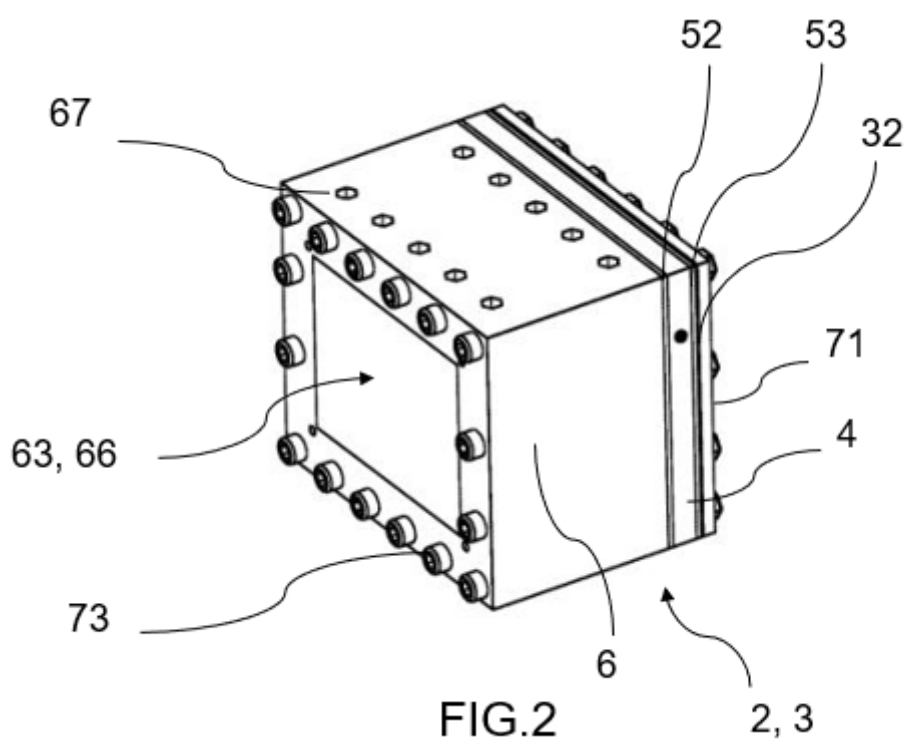


FIG.2

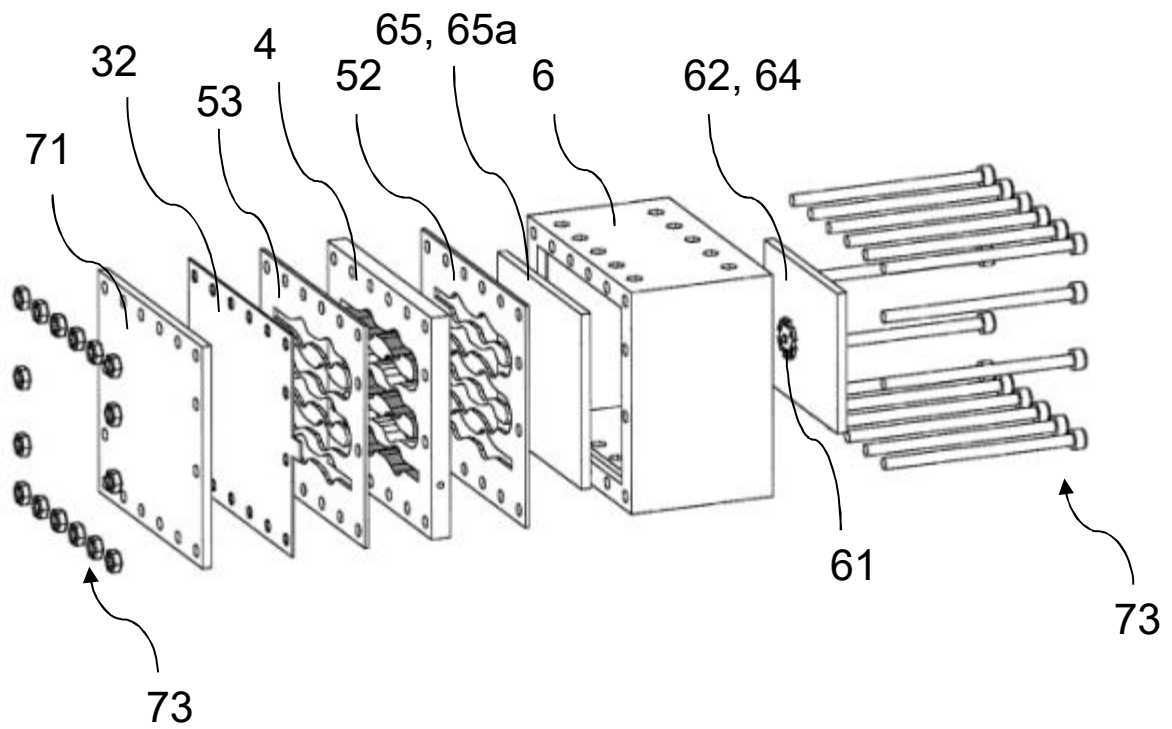


FIG. 3

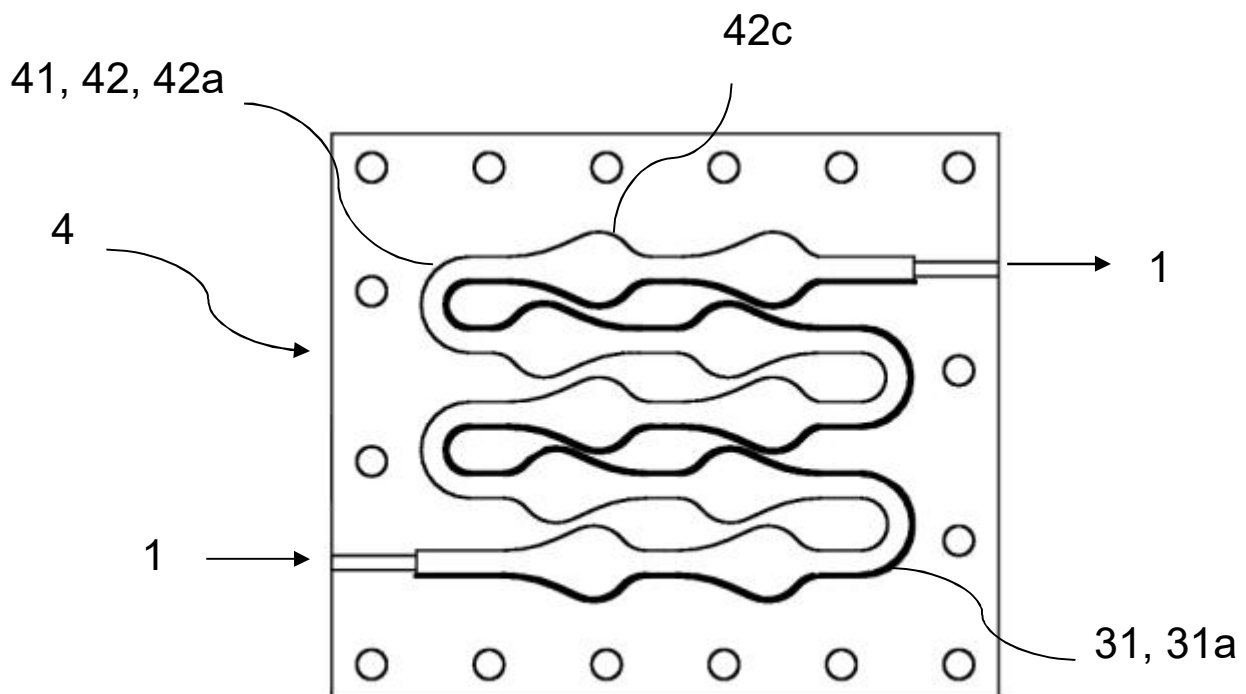


FIG. 4

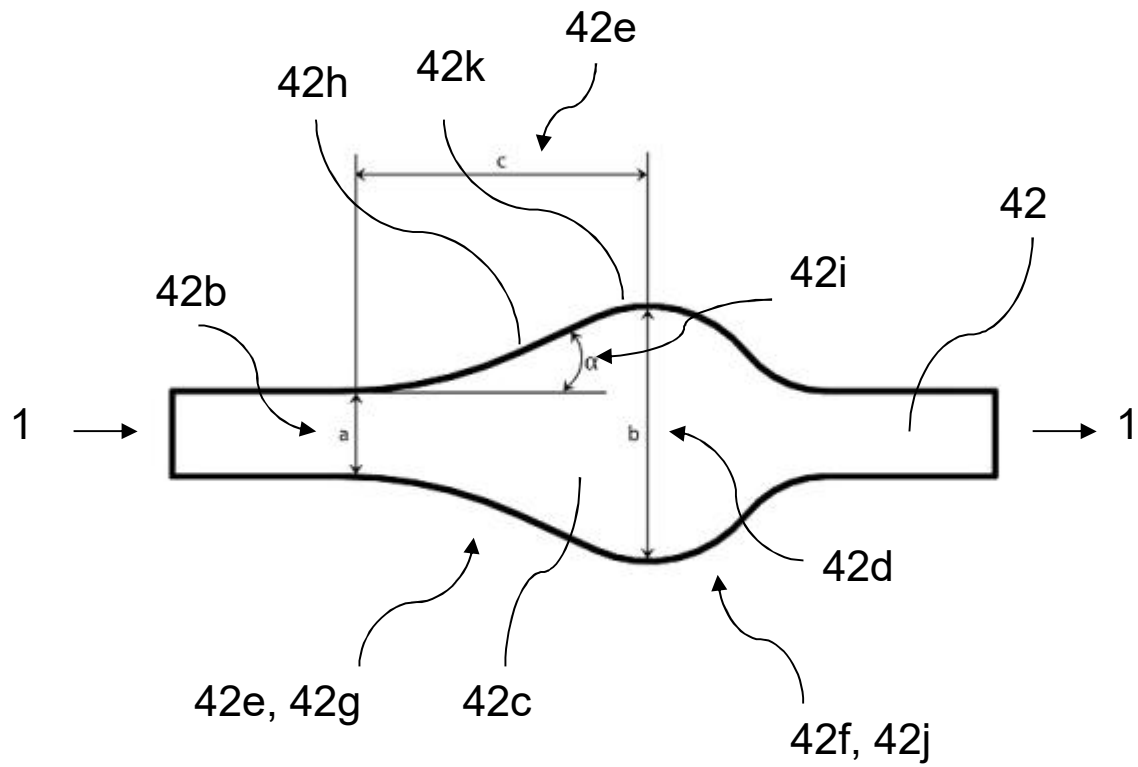


FIG.5

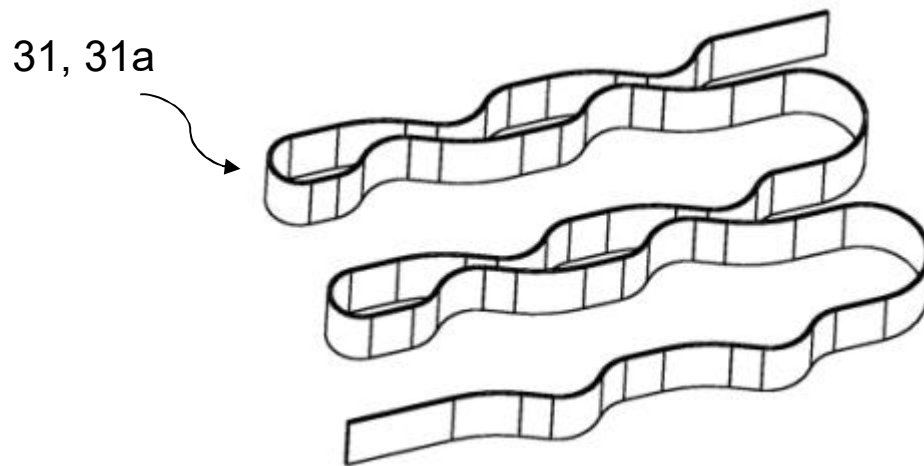


FIG.6

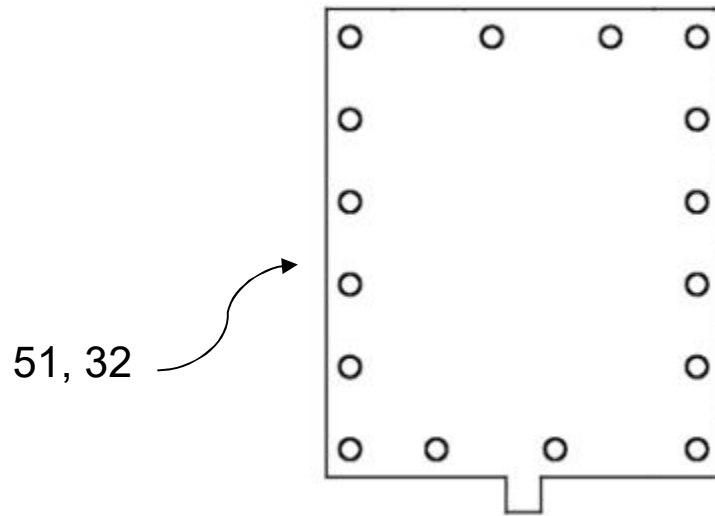


FIG. 7

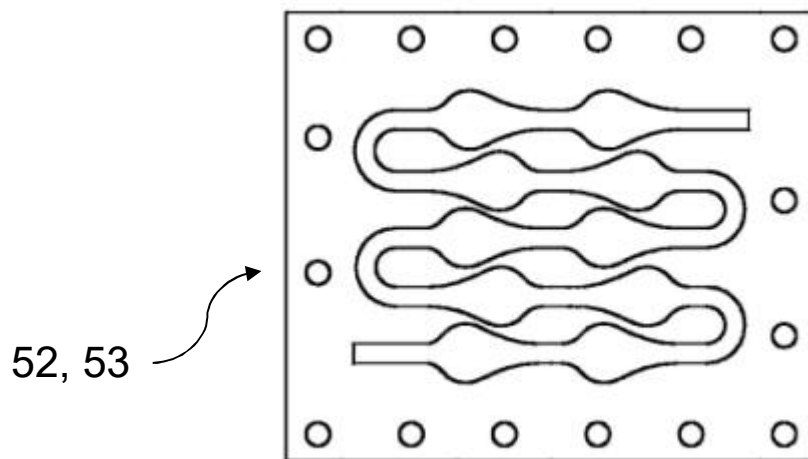


FIG. 8