

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 633**

51 Int. Cl.:

C02F 1/34 (2013.01)
H05H 1/24 (2006.01)
B01J 19/26 (2006.01)
B01J 19/00 (2006.01)
B01F 25/433 (2012.01)
B01F 25/23 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.08.2019** **E 19382703 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2024** **EP 3772488**

54 Título: **Dispositivo y método para purificar aguas residuales que contienen especies químicas contaminantes metálicas, no metálicas y metaloides**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.10.2024

73 Titular/es:

LUIS VENTURA PÉREZ (100.0%)
Rúa Mámoas, 48, parcela B72
36156 Pontevedra, ES

72 Inventor/es:

VENTURA PÉREZ, LUIS

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 984 633 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 y método para purificar aguas residuales que contienen especies químicas contaminantes metálicas, no metálicas y metaloides

OBJETO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un dispositivo para la depuración de aguas residuales que contienen especies químicas contaminantes, y que es empleado para remover y eliminar dichos contaminantes químicos de las aguas residuales actuando sobre las características de las reacciones en cuanto a su velocidad, eficiencia (cercana al 100%), temperatura de activación, reordenación de cargas aniónicas y catiónicas, interacciones electrostáticas, con posibilidades de elevados caudales de tratamiento y disminución de tiempos de reacción por debajo del minuto. El dispositivo se integra en una planta de depuración físico-química estándar la cual aporta el medio físico para la separación de los contaminantes precipitados/coagulados. La invención también se refiere al método que se lleva a cabo en dicho dispositivo, que es de pequeño tamaño y escalable.

El dispositivo según la invención es capaz de realizar un método que mejora los procesos de depuración de metales, tal como hierro, aluminio, cobre, zinc, níquel, cromo, plomo, magnesio y manganeso entre otros, no metales, tal como flúor y fósforo, entre otros, y metaloides, tal como boro, entre otros, eliminando por completo aditivos químicos de precipitación/ coagulación, mejorando la velocidad de la reacción, la eficiencia de la reacción, la velocidad de separación de los contaminantes del medio, el tiempo de consecución de resultados y el costo de tratamiento por metro cúbico tratado.

El dispositivo permite implementar un proceso que supera en velocidad y eficiencia de tratamiento a los métodos conocidos, es más económico, de un tamaño reducido, y se adapta a cualquier caudal al ser escalable.

El dispositivo ha sido desarrollado para el tratamiento de las aguas residuales industriales que presentan contaminantes complejos, muy estables en agua, contaminantes con condiciones de precipitación antagónicas, con elevada variabilidad del tipo de contaminantes, así como elevadas concentraciones de elementos contaminantes.

El incremento de la velocidad de las reacciones de precipitación/ coagulación logra una mejora importante en los tiempos de depuración con lo cual el dispositivo supera a las técnicas actuales de depuración, mejorando los costos en el desarrollo de nuevas depuradoras y en sus costos de construcción, al necesitar volúmenes de depósitos de tratamiento un 40 % menores.

La invención se adapta a cualquier depuradora físico-química que tenga un proceso de neutralización, floculación y decantación/ flotación, como consecuencia de su versatilidad y su pequeño tamaño, no siendo por lo tanto necesario realizar modificaciones en las actuales depuradoras, eliminando así los costes de inversión que otros dispositivos y métodos conllevan.

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

En el estado de la técnica son conocidos diferentes métodos y dispositivos, o equipos, para el tratamiento de depuración de líquidos y aguas residuales con especies químicas contaminantes metálicas, no metálicas y metaloides, sin embargo, dichos métodos y dispositivos no permiten conseguir un proceso estable y lineal del proceso de depuración en el tiempo ante la enorme variabilidad en concentración y características del agua residual industrial. Tampoco son conocidos métodos o dispositivos con eficiencias superiores al 99% y concentraciones iniciales superiores a los 1.000 mg/l para volúmenes superiores a los 10 m³/h. Esta imposibilidad se debe a la falta de velocidad en las reacciones de depuración, con tiempos de reacción elevados, superiores a 5 minutos, que no permiten mantener un proceso estable, al tener un compromiso importante entre caudal a tratar y el costo necesario para lograr el espacio necesario de tratamiento. Al mismo tiempo, los métodos y dispositivos no aportan la elevada energía cinética de catalización necesaria para lograr eficiencias de reacción que deben ser superiores al 99% para lograr los resultados deseados ante los actuales requisitos medio ambientales.

Hasta la fecha la mayor parte de los métodos y dispositivos de depuración de metales, no metales y metaloides son procesos físico-químicos en base a la dosificación de aditivos de precipitación/ coagulación, bien sean sales de aluminio o sales de hierro, compuestos químicos con características oxidantes, gases de diferentes tipos, o aportes de diferente energía a la propia energía cinética necesaria para el movimiento del fluido, para formar las especies hidrolizadas con carga positiva, que puedan unirse a los contaminantes del medio para la formación de coloides

En los procesos de coagulación, la estabilidad física y química del agua residual a tratar es importante para que el proceso de formación de coloides se produzca correctamente. La mínima variación en las constantes físicas (temperatura, densidad, presión, etc.), así como en las químicas (cambios en la concentración de los contaminantes, proporciones diferentes entre diferentes contaminantes, etc.) crean inestabilidad en el proceso de coagulación. El propio

proceso de coagulación no puede modificar las condiciones físicas y químicas del agua residual bruta para que la eficiencia del proceso sea la máxima teórica para cada proceso. Debido a la variación constante de las aguas residuales brutas industriales, los procesos de depuración presentan fluctuaciones en la coagulación, impidiendo que la eficiencia máxima teórica de la reacción en la formación de especies coloidales hidrolizadas llegue a cumplirse. En los proceso físico-químicos que mayoritariamente se utilizan en la actualidad, la eficiencia media de las aguas residuales tratadas se sitúa en el 82,5%, impidiendo que se alcancen en la mayor parte de los casos los objetivos medio ambientales de depuración.

Otros métodos y dispositivos son meramente testimoniales en los actuales procesos de depuración físico-química, presentando serios problemas para mantener en el tiempo el proceso de depuración de forma estable. Estos problemas de estabilidad derivan de problemas en cuanto a los costos de tratamiento, bien por consumos de aditivos químicos específicos, consumos importantes de energía, elevados costos de adquisición y/o de mantenimiento, tiempos de tratamiento importantes que conlleva a grandes superficies de depuración o a tratar pequeños volúmenes, eficiencias de resultado inferiores a los requisitos medio ambientales, etc. Entre estos dispositivos se encuentran equipos de ultrasonidos, equipos de electrocoagulación descritos en el documento WO03/032452A1, equipos que producen cavitaciones hidrodinámicas como el del documento WO03/082753A1, etc.

Se conocen dispositivos para la generación de un plasma, pero con diferentes adiciones de gases o productos que reaccionan con el agua residual. En el documento US9,346,691B2 se describe un método para la formación de un plasma que está basado en la introducción de un gas en un sistema rotativo con un gasto energético adicional. Otro dispositivo de generación de un plasma, como el descrito en el documento US9,475,713B2, utiliza corriente eléctrica que se descargan a una corriente de agua que se encuentra presurizada en mayor o menor medida. En otros dispositivos para la generación del plasma se hace necesario el incremento de temperatura, como sucede en el documento WO97/22556A1.

El documento WO 01/87473 A1, miembro de la familia del documento US 2004/099614 A1, describe un dispositivo de purificación que describe procesos de rotación con altas fuerzas centrífugas que crean un principio de oxidación para el tratamiento de COD y especies biológicas presentes en aguas residuales, con altos tiempos de purificación para especies oxidables (COD) de tres horas. Este dispositivo no hace referencia a la depuración de elementos metálicos en el agua residual.

Asimismo, en muchos documentos de patente se especifican resultados obtenidos por movimientos de rotación que generan elevadas fuerzas centrífugas, que no se dan en el dispositivo de la invención, con elementos para movimientos rotacionales que generan grandes fuerzas centrífugas con tiempos de tratamiento altos y eficacias menores en el tiempo. Estos movimientos permiten variar condiciones químicas del agua residual para modificar las constantes de solubilidad. La modificación de estas constantes mejora la eficiencia de las reacciones, pero siempre con la inclusión de un aditivo que sea capaz de desencadenar la reacción de precipitación/coagulación.

Otros documentos hablan de procesos de cavitación hidrodinámica en los cuales se necesitan elevados gastos energéticos para conseguir las presiones tan elevadas para lograr el proceso. El proceso con estas invenciones es constante no pudiendo variarse su dinámica en función del tipo de agua residual bruta que se trata, produciéndose un proceso oxidativo en el agua, nunca reductor para afectar a metales y metaloides, y siendo necesario la adición de aditivos para poder desencadenar el proceso. Estas técnicas en su mayoría se dirigen a la degradación de materia orgánica en aguas residuales.

Se proporcionan ejemplos adicionales de dispositivos en los documentos US 2 597 422 A, US 6 221 260 B1, US 2009/321367 A1 y US 2008/099410 A1.

La invención presenta importantes ventajas con respecto a los tratamientos mencionados, logrando eficiencias elevadas a lo largo del tiempo y mejoras muy significativas en los procesos de formación de coloides en la depuración de metales, no metales y metaloides.

En todos los casos, con la presente invención se logra un proceso estable en el tiempo en cuanto con una eficiencia superior al 99 % en cuanto a la eliminación de los contaminantes descritos. Asimismo, la velocidad de la reacción se incrementa logrando reacciones de precipitación/ coagulación en tiempos menores a 1 minuto, que aportan muchas ventajas en cuanto a los costos de utilización y de inversión de la depuradora, utilizando espacios un 40% inferiores a los actuales dispositivos presentes en el mercado.

La invención aporta una elevada energía de activación a las reacciones que deriva del impacto a elevada velocidad y presión, este choque ioniza las partículas del flujo incrementando las interacciones electromagnéticas, vaporizando un porcentaje elevado del flujo, produciéndose una hidrólisis controlada que permite crear las condiciones de reacción adecuadas, generando los grupos hidroxilos necesarios para ayudar en la precipitación/coagulación y la estabilidad en la reacción, evitando problemas de bidireccionalidad en las reacciones de precipitación/coagulación con aditivos químicos.

El dispositivo y método de la invención regulan el proceso de depuración ante la variabilidad de las aguas de entrada midiendo internamente los parámetros necesarios para controlar las reacciones de precipitación/coagulación y así ajustar para cada caso la energía necesaria alcanzar la eficiencia del 99%.

5 El dispositivo objeto de la invención presenta un tamaño pequeño para elevados caudales, teniendo un tamaño, aproximado y preferiblemente de 80 cm x 20 cm x 80 cm, para un caudal de tratamiento de 288 m³/día. El equipo es completamente escalable por lo que es posible tratamientos mayores con una elevada viabilidad económica.

10 Debido a estas ventajas el dispositivo es capaz de crear las condiciones físico-químicas adecuadas para incrementar la eficiencia de las reacciones químicas necesarias, aportando la energía para que una reacción química, que en términos generales son bidireccionales, logre mantener una única dirección consiguiendo especies químicas estables y coagulables.

15 En una reacción de coagulación de un compuesto metálico, no metálico y metaloide, que denominaremos especie química A, se dosifica una cantidad conocida de un aditivo químico que denominaremos B. A medida que se dosifica el aditivo B la reacción pasa gradualmente a la especie química AB, que puede potencialmente formar un coloide. La problemática actual radica en el momento en el cual la concentración de la especie AB se encuentre en sobresaturación con respecto a las especies A+B, la especie AB volvería a disociarse en A y B para mantener su equilibrio químico en el agua residual. Estos procesos de depuración en los cuales se deben añadir aditivos químicos
20 presenta esta reversibilidad porque no logran una especie química AB estable en el medio al incluir un compuesto químico que varía las condiciones químicas del agua residual, creándose un estado de semi-estabilidad, que disocia la especie química AB, si las concentraciones de las especies químicas A y B varían, y las condiciones físicas no son las adecuadas al no adecuarse a las nuevas condiciones de la reacción. Esto es por lo que en la actualidad no se
25 logran eficiencias en el tiempo superiores en este tipo de reacciones.

El dispositivo objeto de la presente invención permite mantener la reacción debido a que se crean las condiciones físico-químicas necesarias para que la especie AB sea una especie estable, debido a elevadas energías de activación por las interacciones electromagnéticas que crean compuestos coloidales sin incluir aditivos. Cualquier conjunto de
30 elementos químicos en unas condiciones físicas adecuadas (temperatura, presión, luz, etc..) y también unas condiciones químicas adecuadas (concentración adecuada, medios adecuados, etc.) puede crear elementos con estructuras estables que puedan dar lugar a sólidos estables, como es el caso de la formación de cristales que dan lugar a los minerales.

35 El método de tratamiento en el que se incorpore el dispositivo objeto de la presente invención se basa en adecuar constantemente las condiciones físicas, e influir sobre los condicionantes químicos para lograr las condiciones ideales para la precipitación/coagulación de los contaminantes metálicos, no metálicos y metaloides, influyendo principalmente en los condicionantes anteriormente mencionados. De esta forma, la estabilidad de la especie química AB se logra por el incremento de energía, como cambio de condiciones físicas y químicas derivadas de la energía cinética, que
40 permite conseguir una reacción unidireccional.

DESCRIPCION DE LA INVENCION

45 La presente invención tiene como primer objeto un dispositivo para la depuración de aguas residuales que contienen especies químicas contaminantes según la reivindicación 1. Características adicionales de la invención se incluyen en las reivindicaciones dependientes.

En concreto, se refiere a un dispositivo que comprende un colector de entrada, seguido de una cámara de mezcla rápida de pequeño tamaño, de la cual parten cuatro circuitos de flujo turbulento que comprenden unas válvulas de
50 regulación de presión a la entrada de cada circuito, y que finalizan en una cámara denominada cámara plasmática en la que confluyen los cuatro circuitos de flujo turbulento. A continuación de la cámara se dispone un circuito que canaliza el agua saliente.

Mediante el presente dispositivo se consiguen eliminar las problemáticas de los tratamientos y dispositivos actuales
55 del estado de la técnica, al no ser necesario dosificar aditivos para mantener una unidireccionalidad de la reacción.

Como se ha mencionado, el dispositivo de la invención permite eliminar contaminantes metálicos, no metálicos y metaloides en un medio acuoso a través de procesos que modifican el estado químico de estos contaminantes al crear interacciones electromagnéticas que generan partículas con una elevada carga eléctrica. La creación de estas fuertes
60 interacciones electromagnéticas da lugar a la carga eléctrica de las partículas que logran un mayor número de contactos entre compuestos metálicos, no metálicos y metaloides, creándose un proceso, al mismo tiempo, que generan una hidrólisis. La generación de esta hidrólisis da lugar a la creación de grupos hidroxilos que son recogidos por las partículas ionizadas para su precipitación/coagulación.

Este cambio en el estado químico de los contaminantes acelera y potencia su retirada del medio acuoso contribuyendo el dispositivo a crear importantes variaciones en la velocidad, temperatura, presión, ionización de las partículas, reordenación de cargas e interacciones electromagnéticas.

5 El proceso por el que se logra una eficiencia superior al 99%, en un breve espacio de tiempo se debe inicialmente a un incremento de la velocidad del fluido (energía cinética) con un fuerte cambio de direcciones en las cuales existe una compresión y descompresión del líquido generándose un flujo turbulento. Este flujo turbulento genera un movimiento desordenado, en donde la trayectoria aleatoria de las partículas forman remolinos periódicos, logrando romper la cohesión entre partículas. Una vez logrado este desorden caótico, el circuito se comprime en diámetro y se
10 aplasta ensanchándose, generando una lámina de agua menor a 0,15 mm de espesor y una fuerte compresión del agua. En este punto se incrementa la velocidad del flujo en un 150% debido a una fuerte aceleración como consecuencia del ensanchamiento y un giro posterior de 42°, que cambia el sentido del movimiento del agua. Pasado este ensanchamiento la compresión continua, y se incrementa para entrar en una cámara plasmática aumentando consecuentemente la velocidad del flujo. La cámara plasmática es el lugar físico en el cual se produce los cambios más drásticos del flujo y se consigue el efecto deseado de eliminación de los elementos contaminantes. Pasado el
15 tramo inicial de la cámara plasmática, el agua vuelve a sufrir un nuevo incremento de la aceleración y compresión debido a la existencia de un nuevo giro, con un ángulo de entre 81° y 83°, que cambia la dirección del flujo perpendicularmente. Una vez se ha alcanzado la máxima velocidad, velocidades medias de aproximadamente entre 230 m/s y 240 m/s, y la máxima presión positiva del circuito, aproximadamente de entre 140 y 160 bares, el flujo que
20 ocupa toda la superficie de las paredes de la cámara impacta en un punto central, opuesto a la zona de entrada del flujo a la cámara. Este impacto genera un choque en el cual se liberan toda la fuerza cinética ionizando las partículas del flujo y produciendo un cambio radical en el estado del flujo. El impacto produce una liberación de energía tan elevado que da lugar a una vaporización donde el agua pasa en un porcentaje elevado al estado gaseoso en microsegundos. En este estado gaseoso un porcentaje medio de entre el 65% y 70% de las partículas alcanzan una
25 ionización tan intensa que forman un nuevo estado de agregación, denominado plasma. En este estado plasmático se producen varios fenómenos, como la formación de un ultrasonido durante el impacto, así como la formación de un pequeño haz de luz debido a las enormes fuerzas electromagnéticas presentes debido a la descompresión del flujo. En este estado plasmático se crean infinidad de interacciones electromagnéticas entre las partículas, con una transferencia de electrones entre ellas que dan lugar a la formación de especies hidrolizadas, formándose un coloide estable. De esta forma se genera un proceso de coagulación denominado por carga, en el cual se genera un
30 compuesto AB estable en las nuevas condiciones del flujo. Al mismo tiempo, los fenómenos de ultrasonidos y vaporización generan radicales hidroxilos que incrementan la formación de coloides por un proceso hidrolítico.

El agua residual antes del dispositivo de la invención es impulsada por un equipo de bombeo, que aporta la velocidad y la presión, es decir energía cinética, hacia el colector de entrada desde un depósito de neutralización, que pertenece a la planta de depuración, que puede ser nueva o existente, para su ingreso en la cámara de mezcla rápida. Esta
35 cámara de mezcla rápida tiene como objetivo ralentizar la velocidad de entrada del flujo a la invención. Al mismo tiempo, tiene como finalidad homogeneizar el agua residual de entrada, y así derivar a cada circuito un flujo que no tenga variaciones en su composición, ni en sus condiciones físicas. Es importante que el flujo que acceden a los
40 circuitos de flujo turbulento no presenten variaciones en su homogeneidad, para de esta manera conseguir un proceso constante y eficaz en la entrada a la cámara plasmática.

Antes de los circuitos de flujo turbulento se encuentran una serie de válvulas que permiten variar la velocidad y la presión inicial de trabajo para adecuarse a los valores de control que se establecen al final del equipo. Al mismo
45 tiempo, estas válvulas regulan las variaciones en la presión de los circuitos, manteniendo los cuatro circuitos en valores de presión idénticos.

El flujo turbulento que se genera en los circuitos tiene dos funciones claras una vez hemos logrado una homogenización correcta del flujo. En primer lugar, permite generar un desorden de todas las partículas que configuran
50 el agua residual. Este desorden genera unos movimientos aleatorios por lo que se incrementa el número de interacciones entre dichas partículas. En segundo lugar, este flujo turbulento permite variaciones en las velocidades de las partículas que lo conforman. Esta diferencia de velocidades basadas en los micro-remolinos que se forman, conjuntamente con el incremento del número de interacciones, generan impactos entre partículas que presentan diferentes energías cinéticas. Estos dos fenómenos, interacciones aleatorias entre partículas con diferentes
55 velocidades, permite que las partículas se carguen eléctricamente. Este fenómeno crea partículas con cargas bajas pero lo suficientemente importantes para establecer las relaciones entre partículas con cargas positivas y negativas. Las diferencias entre cargas crean un nuevo proceso de interacción, redistribuyendo y reordenando las partículas dentro de flujo en base a las fuerzas de repulsión o de atracción existentes entre la carga de una partícula y las cargas de las partículas que le son adyacentes.

60 Una vez se ha conseguido una reordenación de partículas que tienden a rodearse de las cargas contrarias a su signo, reordenación necesaria para la formación de un coloide, se pasa a establecer un flujo lineal que las estabiliza dentro de un flujo velocidad constante y en una dirección constante. Esta reordenación se consigue aumentando la superficie de circuito con un ensanchamiento del mismo y la disminución gradual del diámetro inicial. Este ensanchamiento logra

que el flujo forme una fina capa de agua residual que se comprime aumentando la velocidad y la presión.

Una vez lograda esta primera comprensión es necesario que la capa de agua tenga un espesor no mayor a 0,15 mm. Esta disminución del espesor permite que en la cámara plasmática el impacto entre los caudales se logre en toda la superficie del flujo, y por lo tanto no queden partículas ocultas al impacto. Para lograr esta comprensión sin perder velocidad, el flujo es sometido a un giro aproximado de entre 40° y 44° que permite incrementar la presión sobre el fluido en una media de entre 110 y 130 bares. Esta comprensión del flujo es creada por la fuerza de giro a la cual se somete en este punto cada partícula. Esta comprensión debido a las fuerzas de giro que logra un incremento de la presión del fluido, también incide sobre el incremento de su velocidad.

La máxima comprensión y velocidad se consigue en el flujo cuando se alcanza el siguiente cambio de dirección, en un giro con un ángulo de entre 81° y 83° dentro de la cámara plasmática. Después de este giro, el flujo llega al denominado punto de impacto, en donde se libera toda la energía acumulada y se dan los fenómenos más importantes para lograr el objetivo. En el punto de impacto, todo el flujo que se encuentra comprimido en una fina capa y a elevadas velocidad, superiores a los 200 m/s, preferiblemente entre 230 m/s y 240 m/s, pierde estas condiciones en milisegundos, logrando una descompresión total y una velocidad nula. El flujo rodea toda la cámara permitiendo un espacio vacío entre esta fina capa y el centro de la cámara. La fina capa que forma el flujo, que rodea toda la cámara plasmática, es conducida hacia un punto central en el cual se logra el fuerte impacto, descrito anteriormente, sin contacto con ningún material, siendo el propio flujo el que se contrapone a sí mismo. Este impacto a elevada velocidad y comprensión genera una figura romboidal debido a la descompresión que se genera. En este impacto se crea la vaporización de una parte del flujo, pasando del estado líquido al estado gaseoso de una parte del agua. En este impacto se genera, debido a la elevada velocidad y a la ordenación de las cargas generadas en el flujo turbulento, una enorme ionización de las partículas presentes en el flujo. Esta fuerte ionización de las partículas que se genera en un estado gaseoso, como consecuencia de la vaporización, desencadena la formación de un plasma en el cual las partículas no poseen equilibrio electromagnético. Esta falta de equilibrio electromagnético genera un incremento exponencial de las interacciones de las partículas del agua residual y la formación inmediata de coloides.

La velocidad y presión del flujo se ha generado para que, en un movimiento lineal de traslación, sin rotaciones, se genere inicialmente una reordenación de cargas en el flujo para posteriormente generar una desestructuración completa de dicho flujo, anulando el equilibrio electromagnético de las partículas e incrementando la cinética de formación de coloides metálicos, no metálicos y metaloides.

En la cámara plasmática se producen varios fenómenos que muestran el cambio de estado de parte del agua residual. En primer lugar, se generan ultrasonidos que dan lugar a un efímero proceso de hidrólisis produciéndose elementos con carga negativa que reaccionan con la elevada concentración de cationes del flujo. Otro proceso simplemente anecdótico es la formación de una luminiscencia alrededor del romboide que forma el flujo en el momento del impacto, y que demuestra la existencia de un estado plasmático.

Una vez pasada esta fase, el agua residual se conduce hacia el colector de salida, volviendo el agua a su estado habitual con incremento de temperatura de 7 °C. Este colector de salida desemboca en el depósito de neutralización.

A partir de lo anterior, el dispositivo objeto de la invención permite la ejecución del siguiente método, segundo objeto de la invención conforme a la reivindicación 5, para la depuración de aguas residuales con metales, no metales y metaloides. Las etapas principales de dicho método son:

Introducción de un caudal de agua residual a depurar en el dispositivo de la invención,

Establecimiento de un flujo turbulento en la canalización de un agua residual con metales, no metales y metaloides,

Homogeneización del agua residual.

División de la mezcla en cuatro caudales independientes,

Generación de un flujo turbulento intenso en cada uno de los caudales independientes,

Unión de los cuatro caudales en la entrada de la cámara plasmática,

Incremento de la comprensión y velocidad de los caudales,

Impacto, descompresión y vaporización del caudal en la cámara,

Ionizar el caudal hasta la formación de un plasma debido al impacto de las partículas del caudal, y

Canalizar e integrar el caudal hacia la salida del dispositivo de la invención.

La presente invención no requiere realizar modificaciones físico químicas del flujo para lograr el resultado esperado. Asimismo, en el método de la presente invención no se aporta ningún aditivo de precipitación para eliminar los elementos contaminantes del caudal de agua residual, preferiblemente, hierro, aluminio, cobre, zinc, níquel, cromo, plomo, magnesio, manganeso, flúor, fósforo y boro. Mediante la presente invención se consigue depurar un caudal residual con niveles de concentración iniciales superiores entre los 1.000 y 3.000 ppm hasta un caudal de salida que presenta contaminantes inferiores a 1 ppm.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Se acompañan a la presente descripción las siguientes figuras que muestran un ejemplo preferente de realización de la invención con carácter ilustrativo y no limitativo:

La figura 1 muestra la situación del dispositivo de la invención en un sistema de depuración.

La figura 2 muestra una vista frontal del equipamiento objeto de la invención.

La figura 3 muestra una vista inferior del equipamiento objeto de la invención.

La figura 4 muestra una vista lateral del equipamiento objeto de la invención.

La figura 5 muestra un detalle del interior de un circuito de flujo turbulento con la cámara de compresión.

La figura 6 muestra la configuración de la entrada de las bocas de compresión y el interior de la cámara plasmática

Realización preferida

El dispositivo de la invención se conforma a partir de distintos componentes que permiten encadenar una serie de etapas o procesos que dan lugar a los fenómenos físico químicos descritos anteriormente.

Como se ha mencionado, el dispositivo comprende esencialmente un colector de entrada 101, seguido de una cámara de mezcla rápida 201, de la cual parten un número de cuatro circuitos de flujo turbulento 401, que comprenden unas válvulas de regulación de presión 301 a la entrada de cada circuito 401, este circuito sufre un aplastamiento en la denominada boca de compresión 501 cambiando su superficie circular a una superficie triangular que a continuación gira 42 grados para finalizar en una cámara denominada plasmática 601, de la cual sale un circuito final común 701.

El colector de entrada 101 es el acceso del flujo de agua residual con los diferentes metales a tratar al dispositivo objeto de la invención. El mismo canaliza el flujo hacia la cámara de mezcla rápida 201, creando inicialmente una homogenización de las características necesarias para el inicio del proceso en el interior del dispositivo. Una de las principales propiedades del colector de entrada 101 es conseguir las condiciones de homogenización para que al establecer un flujo turbulento se puedan crear las condiciones que tendrán que continuar en los siguientes procesos que tienen lugar en el dispositivo.

El colector 101 está compuesto de un polímero de alta densidad con un diámetro nominal menor a 65 mm que modifica las características de presión y velocidad del flujo. Interiormente, el colector 101 presenta una serie de relieves en el interior de sus paredes de entrada que generan un cambio en la velocidad del flujo, variando el número de Reynolds hasta alcanzar un valor de flujo turbulento.

La cámara de mezcla rápida 201 dispuesta a continuación del colector 101 permite que se realicen la homogenización de las partículas que forman parte del flujo, al mismo tiempo permite realizar un reparto uniforme de los flujos a través de los cuatro circuitos que se encuentran a continuación. La cámara de mezcla rápida 201 es un cuerpo cilíndrico que presenta un diámetro nominal que es entre 1,5 y 2 veces el diámetro nominal del colector de entrada 101. Este cuerpo cilíndrico 201 consta interiormente de una serie de circuitos que generan un flujo con cierta turbulencia en el cual se crea una profunda homogeneización de las partículas que se encuentran en el agua residual. Esta cámara de mezcla rápida 201 comprende también un sistema de control de la presión 203 que se lleva a cabo por medio de un sistema de medida digital que regula la presión de entrada a cada uno de los circuitos de flujo turbulento 401. La presión se reparte por medio del caudal según las necesidades del tratamiento a efectuar sobre el flujo, y la configuración de este reparto se ajusta según los cálculos teóricos para lograr los cambios químicos y físicos necesarios en el flujo. Dependiendo del tipo de contaminantes a tratar y de los objetivos a alcanzar, se configuran las presiones, velocidades y el reparto de flujos en cada uno de los circuitos de flujo turbulento 401. Este reparto de flujos, regulados por el control de presión 203, se realiza mediante válvulas de regulación de presión 301. Estas válvulas de regulación 301 se encuentran cada una de las conexiones entre la cámara de mezcla rápida 201 y cada uno de los cuatro circuitos de flujo turbulento 401.

Por lo tanto, las válvulas de regulación de presión 301 conforman un sistema cuadruplicado que regula las entradas de caudal a cada circuito de flujo turbulento 401 de forma independiente. Estas válvulas 301 están preferiblemente compuestas de un polímero plástico de alta densidad que permite soportar altas presiones, de hasta 250 bares, y elevadas temperaturas, de hasta 500 °C, así como importantes cambios de temperatura causadas por el rozamiento del flujo a su paso a través de los conductos. La apertura y cierre se regula según las necesidades de presión y velocidad que demanda el tratamiento en el que se emplea el dispositivo objeto de la presente invención. El establecimiento de las condiciones de presión y velocidad se regula en cada equipo independientemente, dependiendo de los cálculos realizados para cada problema de tratamiento planteado. Estas compuertas de regulación 301 comprenden tres partes:

La primera es una placa plástica que permite el paso del líquido a través de una serie de huecos de gran tamaño. Esta placa de soporte de la compuerta 301 se asienta en la zona más cercana a la cámara de mezcla rápida 201. Las dimensiones de la placa se enmarcan dentro del diámetro de la tubería que da lugar al circuito 401.

En la segunda parte de la compuerta, se sitúa el mecanismo de regulación y control de la presión. Este mecanismo tiene una longitud inferior a un tercio de la longitud total de la compuerta de regulación y al mismo tiempo se mantiene una reducción gradual del diámetro del circuito 401 de la compuerta 301 que garantiza un control más fino sobre la presión y el caudal, permitiendo así ambos con mayor precisión. Este diámetro inicial se reduce en un ángulo fijo hasta la mitad de la longitud entre placas, para posteriormente pasar al diámetro inicial de la compuerta 301. Esta forma de la compuerta permite regular el caudal de admisión a cada circuito 401 dependiendo de las presiones establecidas para cada tratamiento.

En la tercera parte de la compuerta de regulación 301, se encuentra una placa de un polímero plástico con un diámetro concreto, completamente maciza que se regula desplazándose desde la cámara de mezcla rápida 201 hacia el circuito de flujo turbulento 401. Esta regulación de caudal permite ajustar la entrada de reactivos a cada uno de los cuatro circuitos de flujo turbulento 401.

Como se ha anticipado, el dispositivo comprende cuatro circuitos de flujo turbulento 401, que se unen a la boca de compresión 501. Cada circuito de flujo turbulento 401 se divide en tres tramos diferenciados. Siguiendo la dirección del flujo, y comenzando a la salida de la compuerta de regulación 301, el primer tramo 402 del circuito 401 se reduce gradualmente desde el diámetro inicial que es entre 2 y 2,5 veces el diámetro final del circuito 401. Esta reducción no se realiza en el global del diámetro de la tubería, sino que se produce en dos zonas concretas, dejando una figura asimétrica en el interior del circuito 401, mostrada en la figura 5, generando un aumento importante de la velocidad y la presión. Esta reducción asimétrica crea un importante proceso de convección interno en el fluido, iniciando un flujo turbulento intenso. La disminución de diámetro se consigue mediante reducciones de tubería interiores y asimétricas con un ángulo de estrechamiento que reduce gradualmente el volumen para incrementar la presión y la velocidad. En esta reducción gradual, el circuito se estrecha hasta alcanzar un volumen del circuito 401 que se expresa como diámetro nominal, que es inferior al diámetro nominal inicial del circuito 401.

En el segundo tramo 403 el circuito realiza una figura interior que cambia la dirección del flujo turbulento mostrado en la figura 5. La figura en este tramo 403 amplía el volumen de forma brusca para reducirlo con un ángulo mayor a la figura del tramo 1, 402. Esta figura en el interior se mantiene fija durante el resto del tercer tramo 404, permitiendo que el flujo turbulento se mantenga o se incremente. En este tramo final o tercer tramo del circuito de flujo turbulento 404 se realiza un estrechamiento asimétrico de mayor rango que en los anteriores tramos, generando un flujo extremadamente turbulento y creando una intensa desestabilización de las partículas, lo cual permite aumentar las interacciones electromagnéticas de dichas partículas. La función del circuito de flujo turbulento 401 es generar una fuerte desestabilización de las partículas del agua residual generando como se describe en el proceso un reordenamiento de las partículas por el tipo de carga que presentan.

Una vez superado el circuito de flujo turbulento 401, el flujo desemboca en una boca de compresión 501 que es una pieza hueca que presenta un extremo plano y el otro extremo se une al circuito de flujo turbulento 401. Siendo una pieza hueca, desde el plano cenital se observa una figura en forma de triángulo isósceles, teniendo el lado desigual 3 mm forma un ángulo en media luna de 90 grados que encaja en perfectamente en la circunferencia de la cámara plasmática 601, los lados idénticos del triángulo son de entre 1,6 y 1,8 mm de largo hasta su unión al circuito de flujo turbulento 401. Desde el plano lateral se observa una figura que presenta un ancho idéntico al circuito de flujo turbulento en su unión a este, y en el extremo opuesto un ancho menor a 0,15 mm. En este plano se observa un giro en ángulo aproximado de entre 40° y 44° hasta la su unión con la cámara plasmática 601, de esta forma se crea un flujo lineal pasando a una lámina fina de agua de un espesor menor a 0,15 mm. Cada una de estas bocas de compresión 501 ocupa 1/4 del diámetro superior de la cámara plasmática 601. De esta forma las bocas de compresión 501 de los cuatro circuitos, rodean el diámetro exterior de la cámara plasmática 601. La parte inferior 502 de la boca de compresión 501 se une y finaliza en el inicio de la cámara plasmática 601. La parte superior de esta boca de compresión 501, a la misma altura de la unión de la parte inferior 502 con la cámara 601, gira entre 40° y 42° y penetra hacia la continuación 503 de las bocas de compresión 501 en el interior de la cámara plasmática 601, manteniendo la

misma distancia que en la boca de compresión 501 para mantener el espesor de la lámina de agua menor de 0,15 mm contra la pared de la cámara plasmática 601. Esta continuación 503 de la boca de compresión 501 se mantiene hasta aproximadamente entre el 34% y el 38% de la altura de la pared 602 de la cámara plasmática 601. El hueco que se deja en la continuación 503 de la boca de compresión 501 conforma el circuito de salida 701 de cámara plasmática, el cual tiene un flujo contrario al de entrada a la cámara plasmática 601.

La cámara plasmática 601 presenta una forma de cono truncado con un diámetro no superior a entre 42 y 47 mm en la unión con las bocas de compresión 501, que termina en un fondo plano 604 con un diámetro de entre 0,80 y 0,84 veces menor que el diámetro superior de entrada y una cavidad denominada de impacto 605 que se sitúa en la zona contraria a la entrada del flujo 501 y a la salida del mismo 701. Las cuatro bocas de compresión 501 que se unen a la cámara en el punto 502, y que tiene un ancho inferior a 0,15 mm, con la continuación 503 de dichas bocas 501 que desciende una distancia que es aproximadamente entre el 34% y el 38% de la longitud del cono truncado creando un flujo a la velocidad descrita anteriormente y un flujo lineal con las partículas rodeadas de cargas de signo contrario. El flujo desciende debido a la velocidad y a la presión como una lámina de agua residual de menos de 0,15 mm completamente pegada a la pared 602 de la cámara plasmática. El flujo desciende hasta llegar al fondo 604 del cono truncado en donde mediante un ángulo 603 de aproximadamente entre 81° y 83° la dirección del flujo se vuelve perpendicular. En este punto el flujo se sitúa en el fondo 604 del cono truncado manteniendo dicho fondo un ángulo constante de aproximadamente entre 6° y 10° con respecto a un fondo perpendicular al eje longitudinal de la cámara plasmática, hasta alcanzar la cavidad de impacto 605. Esta cavidad 605 es un espacio libre en el cual todo el flujo que desciende por las paredes 602 y fondo 604 del cono truncado, impacta. La zona de impacto 606 es equidistante a las paredes del cono truncado 602. Al mismo tiempo, esta zona de impacto se sitúa a una distancia definida por encima de la cavidad de impacto 605, por lo que el impacto se genera en un espacio libre de material que podría generar resistencia a los cambios físicos y químicos del agua residual.

En el momento del impacto el agua residual se expande hacia las partes superior e inferior, formando una fase gaseosa que se ioniza de tal forma que llega a formar un plasma. Debido a esta expansión en sentido perpendicular al flujo del impacto formando una figura romboidal, se crea la cavidad de impacto 605 que tiene como objetivo permitir la libre vaporización del agua residual. Una vez se realiza el impacto y el agua entra en fase gaseosa se vuelve al estado líquido de forma súbita siendo conducido el flujo hacia el circuito final 701 que devuelve el flujo residual al tanque de neutralización del cual se tomó.

El circuito final 701 que presenta un tramo inicial 702 recorre únicamente el interior de la cámara plasmática hasta superar las bocas de compresión 501. El segundo tramo 703 de este circuito final 701 se define por ser el doble de diámetro nominal del primer tramo 702 de este circuito final 701.

A partir de lo anterior, el dispositivo objeto de la invención permite la ejecución del siguiente método, conforme a las etapas descritas, para la depuración de aguas residuales con metales, no metales y metaloides:

Introducción de un caudal de agua residual a depurar en el dispositivo de la invención,

Establecimiento de un flujo turbulento en la canalización de un agua residual con metales, no metales y metaloides,

Homogeneización del agua residual,

División de la mezcla en cuatro caudales independientes,

Generación de un flujo turbulento intenso en cada uno de los caudales independientes,

Unión de los cuatro caudales en la entrada de la cámara plasmática,

Incremento de la compresión y velocidad de los caudales,

Impacto, descompresión y vaporización del caudal en la cámara,

Ionizar el caudal hasta la formación de un plasma debido al impacto de las partículas del caudal, y

Canalizar e integrar el caudal hacia la salida del dispositivo de la invención.

Las medidas generales preferidas del dispositivo, o equipo, objeto de la presente invención son:

Altura: 80 cm

Ancho: 20 cm

Largo: 80 cm

A continuación, se describen brevemente tres ejemplos de implementación del dispositivo y método objeto de la presente invención para el tratamiento de aguas residuales con diferentes contaminantes.

Realización 1.- Precipitación de Cromo, Cobre, Níquel, Boro y Zinc.

En muchos sectores industriales se debe lograr eliminar elementos muy contaminantes que, en la mayor parte de los casos, pueden presentar antagonismo en sus condiciones de precipitación/ coagulación. Al ya complicado objetivo de cumplir los límites medio ambientales de cada elemento independientemente, se incrementa esta complejidad cuando los elementos compiten entre sí o presentan condiciones de precipitación/ coagulación completamente diferentes. Los actuales procesos de depuración no logran, en la mayor parte de los casos, eficiencias de tratamiento suficientemente altas como para cumplir los límites medio ambientales. Al mismo tiempo, estos procesos no son estables en el tiempo, no logrando cumplir objetivos en un periodo de un año en tasas superiores al 90%, incumpliendo durante muchos periodos las normativas de vertido. Otro problema añadido son los tiempos de depuración que son mayores a los 30 minutos en la mayor parte de tratamiento y que limitan de manera importante el rendimiento de las actuales depuradoras físico-químicas.

El dispositivo objeto de la invención se situó en una depuradora físico-química real durante un periodo de varios años. Por medio de la presente invención se consiguen los objetivos marcados en la normativa medio ambiental. Para ello se trabajó con la depuradora ajustando el valor de pH en el depósito de neutralización para evitar procesos corrosivos de agua que es extremadamente ácida con un valor de pH de 1. La invención consigue la eliminación de los metales Cromo, Cobre, Níquel y Zinc y del metaloide Boro en un tiempo inferior a los 8 minutos para su precipitación y separación de los mismos. La eficiencia de reducción se encuentra entorno al 99,9% logrando valores inferiores a 1 mg/l en todos los metales con una concentración inicial de metales en el agua residual superior a los 500 mg/l. Al mismo tiempo se ha conseguido mantener la eficiencia en el tiempo a pesar de la variabilidad en cuanto a la concentración que presentaron las aguas residuales industriales a lo largo del primer año de trabajo. Se han conseguido realizar 512 mediciones de las cuales 2 han presentado algún valor fuera del objetivo de vertido consiguiendo la invención una eficiencia del 99,8% a lo largo del primer año. Este valor superó la eficiencia del año anterior de la planta que fue del 72,3% por medio de un tratamiento físico-químico estándar.

El volumen de agua residual tratado fue de 10 m³/h lo cual representa un caudal anual de 40.960 m³. El coste de tratamiento por metro cubico fue menor a los 0,8 €. El tratamiento conlleva la eliminación total de los aditivos de precipitación/ coagulación que consistía en el tratamiento anterior en una sal de aluminio, que es un aditivo de precipitación/coagulación.

Los resultados obtenidos durante el primer año se muestran en la siguiente tabla:

Elemento	Concentración media anual de entrada para la purificación en mg/l	Concentración máxima anual de salida en mg/l	Concentración media anual de salida en mg/l
Cromo	2.854,00	0,89	0,65
Cobre	589,00	0,12	0,05
Níquel	1.428,00	0,54	0,16
Zinc	2.420,00	0,47	0,14
Boro	896,00	0,90	0,80

Realización 2. Reducción de Flúor, Hierro y Aluminio.

En determinados sectores la eliminación de elementos antagonistas se realiza por medio de la dilución de las aguas residuales, o bien consiguiendo el objetivo en uno solo de los elementos. Esto no permite a algunos sectores cumplir con los límites medio ambientales cada vez más estrictos. El dispositivo de la invención se instaló en una planta de depuración, por un periodo superior a un año en la cual se trabajó en una recirculación al depósito de neutralización. La instalación se realizó de forma sencilla utilizando 4 metros de tubería, una bomba centrífuga y el dispositivo. El caudal de tratamiento fue de 5 metros cúbico a la hora durante 16 horas diarias. Para la instalación se retiraron los anteriores productos de adición basados en sales de aluminio. Se realizó un ajuste de pH al ser necesario por normativa medio ambiental.

La invención logra la reducción de los contaminantes en tiempo máximo de 6 minutos y los valores obtenidos supusieron una reducción significativa de los valores de los contaminantes. Los valores mejoraron con respecto a los valores del anterior tratamiento en un porcentaje de 27% y se consiguieron los objetivos de eliminación de los contaminantes aluminio, hierro y flúor. El anterior tratamiento se situó en una eficiencia anual, en cuanto al cumplimiento de los límites normativos de vertido, de un 72%, siendo un porcentaje bajo debido al antagonismo que

presentan flúor y aluminio en cuanto a sus condiciones de precipitación. La eficiencia aumento a un 99,2 % recuperando la planta el correcto camino medio ambiental.

Los valores obtenidos durante el primer año se reflejan en la siguiente tabla:

Elemento	Concentración media anual de entrada para la purificación en mg/l	Concentración máxima anual de salida en mg/l	Concentración media anual de salida en mg/l
Aluminio	485,00	0,79	0,75
Hierro	280,00	0,88	0,45
Flúor	325,00	0,98	0,82

Realización 3. Precipitación Plomo, Magnesio, Manganeso y Fósforo

Durante el periodo de evaluación de un año se midió la eficiencia de la invención en una depuradora físico-química con un caudal diario de 2.400 m³/h. Los objetivos de la planta depuradora eran aumentar la eficiencia del tratamiento, en cuanto a la eliminación de los metales objetivo, situada en el 91 % y disminuir el costo del tratamiento. Para ello se instaló el dispositivo de la invención escalado al caudal de la planta y se eliminaron los aditivos de coagulación. El tratamiento el primer año alcanzó una eficiencia del 99,9 % y se logró una reducción de los costos de tratamiento en un 34,4%. Los resultados de metales de un año se resumen en la siguiente tabla:

Elemento	Concentración media anual de entrada para la purificación en mg/l	Concentración máxima anual de salida en mg/l	Concentración media anual de salida en mg/l
Plomo	282,00	0,15	0,15
Manganeso	185,00	0,12	0,05
Magnesio	380,00	0,27	0,05
Fosfatos	425,00	0,35	0,28

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales que contienen especies químicas contaminantes metálicas, no metálicas y metaloides, caracterizado porque comprende:
5
- Un colector de entrada de líquido residual (101),
- Una cámara de mezcla rápida (201) que sigue al colector (101),
10
- Cuatro circuitos de flujo turbulento (401), que salen de la cámara de mezcla (201), que comprenden válvulas de regulación de presión (301) en la entrada de cada circuito (401),
- Cuatro bocas de compresión (501), al final de los circuitos de flujo turbulento (401), comprimiendo en diámetro y aplanando cada circuito, haciéndose más anchas, de tal manera que se genera una lámina de
15
agua de menos de 0,15 mm de espesor, con un giro de entre 40° y 44° para cada circuito,
- Una cámara plasmática (601), en la que convergen las cuatro bocas (501) al final de los circuitos de flujo turbulento (401), está formada por un cono truncado con sus paredes laterales (602) destinadas a que los flujos laminares pasen sobre el mismo y con una cavidad de impacto (605), en la parte inferior (604) de la
20
cámara (601), y por encima de dicha cavidad de impacto (605) se coloca una región o punto de impacto físico (606) del flujo proveniente de las cuatro aberturas de compresión (501), estando colocada dicha cavidad de impacto (605) y zona o punto de impacto (606) opuesta a las cuatro bocas de compresión (501),
- Un circuito o colector de salida (701) para canalizar el agua de salida de la cámara.
25
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque las paredes (602) de la cámara de plasma (601) convergen en la parte inferior (604) de la cámara (601) a través de una ligera curva (603) con un giro de entre aproximadamente 81° y 83° para desviar los flujos laminares de las paredes (602) al espacio de impacto (606).
30
3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el diámetro inferior de la cámara de plasma (601) en la parte inferior de la misma es 0,82 veces el diámetro superior de la cámara (601), a través de la cual penetra el flujo.
35
4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las válvulas (301) están hechas de un polímero plástico de alta densidad que soporta presiones de hasta 250 bar y altas temperaturas de hasta 500 °C.
40
5. Método para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales que contienen especies químicas contaminantes metálicas, no metálicas y metaloides, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:
- Introducir un caudal de aguas residuales a purificar, con metales y/o no metales y/o metaloides, en un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, para el tratamiento de aguas residuales, a través del colector de entrada (101),
45
- Homogeneizar las aguas residuales en la cámara de mezcla rápida (201),
- Dividir la mezcla homogeneizada en cuatro volúmenes de flujo independientes que salen de la cámara de mezcla (201) a través de los cuatro circuitos de flujo turbulento (401),
50
- Generar un fuerte flujo turbulento en cada uno de los cuatro circuitos de flujo turbulento (401) después de las válvulas de regulación de presión (301),
- Unión de los cuatro volúmenes de flujo de los circuitos de flujo turbulento (401) que convergen en la entrada de la cámara plasmática (601),
55
- Aumentar la compresión y la velocidad del caudal en las cuatro bocas de compresión (501) creando cuatro flujos laminares, al final de los cuatro circuitos de flujo turbulento (401),
60
- Impactar, descomprimir y vaporizar el caudal en la zona o punto de impacto (606) de la cámara plasmática (601) donde se elimina el volumen de velocidad de flujo y compresión,
Ionizar el caudal hasta la formación de un plasma debido al impacto de las partículas del caudal, y

- Canalizar e integrar el caudal hacia la salida (701) del dispositivo.

- 5 6. Método según la reivindicación 5, caracterizado porque se generan flujos laminares en las paredes (602) de la cámara plasmática (601) por compresión de flujo y velocidad superior a 200 m/s que se dirigen a un plano inferior (604) que desvía dichos flujos laminares a la zona o punto de impacto (606) después de lo cual se dispone el colector de salida (701) que evacua el flujo sometido al impacto o colisión.
- 10 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, caracterizado porque una vez que se han alcanzado las condiciones de velocidad y presión, el flujo impacta en la zona o punto de impacto (606) de la cámara plasmática (605), por lo que se crean las condiciones para que el flujo se vaporice y se alcance el estado de plasma, creando procesos de precipitación/coagulación.
- 15 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado porque el caudal de agua residual a depurar incluye niveles de concentración iniciales superiores entre los 1.000 y 3.000 ppm.
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado porque el caudal de salida presenta contaminantes inferiores a 1 ppm.
- 20 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, caracterizado porque la reducción de contaminantes se realiza en tiempos de aproximadamente 8 minutos, incluyendo la separación de dichos contaminantes.
- 25 11. Método según la reivindicación 5, caracterizado porque no utiliza aditivos para la formación de coloides de precipitación.

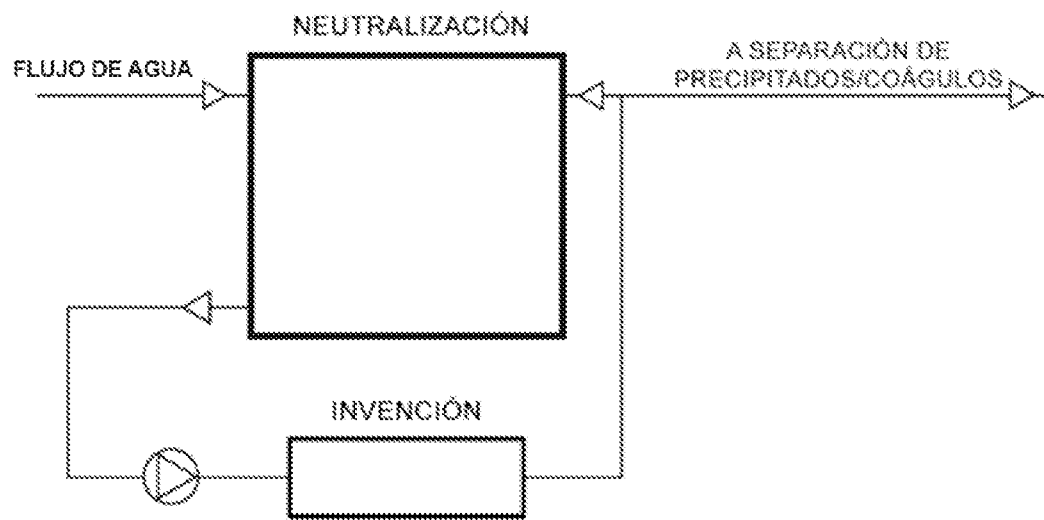


FIG. 1

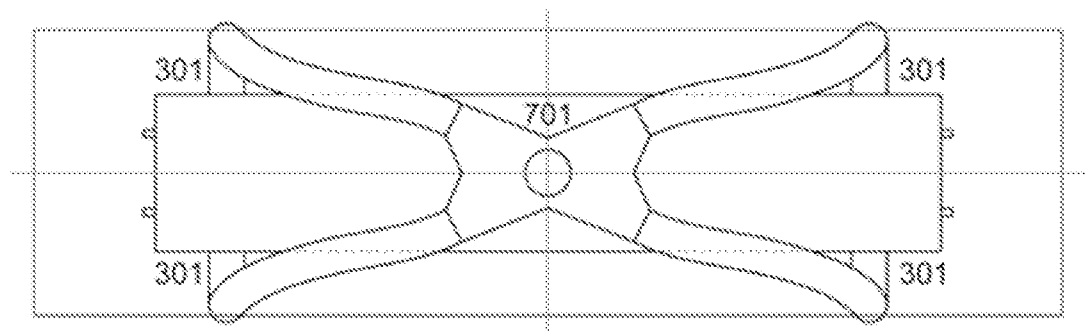


FIG. 2

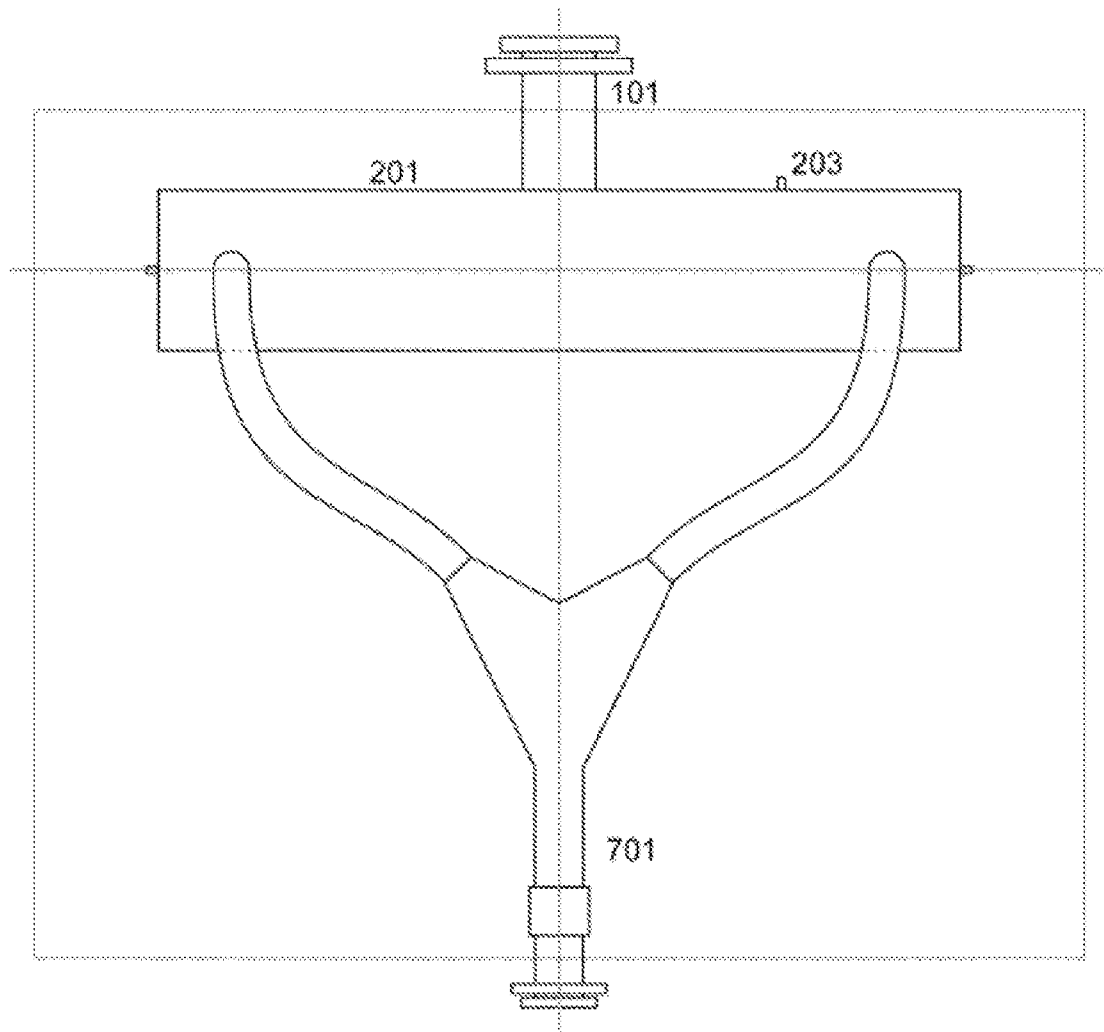


FIG. 3

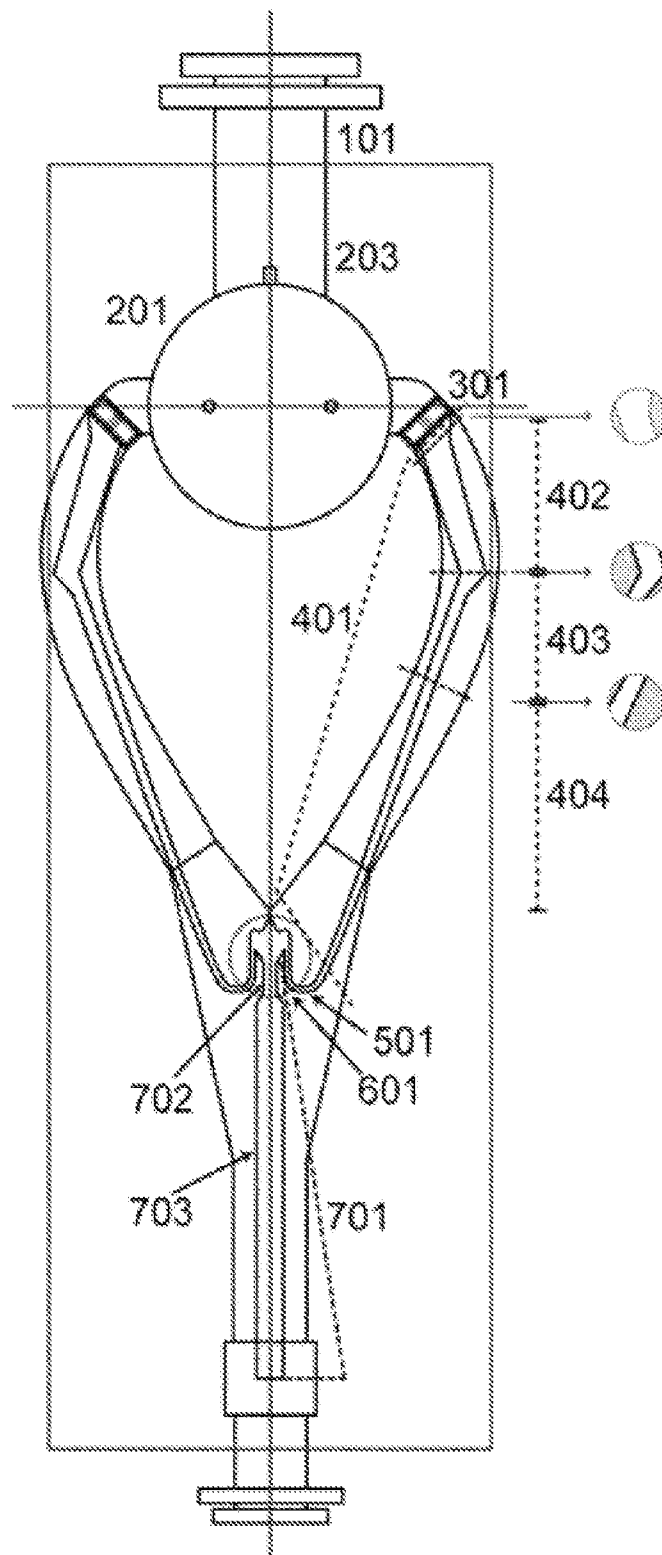


FIG. 4

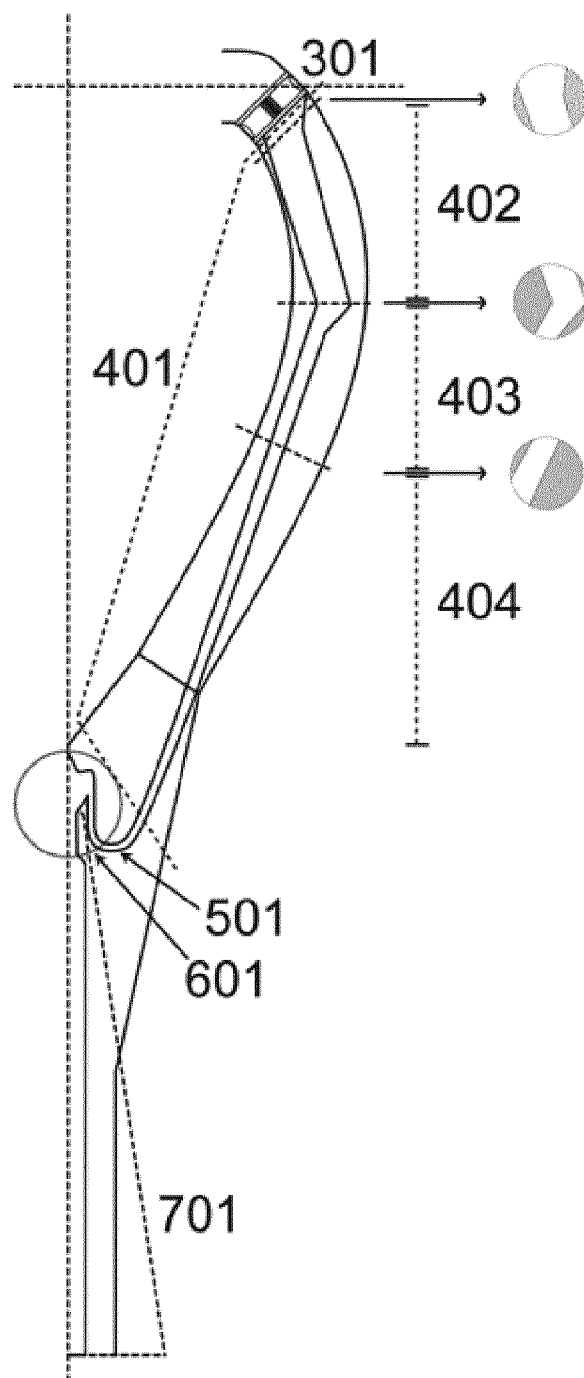


FIG. 5

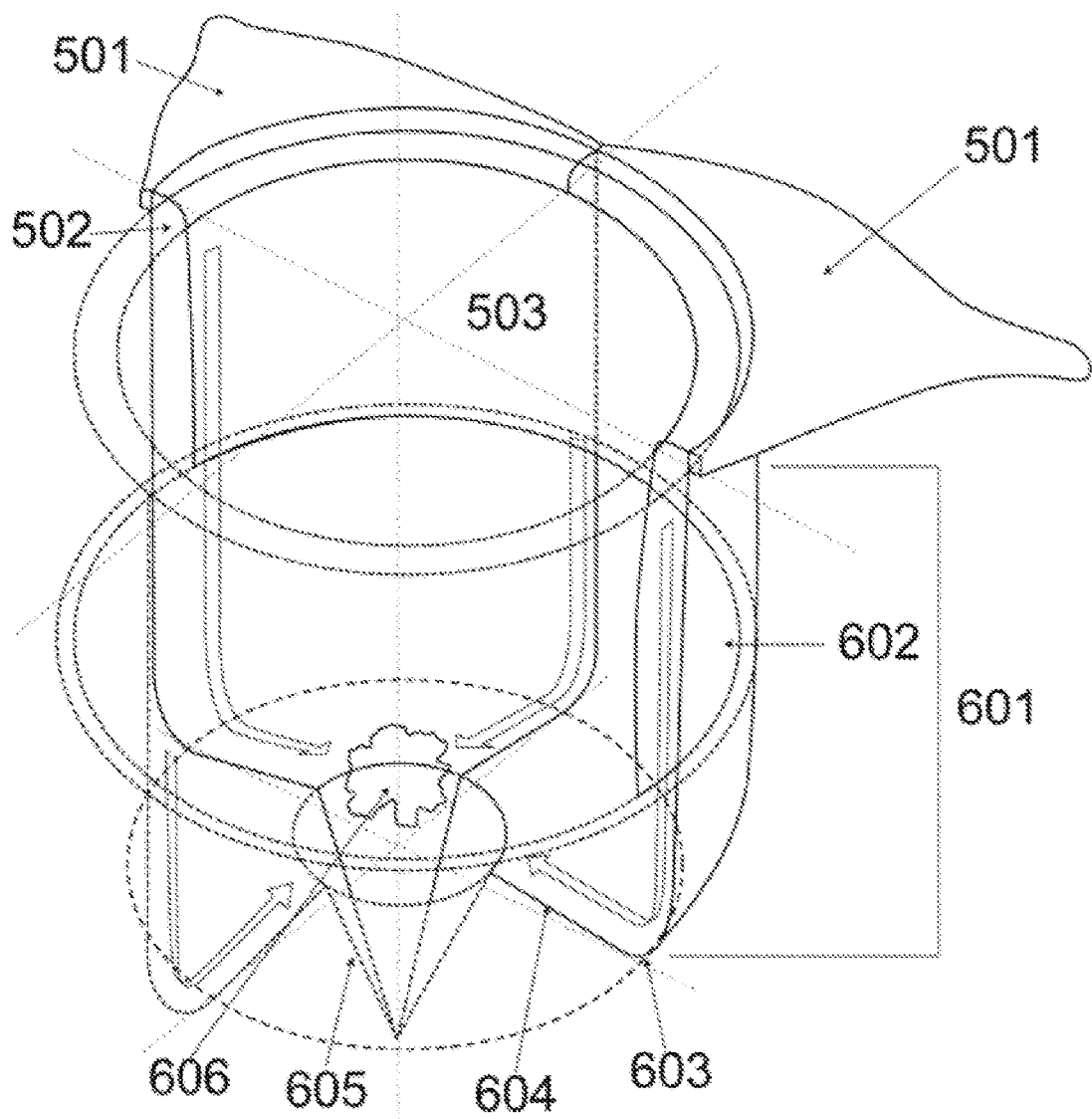


FIG. 6