

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 763**

51 Int. Cl.:

C02F 3/12 (2006.01)

C02F 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2011** **E 11305389 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2015** **EP 2508488**

54 Título: **Reactor y procedimiento mejorados de purificación biológica de aguas residuales**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.09.2015

73 Titular/es:

**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES
SUPPORT (100.0%)
L'Aquarène 1 Place Montgolfier
94417 Saint-Maurice Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**LE TALLEC, XAVIER y
LINDEGAARD, MORTEN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 546 763 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

Reactor y procedimiento mejorados de purificación biológica de aguas residuales

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al área de purificación biológica de aguas residuales, específicamente a las aguas residuales municipales, aguas residuales industriales y agua y agua de distribución que se van a transformar en agua potable. En particular, se refiere a un proceso de purificación, en donde el agua que va a ser tratada y el gas oxigenado se envían en corrientes paralelas ascendentes en el mismo reactor o filtro biológico que comprende un lecho empaquetado y un volumen de portadores móviles como un material de filtración biológico.

Antecedentes de la invención

10 Se conoce que el tratamiento biológico, por ejemplo de agua, consiste en degradar las impurezas orgánicas mediante la acción de una biomasa purificadora que se encuentra libre o fija y que contiene una diversidad de microorganismos tales como bacterias, levaduras, protozoos, metazoos, etc. En el procedimiento que utiliza biomasa libre, como lodos activados, es imposible alcanzar una alta concentración de las diversas especies de microorganismos que tienen poca capacidad de sedimentación, ya que la concentración de la biomasa se obtiene
15 mediante sedimentación. Por lo tanto, el procedimiento está limitado en lo que se refiere a la carga aplicable en términos de demanda biológica de oxígeno (BOD, por sus siglas en inglés) y demanda química de oxígeno (COD, por sus siglas en inglés). En un sistema con una biomasa fija, la concentración de la biomasa (con las bacterias) se obtiene al hacer que las bacterias se adhieran a un medio portador. De este modo, la capacidad de sedimentación ya no es el criterio esencial y esta técnica posee un potencial de purificación mucho mayor que aquel de los
20 procedimientos habituales.

Entre los procedimientos más eficaces que se basan en el principio de purificación con biomasa fija, se pueden mencionar particularmente aquellos patentados y desarrollados por el solicitante, en un solo reactor de flujo ascendente de un lecho granular constituido por dos zonas con diferente granulometría y distintas características biológicas (patentes francesas n.º 76 21246, publicada con el n.º 2 358 362; n.º 78 30282, publicada con el n.º 2 439
25 749; n.º 86 13675, publicada con el n.º 2 604 990).

En las denominadas técnicas con biomasa libre, se hará referencia especialmente a procedimientos que utilizan lechos fluidizados, en donde el material que se utiliza como filtro biológico consiste en productos que tienen una densidad menor que 1, tales como, por ejemplo, polímeros expandidos, de acuerdo con procesos que actualmente son de dominio público (patente francesa n.º 1 363 510 con fecha de 1963; patente de Reino Unido n.º 1 034 076
30 con fecha de 1962), cuyas diversas modalidades han dado origen a un gran número de patentes de invención (patentes francesas n.ºs 330 652, 2406 664, 2 538 800; patente estadounidense n.º 4 256 573; patente japonesa n.º 58-153 590, etc.).

El uso de estos materiales flotantes y de lechos granulares fluidizados es prometedor en sí mismo, pero conlleva una serie de dificultades y a menudo presenta inconvenientes. Por ejemplo, si se fluidifican materiales más pesados que el agua (tal como arena o materiales similares), entonces se requiere una considerable entrada de energía para bombear el líquido y es difícil controlar la contención de los materiales en el interior del reactor. Para resolver este inconveniente de consumo de energía, se ha propuesto el uso de un lecho fluidizado con materiales ligeros que tenga una densidad menor que el agua, con una insuflación de aire en la base del lecho pero con un suministro de agua descendente (patente estadounidense n.º 4 256 573 y patente japonesa n.º 58 153590 anteriormente
40 mencionadas). Sin embargo, a partir de una determinada velocidad de flujo descendente del agua, las burbujas de aire se atrapan en el interior del material, o bien son arrastradas por el flujo líquido y no es posible airear el reactor de manera adecuada.

Las dificultades de la técnica anterior se han resuelto mediante el desarrollo de un sistema que se describe en la solicitud EP0504065 del solicitante, en donde en un solo reactor o filtro biológico con corrientes paralelas ascendentes de agua y gas, los medios filtrantes y el medio de soporte bacteriano utilizados es un lecho fijo de partículas que tienen una densidad menor que el agua, con una densidad aparente de 35 a 65 kg/m³. En particular, se prefiere el uso de esferas de poliestireno expandido con un tamaño granulométrico que varíe de 2 mm a 6 mm y con una gravedad específica aparente de al menos 0,035. En la práctica, el rango de gravedad específica aparente está preferentemente entre 0,035 y 0,065.

50 Se ha demostrado que solo una rigurosa selección del rango de gravedad específica aparente deseado anteriormente mencionado hace posible obtener una purificación que es altamente eficiente y estable en el tiempo. De hecho, se ha observado que al utilizar de esferas de poliestireno con una gravedad específica aparente menor de 0,035, el material da lugar a fenómenos de aplastamiento y hundimiento del techo de retención, causando por tanto pérdidas significativas de carga hidráulica y obstrucción grave del lecho. Es más, el uso de esferas de poliestireno
55 con una gravedad específica aparente mayor de 0,065 no solo implica dificultades técnicas de consecución sino que, además, provoca que el material se elimine de una manera repentina cuando el lecho está sometido a lavado a contracorrientes, y por tanto supone pérdidas inaceptables.

El reactor del documento EP0504065 comprende, de la parte inferior a la superior: una zona para la expansión y eliminación de lodo de los medios y la sedimentación de lodo aflojado; al menos un dispositivo de inyección de aire; una zona de material de filtración constituida por una capa de las partículas ligeras anteriormente mencionadas, un techo de hormigón u otro material perforado, y, finalmente, en la parte superior del reactor, una zona de almacenamiento de agua de lavado, en cuya punta está prevista la eliminación del efluente tratado.

Otro reactor desarrollado por el solicitante se describe en el documento EP0347296, en donde el reactor está equipado con un lecho fluidizado inferior y un lecho fijo superior para la filtración. Las partículas de los lechos se componen de partículas expandidas que tienen una densidad menor que 1. Las partículas del lecho fijo son más pequeñas y más ligeras que las del lecho fluidizado.

En este sistema también se utiliza un solo reactor o filtro biológico con corrientes paralelas ascendentes de agua y gas oxigenado. Para la combinación de los dos lechos superpuestos anteriormente mencionados, el proceso de acuerdo con el documento EP0347296 incorpora materiales que son más ligeros que el agua pero cuyas propiedades de granulometría, densidad y altura de lecho varían, de tal manera que se obtiene, por un lado, una fluidificación del lecho inferior durante la inyección de gas oxigenado sin la alteración considerable del lecho superior y, por otro lado, una reclasificación "automática" de las dos capas o lechos durante la fase en la que los materiales ligeros se expanden cuando se lavan con una contracorriente.

En reposo, estas dos capas de materiales más ligeros que el agua se adhieren una a la otra debido a sus densidades diferentes. Esta clasificación se mantiene mientras el filtro se lava con la contracorriente. Cuando se introduce aire en la base del filtro mediante un dispositivo de difusión, la mezcla de aire y agua que pasa a través de los materiales tiene una densidad similar a las partículas de la capa inferior anteriormente mencionada. En este caso, el lecho inferior se fluidifica por el movimiento ascendente de las burbujas de gas oxigenado, lo que ocasiona un intercambio intensivo entre los gases, el agua que va a ser tratada y la "biopelícula" que se adhiere a las partículas del lecho.

Para el lecho fluidizado inferior, la granulometría puede variar de 3 a 15 mm, la masa volumétrica por lo general se encuentra entre 300 y 800 g/l y la altura del lecho varía de 0,2 a 2 metros, dependiendo del tipo de reactor utilizado; en el lecho fijo superior, el diámetro medio de las partículas ligeras es de 1 a 10 mm, mientras que la masa volumétrica varía de 20 a 100 g/l y la altura puede variar de 0,5 a 3 metros. Finalmente, en el caso de la variación anteriormente mencionada, la capa superior que se superpone al lecho superior comprende partículas que tienen un tamaño de 3 a 20 mm, que tienen una masa volumétrica de 10 a 50 g/l y una altura o grosor de 0,10 a 0,50 metros.

Las partículas de materiales ligeros que pueden utilizarse como un medio filtrante/soporte bacteriano son materiales de plástico expandido, materiales de células cerradas hechos de poliolefinas, poliestireno, polímeros y copolímeros de caucho sintético, etc.; materiales minerales ligeros tales como arcilla o esquistos expandidos, o productos celulósicos tales como partículas de madera, por ejemplo. Los granulados de estos materiales pueden adoptar diversas formas tales como, de manera favorable: esferas, vainas cilíndricas, etc. En la práctica, para la ejecución efectiva del proceso, es importante que las densidades de las partículas ligeras utilizadas en el contexto de la invención sean cada vez menores a medida que se desplazan de la capa inferior (lecho fluidizado) a la capa superior y, posteriormente, a la capa de soporte anteriormente mencionada. Por ejemplo, los intervalos de densidad pueden ser, respectivamente: 0,5 a 0,8 (lecho fluidizado); 0,3 a 0,1 (lecho fijo) y 0,005 a 0,08 (lecho de soporte superior).

En otra aplicación del documento FR2741872, el solicitante describe otro reactor de tratamiento de agua en el que se combinan un lecho fijo y un lecho fluidizado. El reactor tiene una primera zona de filtración de material de PVC rígido con una estructura tridimensional fija y una segunda zona de filtración llena de material de relleno tal como, por ejemplo, esferas de poliestireno, que tiene una densidad menor que la del agua y está fijo. Debido a que un problema frecuente de tales reactores es la pérdida de partículas durante el retrolavado en contracorriente, este reactor proporciona un espacio entre las dos zonas que permite la expansión del lecho fijo de la segunda zona de filtración durante el lavado. En este espacio se colocan medios de inyección de oxígeno. Por lo tanto, se inyecta oxígeno sólo por encima de la primera zona, la cual permanece anóxica. El aire sólo entra en la segunda zona. En este reactor se combinan dos zonas diferentes, una para desnitrificación y la otra para nitrificación.

Las partículas que se utilizan en estos biorreactores no proporcionan ningún área de superficie protegida para el crecimiento de la biopelícula en las partículas, ya que las partículas utilizadas son partículas esféricas pequeñas. Por lo tanto, la biopelícula puede crecer sólo sobre la superficie de las partículas esféricas, la cual no está protegida contra algún daño que pueda ocasionarse por la colisión de las partículas esféricas.

A diferencia de lo anterior, los portadores que se describen en el documento EP0750591 son grandes y proporcionan una superficie amplia para la biopelícula, protegida contra el desgaste, sin que la eficacia del proceso se reduzca demasiado por una limitación de oxígeno aún mayor de la biopelícula que en los portadores pequeños disponibles.

Los elementos portadores grandes del documento EP0750591 tienen una estructura similar a una rueda de turbina con paredes internas radiales que se interconectan mediante anillos externos y que forman diversos pasajes axiales.

De este modo, la amplia área de las superficies internas del portador se encuentra protegida del desgaste contra las superficies de otros portadores. Además, los pasajes de flujo permiten una adecuada circulación directa del agua. Otros portadores adecuados se describen en los documentos EP 1340720 y EP05785314.

5 Los elementos portadores del documento EP0750591 tienen una densidad cercana a la densidad del agua, de tal manera que los portadores con la biopelícula se mantienen suspendidos y en movimiento en el agua en el reactor. Esto evita que el agua permanezca estacionaria en los portadores y garantiza el paso del aire a través de los pasajes internos del portador.

10 Los solicitantes de la presente invención han combinado las ventajas de la configuración de sus reactores anteriores con las ventajas del tipo de portadores que se describen, por ejemplo, en los documentos EP0750591, EP1340720 y EP05785314 para proporcionar un procedimiento mejorado para la purificación de agua que presenta un rendimiento mucho mayor. Al mismo tiempo, el objeto de la presente invención es ofrecer un reactor que no presente un aumento de volumen al ofrecer un mayor rendimiento.

La solución proporcionada es un reactor mejorado y un procedimiento para la purificación biológica de aguas residuales de acuerdo con la presente invención, tal como se describe más adelante.

15 **Sumario de la invención**

20 La presente invención se refiere a un reactor de purificación biológica que comprende un espacio para la expansión y eliminación de lodo con un volumen V, un sistema de inyección de gas situado en un área inferior cercana a la parte inferior de tal espacio para la expansión y eliminación de lodo, un sistema de inyección de fluido situado en la parte inferior de tal espacio para la expansión y eliminación de lodo, o encima del mismo, y un filtro biológico. El filtro biológico comprende un lecho empaquetado de partículas retenidas en una parte inferior de tal reactor mediante un

techo de retención perforado contra el movimiento ascendente, y un volumen de partículas móviles situadas en el interior de tal espacio para la expansión y eliminación de lodo y encima del sistema de inyección de fluido.

25 Las partículas de tal lecho empaquetado y de tal volumen de partículas móviles son portadores para la película microbiana.

Las partículas móviles tienen una densidad entre 900 y 1200 kg/m³ que es mayor que la densidad de las partículas del lecho empaquetado.

Las partículas móviles son portadores huecos que comprenden un área de superficie protegida para permitir el crecimiento de la película microbiana protegida contra la colisión contra las superficies de otros elementos portadores.

30 En otra modalidad de la presente invención, las partículas móviles tienen un área de superficie específica total para permitir el crecimiento de la película microbiana de entre 600 y 1800 m²/m³ de volumen de elemento de partícula y pasajes de flujo diseñados para permitir la circulación adecuada de agua y gas a través de los portadores. La unidad "área de superficie por volumen de elemento de partícula", tal como se utiliza en este documento, significa que la superficie de la partícula móvil se divide con el volumen de la partícula en sí. En esta aplicación, no se refiere a la

35 unidad "área de superficie por volumen aparente de las partículas" que comúnmente se utiliza en descripciones comerciales de las características de tales portadores.

Además, las partículas móviles tienen preferentemente un área de superficie muy protegida de entre 500 y 1600 m²/m³ de volumen de elemento de partícula. Su longitud y anchura pueden variar entre 10 y 60 mm y su grosor varía entre 2 y 30 mm.

40 En una modalidad preferente de la presente invención, el volumen V del espacio para la expansión y eliminación de lodo representa entre el 30% y el 50% del volumen total debajo del techo de retención perforado del reactor de purificación biológica. En una modalidad, del 20% al 70% de este volumen V se rellena con las partículas móviles.

45 De acuerdo con la invención, las partículas del lecho empaquetado tienen una densidad aparente de 35 a 65 kg/m³. Preferentemente, son partículas expandidas con una gravedad específica aparente de 0,035-0,065 y un tamaño granulométrico de 2-6 mm. Se prefiere un tamaño granulométrico mayor a 3 mm para evitar la obstrucción de las partículas móviles por las partículas del lecho empaquetado.

En otra modalidad preferente, el sistema de inyección de fluido comprende orificios que son menores que el tamaño mínimo de las partículas móviles 10.

50 Además, la presente invención se refiere a un procedimiento para la purificación biológica de aguas residuales que comprende la primera etapa de suministrar un reactor de purificación biológica tal como se describe anteriormente.

La segunda etapa del procedimiento de la presente invención consiste en hacer pasar agua que va a ser purificada de manera biológica en sentido ascendente a través de tal reactor y a través del volumen de portadores móviles y del lecho empaquetado que constituye tal filtro biológico y, de manera simultánea, inyectar gas en el espacio para la expansión y eliminación de lodo y hacer pasar tal gas en sentido ascendente en una dirección del flujo de corriente

paralela con tal agua que va a ser purificada de manera biológica a través de tal filtro biológico.

La tercera etapa del procedimiento de la presente invención consiste en realizar de manera periódica el retrolavado de tal lecho empaquetado y del volumen de portadores móviles mediante el uso de una descarga rápida, en una dirección del flujo en contracorriente, del agua tratada y almacenada en una parte superior de tal reactor.

- 5 En una modalidad preferente del procedimiento, la etapa de retrolavado se lleva a cabo a un caudal de descarga de agua de 30 a 100 m/h. Es posible que durante el retrolavado se inyecte gas para mejorar el aflojamiento del exceso de lodo biológico. La inyección de gas se lleva a cabo de manera secuencial.

10 En una modalidad, el procedimiento además comprende la etapa de llevar a cabo, de manera periódica, operaciones breves de minilavado por descarga de agua para aflojar los sólidos suspendidos en el interior del lecho empaquetado y el volumen de partículas móviles y permitir una operación más larga entre dos ciclos de retrolavado.

La presente invención además se refiere a una planta de tratamiento de agua que comprende una o más baterías de biorreactores, tal como se describe anteriormente. Cada batería de biorreactores comprende de 1 a 20 que operan en paralelo. Para un buen funcionamiento, se prefiere la aplicación de 4 a 12 biorreactores en una batería que operen en paralelo.

- 15 La planta de tratamiento de agua de acuerdo con la presente invención puede comprender entre 1 a 10 baterías de biorreactores.

En otra modalidad, la operación de retrolavado en la planta de tratamiento de agua se lleva a cabo para un biorreactor por batería a la vez. El uso de varias baterías permite realizar la operación de retrolavado de más de un biorreactor a la vez aunque sólo se puede realizar el retrolavado de un biorreactor por batería a la vez.

20 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 muestra una vista en sección de un biorreactor de acuerdo con la técnica anterior del documento EP0504065.

La Figura 2 muestra una vista en sección de un biorreactor de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

- 25 La Figura 3 muestra una vista en sección de una modalidad preferente de los portadores huecos que se utilizan para conformar el volumen de partículas móviles en la presente invención.

Las Figuras 4A y B muestran una vista en perspectiva de la parte inferior del biorreactor y sus sistemas alternativos de inyección de fluido.

Descripción detallada de la invención

- 30 De acuerdo con las figuras proporcionadas, el biorreactor 1 de la técnica anterior que se muestra en la Figura 1 y el biorreactor 1' de acuerdo con una modalidad preferente de la presente invención que se muestra en la Figura 2 comprenden en su parte inferior el espacio 2 para la expansión y eliminación del lodo, el sistema de inyección de fluido 3, el sistema de inyección de gas 4 y el lecho empaquetado 5 retenido mediante la placa perforada 6 que funciona como un techo; y, finalmente, la zona libre superior 7 que funciona como una reserva de lavado, en donde el agua tratada se elimina a través de la salida 8.

El sistema de inyección de fluido 3 funciona al mismo tiempo que el sistema para la salida de lodo durante la operación de retrolavado del biorreactor, tal como se indica por las flechas en ambas direcciones en las Figuras 1 y 2.

- 40 El líquido que va a ser tratado llega a través de la entrada 9 y se introduce a través de la válvula 12 en la zona 2 mediante el sistema de inyección de fluido 3 situado debajo del dispositivo de inyección de gas 4. Cuando el dispositivo de inyección de gas 4 introduce el gas, se obtiene un intercambio intensivo entre el gas, el agua que va a ser tratada y la biopelícula que se adhiere a las partículas. Durante esta operación, el lecho empaquetado 5 permanece en un estado no turbulento y, por lo tanto, es un "lecho fijo".

- 45 Ahora, con referencia a la Figura 2, en el biorreactor de la presente invención, el espacio 2 para la expansión y eliminación del lodo se rellena parcialmente con portadores huecos 10. Estos forman lo que en la presente invención se refiere como un "volumen de partículas móviles". Sin embargo, además de lo que se describe anteriormente para el lecho empaquetado 5, este volumen de partículas móviles no forma un lecho fijo, sino que los portadores huecos 10 pueden desplazarse libremente. Esto significa que cuando se introduce gas en la base mediante el sistema de inyección de gas 4, el volumen de partículas móviles estará en un estado turbulento y la corriente hará que los
- 50 portadores huecos 10 cambien de lugar en el espacio 2.

Además, debido al hecho de que estos portadores huecos 10 tienen pasajes de circulación directa, no sólo el agua y el gas cambian de lugar los portadores en el espacio 2, sino que también fluyen a través de los portadores

huecos 10, de tal manera que todas las áreas de superficie internas de estos portadores huecos 10 estarán en contacto con el agua y el gas. Esto potencia al máximo el contacto del agua que va a ser tratada con la superficie de la biopelícula que está presente en todas las superficies, ya sean superficies internas o externas, de los portadores huecos 10. Las superficies internas de los portadores huecos se refieren como el "área de superficie protegida" para enfatizar el hecho de que estas superficies no se vean dañadas por el libre desplazamiento de los portadores en el agua y sus colisiones resultantes. A diferencia de lo anterior, existe el "área de superficie total", la cual se refiere al área de superficie total que se encuentra disponible para la formación de biopelícula sobre los portadores huecos 10 y, de este modo, incluye todas las superficies internas y externas.

Ahora, con referencia de nuevo a ambas Figuras 1 y 2, debido a la acumulación de sólidos suspendidos y al crecimiento biológico en el interior del lecho empaquetado 5 y de los portadores huecos 10, el material se obstruye gradualmente. Al aumento de la pérdida de carga puede seguir la medición manométrica o el aumento del nivel de líquido en la carga o en la columna de medición de pérdida de carga en la entrada 9.

Cuando se alcanza un valor de pérdida de carga predefinido, se inicia el lavado del lecho. El lavado se refiere a la eliminación del exceso de lodo de las partículas del filtro biológico, el cual sale del biorreactor a través del sistema de tubería/canalización situado en la parte inferior del reactor. Este sistema de tubería se conecta a una válvula de descarga 11. Para iniciar el lavado, la válvula 12 se cierra y la válvula 11 se abre hasta una posición predefinida hasta que se obtiene la velocidad deseada de lavado. La descarga rápida, en una dirección de flujo en contracorriente, del líquido tratado y almacenado en la parte superior 7 del reactor permite la expansión del material del lecho empaquetado 5. Para el tamaño granulométrico y la densidad del material del lecho empaquetado 5, tal como se define anteriormente, se elige una velocidad de lavado de 30 a 100 m/h. Esta velocidad de lavado es igualmente adecuada para los portadores huecos 10 situados en el espacio para la expansión y eliminación de lodo 2.

El volumen de la zona de expansión normal necesaria para el lecho empaquetado 5 durante el retrolavado es menor que el volumen del espacio para la expansión y eliminación de lodo 2.

Esto significa que durante el retrolavado, los portadores huecos 10 que se desplazan libremente cambiarán de lugar, desplazándose principalmente hacia la parte inferior del reactor, dejando así suficiente espacio para que las partículas del lecho empaquetado se fluidifiquen sin limitar su desplazamiento. El desplazamiento de los portadores huecos 10 hacia la parte inferior puede, además, "comportarse" como una red de protección adicional en aquellos casos muy inusuales en los que las partículas del lecho empaquetado 5 situados encima se desplacen más abajo hacia el sistema de salida de lodo 3.

Tal como se describe anteriormente, se entenderá que el sistema de inyección de fluido 3 funciona al mismo tiempo que el sistema para la salida de lodo durante la operación de retrolavado del biorreactor, tal como se indica por las flechas en ambas direcciones en las Figuras 1 y 2.

El espacio 2 por lo general cuenta con un volumen relativamente elevado en comparación con el volumen total debajo del techo de retención perforado del reactor de purificación biológica de alrededor del 30% al 50% en las soluciones de la técnica anterior para evitar la pérdida de partículas durante el proceso de retrolavado. Sin embargo, en la presente invención, este espacio se utiliza con mayor eficacia al llenar del 20% al 70% de este volumen con los portadores huecos 10, proporcionando así una mayor superficie biológicamente activa al mismo tiempo que se mantiene el mismo volumen total del biorreactor. Tomando en cuenta las soluciones de la técnica anterior, se esperaría que al reducir al mínimo el volumen del espacio libre 2 se tendría una pérdida mayor de partículas del lecho empaquetado durante el retrolavado, ya que por lo general se considera que este espacio es necesario para la expansión de las partículas del lecho empaquetado durante el retrolavado, tal como se describe anteriormente. Sin embargo, de acuerdo con la presente invención, los portadores huecos 10 se retienen en el reactor mediante el sistema de inyección de fluido 3 debido al hecho de que el tamaño seleccionado de los orificios del sistema de inyección de fluido 3 es menor que el diámetro más pequeño de los portadores huecos utilizados. De este modo, el sistema de inyección de fluido 3 funciona de manera simultánea como una red de protección que evita que los portadores huecos 10 se salgan del reactor durante el lavado. El tamaño preferente para los orificios del sistema de inyección de fluido 3 varía de 6 a 50 mm de diámetro.

Al mismo tiempo, los portadores huecos 10 que se desplazan hacia abajo durante el retrolavado actúan como una red de protección adicional para las partículas del lecho empaquetado 5, evitando que éstas lleguen al sistema de salida de lodo 3. Para el buen funcionamiento del reactor de la presente invención, es muy importante que los portadores huecos proporcionen esta barrera adicional que evita que las partículas del lecho empaquetado 5 salgan del reactor. En este sentido, es sumamente importante seleccionar con atención la combinación correcta de los portadores huecos y de las partículas para el lecho empaquetado. Las partículas del lecho empaquetado tienen que seleccionarse de tal manera que éstas no puedan entrar a los pasajes de flujo internos de los portadores huecos, lo cual ocasionaría la obstrucción de los portadores huecos y una disminución de la eficacia del reactor. Esto significa que el tamaño de las partículas del lecho empaquetado tiene que ser mayor que el pasaje de flujo interno más grande presente en los portadores huecos, o viceversa, que los portadores huecos tienen que seleccionarse de tal manera que sus pasajes de flujo internos sean más pequeños que la partícula más pequeña del lecho empaquetado.

Otro parámetro importante que debe considerarse al seleccionar portadores huecos y partículas adecuados para el lecho empaquetado es la densidad de las partículas. Tal como se describe anteriormente, la densidad de las partículas huecas varía de 900 a 1200 kg/m³ y es mayor que la densidad de las partículas del lecho empaquetado. Esto reducirá al mínimo la combinación de los dos tipos de partículas durante la operación normal y el retrolavado.

5 Ahora, con referencia nuevamente a la operación del biorreactor que se muestra en la Figura 2, el rápido cambio a un flujo en contracorriente permite arrastrar los sólidos almacenados en los espacios intersticiales y quitar el exceso de biomasa que se ha acumulado sobre la superficie de los materiales; sin embargo, el intervalo de velocidad antes mencionado permite preservar la biopelícula activa sobre los materiales. Después de drenar la reserva 7 y cerrar la válvula 11, es posible reanudar la alimentación al abrir la válvula 12 con una carga similar a la utilizada antes del lavado.
10

De ser necesario, un reciclado del efluente purificado mediante una bomba puede permitir que la distribución mejore o puede permitir el suministro de nitratos en la zona de prefiltración.

15 Para prolongar los periodos de tiempo entre los lavados, se pueden realizar operaciones muy breves de lavado por descarga de agua, de manera periódica, al abrir la válvula 11, para aflojar el material y permitir una penetración más profunda de las impurezas en el lecho de filtración. Estas operaciones de minilavado también desobstruirán la parte inferior del filtro, el cual está más cargado de sólidos suspendidos. Las operaciones rápidas de lavado por descarga de agua pueden llevarse a cabo de tal modo que se permita una pérdida de carga equilibrada en toda la altura de los lechos de filtración.

20 Con el fin de evitar una compresión excesivamente elevada del lecho empaquetado y los portadores huecos mediante la inyección de gas continua, se pueden proporcionar secuencias cortas de inyección de gas. La inyección de gas secuencial puede mantenerse durante el lavado para ayudar a desobstruir el lecho empaquetado, así como los portadores huecos. Las secuencias cortas de aire durante el retrolavado sacudirán los portadores huecos y evitarán su obstrucción.

25 Una de las muchas ventajas del uso de portadores huecos que se desplazan libremente en lugar de un segundo lecho fluidizado o fijo en el reactor es que sólo una pérdida menor adicional de altura barométrica se introduce durante la operación normal del biorreactor a través de estos portadores móviles. Esto tiene como resultado un menor consumo de energía para la aireación del biorreactor.

30 Además, al utilizar portadores móviles casi no tiene lugar ninguna obstrucción adicional, de manera que la frecuencia y la duración del retrolavado son comparables a aquellas de una solución "solo un lecho empaquetado", mientras que una solución de "dos fijos" o "un lecho fijo-un lecho fluidizado" necesitará secuencias de retrolavado más frecuentes y más largas.

35 Por último pero no menos importante, los portadores huecos permiten una distribución mejorada y un desplazamiento más lento del gas en dirección ascendente hacia el lecho empaquetado, ya que las burbujas de gas se dividirán en burbujas más pequeñas al entrar en contacto con los portadores huecos que se desplazan libremente en la parte inferior del reactor. Esto garantiza el suministro mejorado de la biopelícula con gas, lo que se traduce en una mayor eficacia del reactor.

40 En la Figura 3 se muestra una vista lateral de un portador hueco ejemplar adecuado para su uso en la presente invención. La estructura muestra las paredes internas y externas del portador que son adecuadas para el crecimiento de la biopelícula. Como puede entenderse fácilmente a partir de este dibujo, la biopelícula que crece en las superficies internas del portador estará protegida contra daños ocasionados por la colisión con otros portadores durante la operación del biorreactor.

45 En las Figuras 4A y B se muestran dos sistemas alternativos de inyección de fluido. En la Figura 4A se muestra un sistema de inyección de fluido hecho de hormigón, el cual es de acuerdo con el sistema de inyección de fluido que se muestra en el biorreactor, en la Figura 2. En la parte inferior del biorreactor 13 se forman canales de entrada 14 de hormigón con orificios 15. En la Figura 4B, la cual es una solución alternativa, se introducen tubos 16 de acero con orificios 15 en la parte inferior del biorreactor. En ambas modalidades, los canales de entrada de agua también funcionan como canales de salida de lodo durante el retrolavado, tal como se indica por las flechas que señalan en ambas direcciones.

50 De acuerdo con una modalidad favorable del procedimiento de la presente invención, una o más baterías de biorreactores como las que se describen anteriormente se colocan en paralelo en una planta grande de tratamiento de agua. Cada batería de los biorreactores paralelos en una planta grande de tratamiento de agua puede contener de 1 a 20 biorreactores. Sin embargo, se prefiere una cantidad de 4 a 12 biorreactores por batería. Pueden ejecutarse en paralelo de una a 10 baterías de biorreactores en una planta de tratamiento de agua.

55 Cada batería de biorreactores cuenta con un depósito de agua común que alimenta las columnas de carga asociadas de manera separada con cada biorreactor. De esta manera, se puede evitar el exceso de presión en los biorreactores cuando una de las columnas se obstruye, ya que las otras columnas de carga pueden compensar la presión.

Las reservas de agua para el agua purificada de cada biorreactor también se interconectan y forman un compartimiento grande para el agua purificada en la parte superior de cada batería. De este modo, el agua purificada de todos los biorreactores que se encuentren en operación en una batería suministra el flujo de agua para el retrolavado del biorreactor obstruido cuyo retrolavado se esté realizado en ese momento.

- 5 Para el buen funcionamiento de la planta de tratamiento de agua de la presente invención, se prefiere que se realice el retrolavado tan sólo de un biorreactor a la vez mientras los otros biorreactores se encuentran en operación normal de tratamiento de agua. El uso de varias baterías en paralelo permite realizar el retrolavado de más de un biorreactor por planta a la vez, aunque sólo se puede realizar el retrolavado de un biorreactor por batería a la vez, lo cual aumenta la eficacia de la planta de tratamiento.

10

REIVINDICACIONES

1. Un reactor de purificación biológica que comprende un espacio para la expansión y eliminación de lodo (2) con un volumen V; un sistema de inyección de gas (4) situado en un área inferior cercana a la parte inferior de dicho espacio para la expansión y eliminación de lodo (2); un sistema de inyección de fluido (3) situado en la parte inferior de dicho espacio para la expansión y eliminación de lodo (2), o encima del mismo; y un filtro biológico, en el que dicho filtro biológico comprende un lecho empaquetado de partículas (5) retenidas en una parte inferior de dicho reactor mediante un techo de retención perforado (6) contra el desplazamiento ascendente, y un volumen de partículas móviles (10) situadas en el interior de dicho espacio para la expansión y eliminación de lodo (2) y encima del sistema de inyección de fluido (3), en el que las partículas de dicho lecho empaquetado (5) y del volumen de partículas móviles (10) son portadores para la película microbiana, en el que las partículas de dicho lecho empaquetado (5) tienen una densidad aparente entre 35 y 65 kg/m³, en el que las partículas móviles (10) tienen una densidad entre 900 y 1200 kg/m³, que es mayor que la densidad de las partículas del lecho empaquetado (5), y en el que las partículas móviles (10) son portadores huecos que tienen pasajes de flujo internos y comprenden un área de superficie protegida para permitir el crecimiento de la película microbiana protegida contra la colisión con las superficies de otros elementos portadores, y el tamaño de las partículas del lecho empaquetado (5) es mayor que los pasajes de flujo internos más grandes de las partículas móviles.
2. El reactor de purificación biológica de la reivindicación 1, en el que el volumen V del espacio para la expansión y eliminación de lodo (2) se encuentra entre 30% y 50% del volumen total debajo del techo de retención perforado (6) del reactor de purificación biológica.
3. El reactor de purificación biológica de las reivindicaciones 1 o 2, en el que del 20% al 70% del volumen V del espacio para la expansión y eliminación de lodo (2) se rellena con partículas móviles (10).
4. El reactor de purificación biológica de las reivindicaciones 1 a 3, en el que las partículas del lecho empaquetado son partículas expandidas que tienen un tamaño granulométrico de 2 a 6 mm, preferentemente de 3 a 6 mm.
5. El reactor de purificación biológica de las reivindicaciones 1 a 4, en el que las partículas móviles (10) tienen un área de superficie específica total para permitir el crecimiento de la película microbiana de entre 600 y 1800 m²/m³ de volumen de elemento de partícula y pasajes de flujo diseñados para permitir el flujo adecuado de agua y gas a través de los portadores.
6. El reactor de purificación biológica de las reivindicaciones 1 a 5, en el que las partículas móviles (10) tienen un área de superficie muy protegida de entre 500 y 1600 m²/m³ de volumen de elemento de partícula.
7. El reactor de purificación biológica de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la longitud y la anchura de las partículas móviles (10) varían entre 10 y 60 mm y su grosor varía entre 2 y 30 mm.
8. El reactor de purificación biológica de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el sistema de inyección de fluido (3) situado en la parte inferior de dicho espacio para la expansión y eliminación de lodo (2), o encima del mismo, comprende aberturas (15), que son menores que el tamaño mínimo de las partículas móviles (10).
9. Un procedimiento de purificación biológica de aguas residuales, que comprende
 - (i) proporcionar un reactor de purificación biológica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8;
 - (ii) hacer pasar agua a purificar de manera biológica en sentido ascendente a través de dicho reactor y a través del volumen de partículas móviles (10) y el lecho empaquetado (5) que constituye dicho filtro biológico, así como inyectar gas, de manera simultánea, en el espacio para la expansión y eliminación de lodo (2) y hacer pasar dicho gas en sentido ascendente en una dirección de flujo en corriente paralela con tal agua que va a ser purificada de manera biológica a través de dicho filtro biológico;
 - (iii) realizar el retrolavado de manera periódica de dicho volumen de partículas móviles (10) y del lecho empaquetado (5) mediante la aplicación de descargas rápidas en una dirección de flujo en contra corriente del agua tratada y almacenada en una parte superior (7) de dicho reactor.
10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que la etapa de retrolavado se lleva a cabo a un caudal de descarga de agua de 30 a 100 m/h.
11. El procedimiento de las reivindicaciones 9 o 10, en el que las etapas de inyección de gas se llevan a cabo en forma secuencial durante el retrolavado.
12. El procedimiento de las reivindicaciones 9 a 11, que además comprende la etapa de llevar a cabo, de manera periódica, operaciones breves de minilavado por descarga de agua para aflojar los sólidos suspendidos en el interior de dicho volumen de partículas móviles (10) y del lecho empaquetado (5) y permitir una operación más larga entre

dos ciclos de retrolavado

13. Una planta de tratamiento de agua que comprende de una o más baterías de biorreactores de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 8, en la que cada batería de biorreactores comprende de 1 a 20, y más preferentemente de 4 a 12 biorreactores que se encuentran en operación paralela.

5 14. La planta de tratamiento de agua de acuerdo con la reivindicación 13, en la que la planta de tratamiento de agua comprende de 1 a 10 baterías de biorreactores.

15. La planta de tratamiento de agua de acuerdo con las reivindicaciones 13 o 14, en la que la operación de retrolavado se lleva a cabo para un biorreactor por batería a la vez.

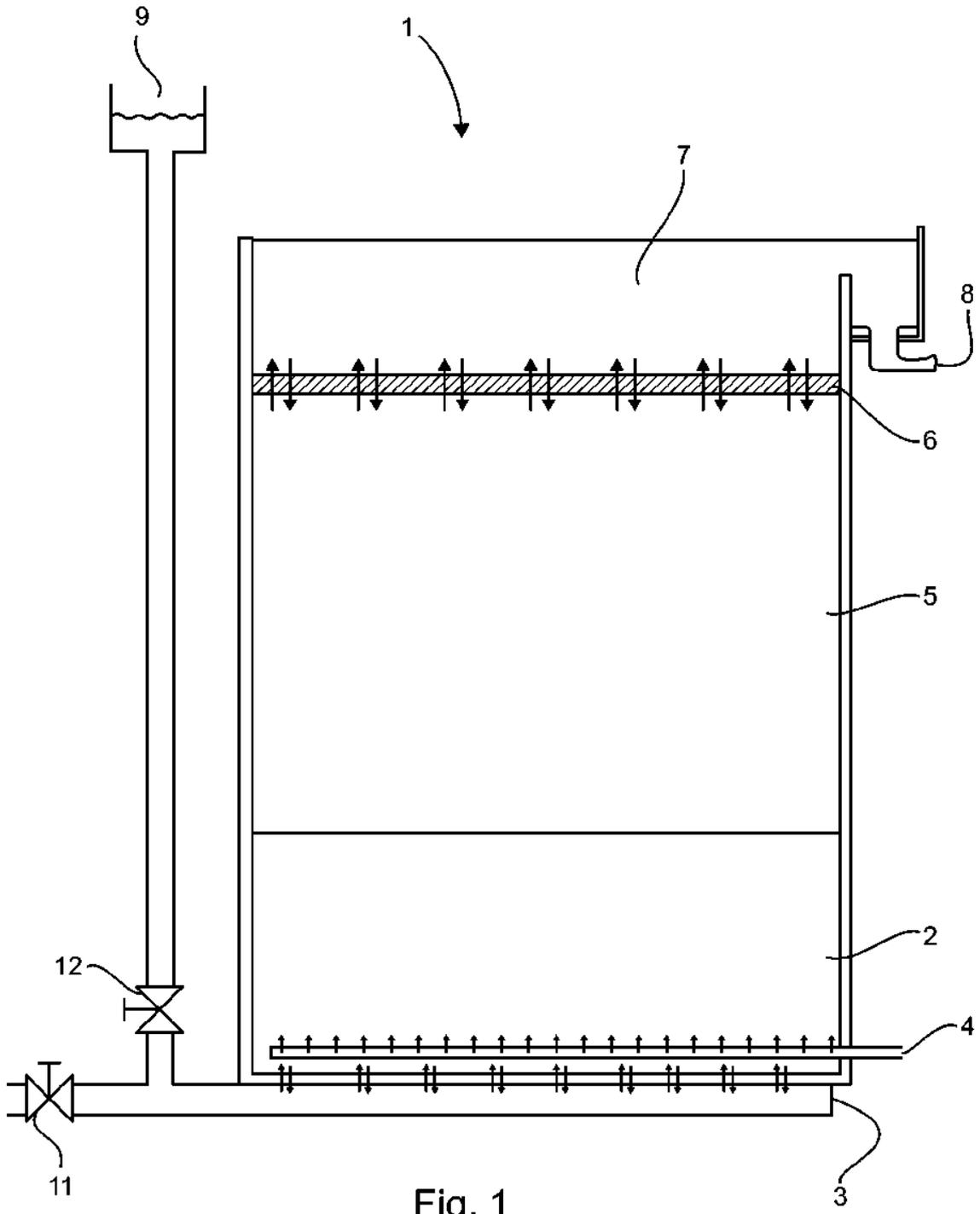


Fig. 1

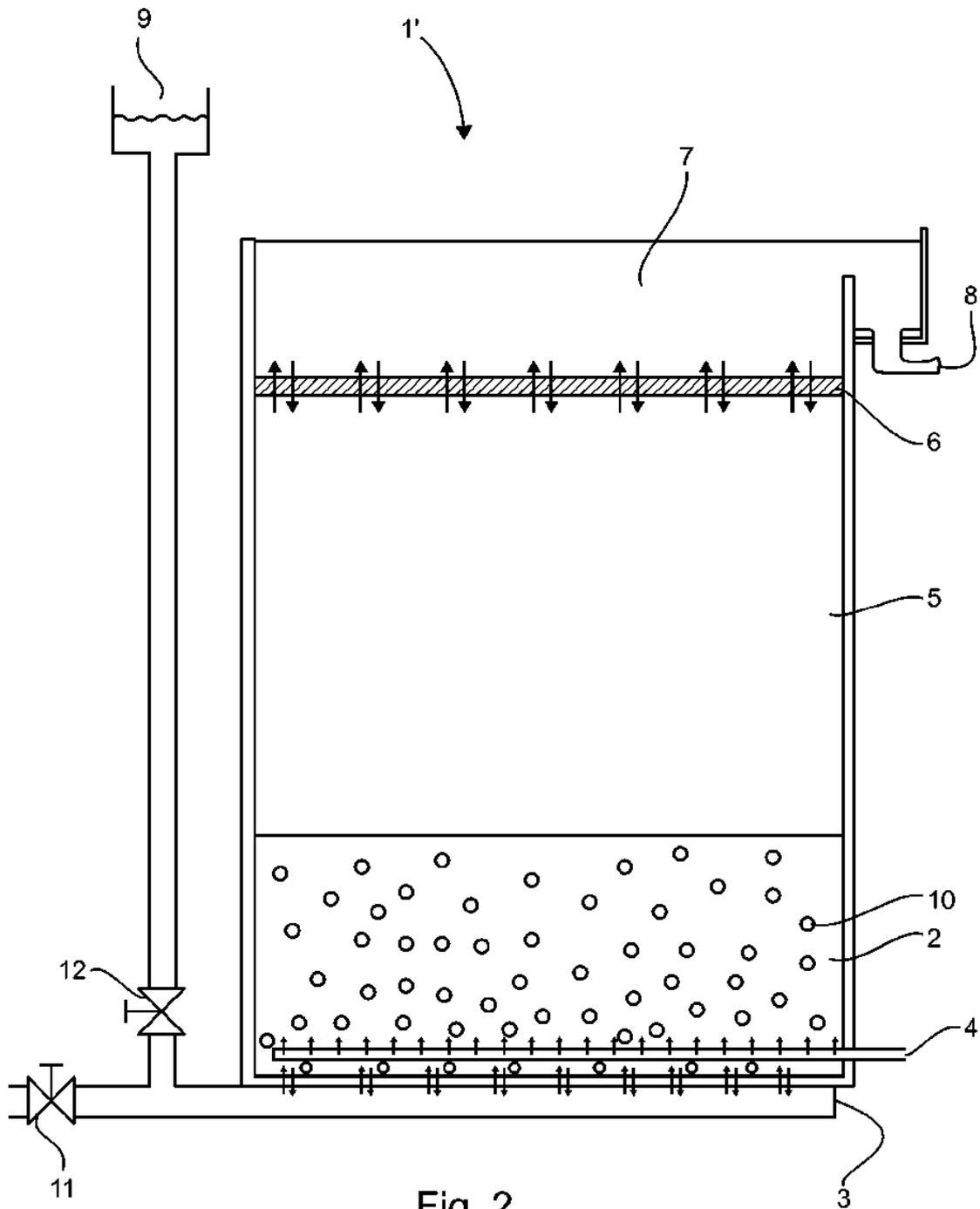


Fig. 2

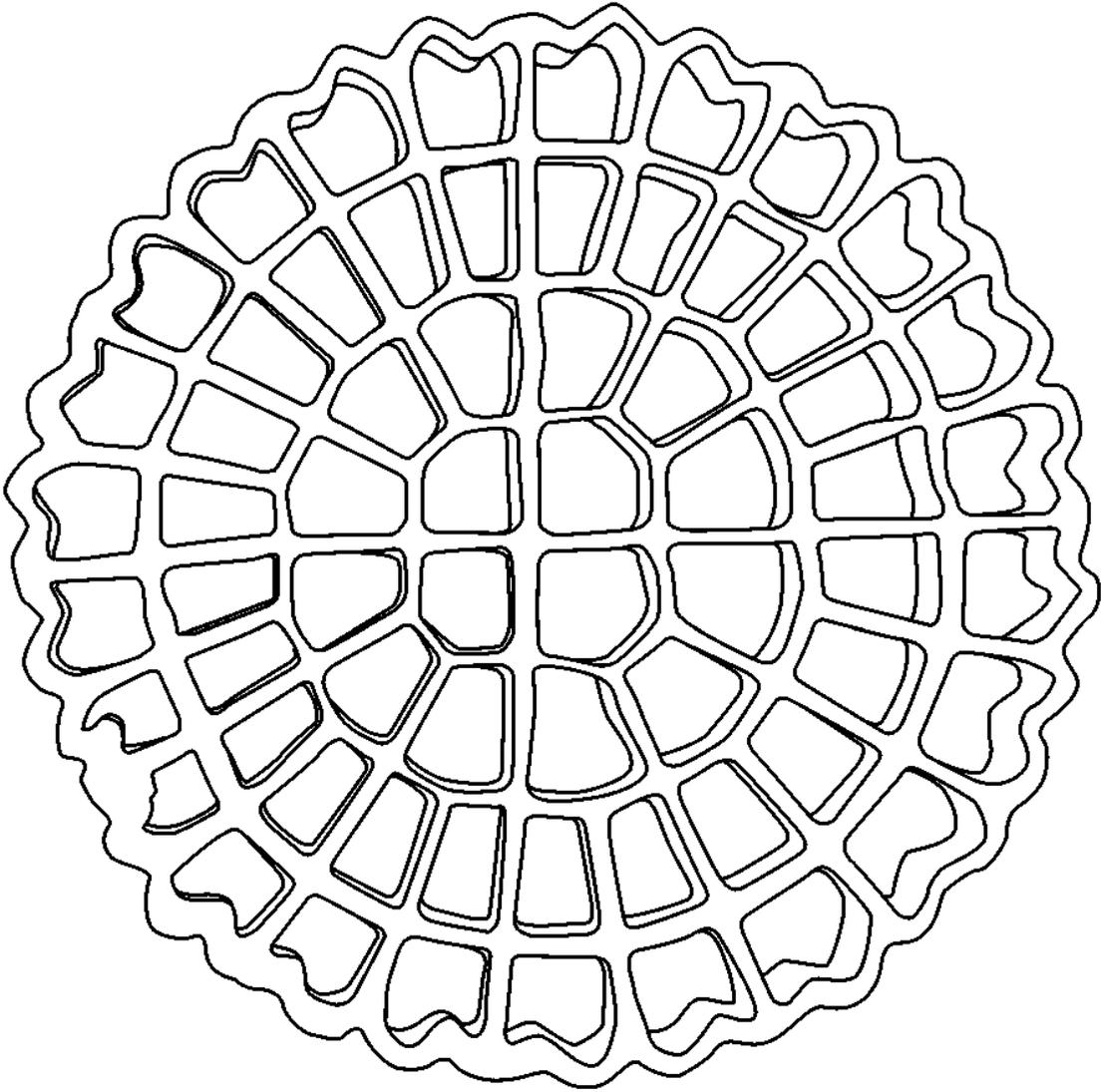


Fig. 3

