



RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— *sin informe de búsqueda internacional, será publicada nuevamente cuando se reciba dicho informe (Regla 48.2(g))*

TANQUE DE FLUJO CONTINUO

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se enmarca dentro del campo de los dispositivos empleados en la acuicultura y en la depuración de aguas residuales, como los reactores biológicos.

El objeto de la presente invención es un tanque de flujo continuo para el cultivo de microalgas, peces, moluscos, crustáceos o bacterias que está dotado de un álabe o álaves directrices que permiten conseguir un mayor rendimiento en comparación con los tanques actualmente utilizados.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El cultivo de diferentes seres vivos, como microalgas peces, crustáceos o bacterias, requiere el uso de tanques o depósitos por los que el agua circula de manera continua. Aunque existen tanques de diferentes formas y características, destacan entre ellos los tanques de flujo continuo denominados "de carrusel" como el representado en la Fig. 1. Estos tanques (100) están formados esencialmente por una cubeta (102) de forma esencialmente rectangular cuyos lados largos están delimitados por unas paredes laterales (103) rectas y cuyos lados cortos están delimitados por unas paredes curvas (104), normalmente semicirculares, para mantener en la medida de lo posible un flujo uniforme del fluido. Un tabique central (105) separa las corrientes en sentidos opuestos. El tanque (100) tiene además una o varias entradas y salidas del líquido de cultivo (no mostradas en esta figura) y un medio de impulsión (no mostrado en esta figura) que provoca el movimiento del fluido en el tanque (100). Algunos ejemplos de este tipo de tanques (100) se describen en las solicitudes JP2012023979 ó KR100679989.

Estos tanques (100) presentan el inconveniente de provocar pérdidas en la zona de los extremos de la cubeta (102), ya que en esta zona donde el flujo de la corriente cambia de dirección aparecen recirculaciones. Como consecuencia, aumenta la disipación de energía hidráulica, y por tanto la energía que debe aplicar el medio de impulsión para mover la corriente es mayor, lo que resulta en un mayor consumo eléctrico de dicho medio de impulsión. Para solucionar este problema, la Fig. 1 muestra una solución conocida consistente en disponer uno o varios álabes (106) en los extremos de la cubeta (102).

Los álabes (106) dispuestos en los sectores de extremo (SE) de la cubeta (102) guían la corriente de tal modo que se mantiene en la medida de lo posible el flujo uniforme durante el cambio de dirección. Los álabes (106) consisten aquí simplemente en unas placas paralelas a las paredes curvas (104) que delimitan los extremos del tanque (102), estando los extremos de estos álabes (106) ubicados aproximadamente en la línea imaginaria (L2) que delimita los sectores de extremo (SE) de la cubeta (102) o entrando sustancialmente en la zona exterior al sector extremo. Es decir, en el tanque (100) con paredes de extremo (104) semicirculares como el mostrado en la Fig. 1, los álabes (106) tienen también una forma semicircular paralela a la de la pared de extremo (104) correspondiente. La función de estos álabes (106) es guiar el líquido de cultivo paralelamente a las paredes de extremo (104) de la cubeta (102) en todo momento durante el cambio de dirección, dificultando así la aparición de recirculaciones y mejorando el rendimiento global del tanque (100).

Sin embargo, los resultados obtenidos utilizando álabes (106) de este tipo son manifiestamente mejorables, ya que no se evita completamente la aparición de recirculaciones y las pérdidas hidráulicas son notables (K. Sompech, Y. Chisti and T. Srinophakun 2012, *Biofuels*, 3, 387-397). Además, el uso de unos álabes (106) de gran longitud provoca un aumento de

la fricción, lo cual también se refleja en un aumento de la energía eléctrica requerida para desplazar la corriente.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Los inventores de la presente solicitud, conscientes de los inconvenientes y del potencial de mejora de rendimiento de los tanques actuales, han aplicado técnicas avanzadas de cálculo de superficies habitualmente utilizadas en el campo de la aeronáutica para determinar la configuración óptima de los álabes. Por medio de un proceso iterativo de cálculo basado en la discretización de las ecuaciones de Reynolds se obtienen unos álabes cuyo mejor diseño hidrodinámico permite conseguir un mayor rendimiento global del tanque, ya que se eliminan más eficientemente las zonas de recirculación del fluido y se minimiza la fricción en la zona de los álabes.

El resultado del cálculo son unos álabes que no abarcan completamente el sector de extremo correspondiente, sino que sólo lo abarcan parcialmente. Sorprendentemente, estos álabes más cortos consiguen guiar más eficientemente el fluido en la zona del cambio de dirección del tanque, evitando pérdidas por recirculaciones de fluido. Además, al ser los álabes más cortos que los de la técnica anterior, disminuye su superficie, y por lo tanto también las pérdidas por fricción.

A continuación, se definen algunos términos que se emplean en esta memoria para definir con mayor claridad la forma y posición de los álabes directrices de la invención.

El término "*sector de extremo*" hace referencia a la zona de los extremos de la cubeta, normalmente semicircular, que está delimitada por una línea imaginaria que une los extremos de las paredes laterales rectas y

por la pared de extremo curva correspondiente. En otras palabras, el sector de extremo es la zona de la cubeta donde se produce el cambio de dirección de la corriente del fluido.

Se considera que cada sector de extremo se divide a su vez en dos zonas, una "*zona de salida de la corriente del sector de extremo*" que hace referencia a la mitad del sector de extremo que está situada en el lado por el que sale la corriente, y que normalmente tiene una forma aproximada de cuarto de circunferencia, y una "*zona de entrada de la corriente del sector de extremo*" que hace referencia a la mitad del sector de extremo que está situada en el lado por el que entra la corriente, y que también suele tener forma de cuarto de circunferencia.

Por tanto, un primer aspecto de la invención describe un tanque de flujo continuo para el cultivo de microalgas, peces, moluscos, crustáceos o bacterias que comprende fundamentalmente los siguientes elementos:

- a) Una cubeta alargada que tiene dos paredes laterales rectas y dos paredes de extremo curvas que forman sendos sectores de extremo.
- b) Un tabique longitudinal central situado a lo largo del centro de la cubeta.
- c) Al menos un álabe directriz dispuesto en un sector de extremo del tanque esencialmente en paralelo a la pared curva correspondiente, donde dicho álabe no abarca completamente el sector de extremo correspondiente.

Al decir que el álabe directriz es "*esencialmente paralelo a la pared curva*", se hace referencia a que éste es a simple vista aproximadamente

paralelo a la pared curva correspondiente, aunque puede no ser exactamente paralelo. Por ejemplo, el álabe puede estar definido por ecuaciones que no correspondan exactamente a la forma de la pared curva, normalmente semicircular.

Similarmente, al decir que el álabe directriz "*no abarca completamente*" el sector de extremo se refiere a que el álabe de la invención no se extiende esencialmente en paralelo a la pared curva a lo largo de los 180° del sector de extremo, sino que tiene una longitud angular sustancialmente menor.

En efecto, los inventores de la presente solicitud han descubierto que no es necesario que el álabe o álabes directrices abarquen la totalidad del sector de extremo para guiar eficientemente la corriente de fluido que recorre el tanque durante el cambio de dirección, sino que es suficiente utilizar un álabe o álabes que abarquen parcialmente el sector de extremo. Más concretamente, en una realización preferida de la invención el álabe directriz abarca una mayor longitud angular en la zona de salida de la corriente que en la zona de entrada de la corriente.

Además, en otra realización preferida de la invención el borde de entrada del álabe está más adelantado angularmente según el sentido de la corriente cuanto más lejos se encuentra dicho álabe de la pared de extremo curva. El motivo es que el cambio de dirección de la corriente es mucho más pronunciado en la zona cercana al extremo de la pared longitudinal que en las zonas cercanas a las paredes de extremo. Por ello, es en dicha zona interior donde es más necesaria la presencia de álabes que guíen la corriente para evitar la aparición de recirculaciones.

Adicionalmente, es posible mejorar aún más el guiado de la corriente en dicha zona alejada de las paredes de extremo dotando al extremo del

tabique longitudinal central de un abultamiento con una curvatura suave sin ángulos vivos esencialmente paralela al álabe más cercano. Este abultamiento obliga a la corriente a cambiar de dirección antes de su llegada al sector de extremo, ayudando a evitar la aparición de zonas de recirculación en el mismo.

Preferentemente, los álabes utilizados presentan un borde de entrada redondeado que tiene un grosor mayor que su borde de salida. Más concretamente, el grosor del borde de entrada es normalmente menor que una quinta parte del diámetro del tanque en ese punto. Este borde de entrada más grueso y redondeado ayuda a evitar desprendimientos de la corriente al incidir sobre dicho borde de entrada, de un modo similar al diseño de las alas de un avión. Además, el borde de entrada puede estar orientado ligeramente hacia el interior de la cubeta tomando como referencia la dirección de la corriente en ese punto. Es decir, el borde de entrada del álabe no es exactamente paralelo a la dirección de la corriente, sino que está inclinado hacia dentro de modo que recibe la mayor parte de la corriente por su lado exterior.

Con relación al borde de salida del álabe, éste es más estrecho y afilado que el borde de entrada, o dicho de otro modo, el borde de salida es sensiblemente más delgado que el espesor máximo del álabe, que se produce cerca del borde de entrada del mismo. Existen dos opciones de orientación para el borde de salida del álabe.

Según una realización particular, el borde de salida está orientado esencialmente en paralelo a una pared lateral del tanque en ese punto, guiando así la corriente también en paralelo a la pared lateral del tanque.

En otra realización particular alternativa, el borde de salida del álabe directriz está orientado hacia dentro con relación a la pared lateral del

tanque en ese punto, deflectando así la corriente oblicuamente en dirección al tabique central. Es más, el ángulo de inclinación hacia el interior del tanque puede estar entre 2° y 30° , y preferentemente es mayor cuanto más cerca está el álabe en cuestión del tabique central. A su vez, el extremo del tabique central más cercano a dicho sector de extremo tiene forma similar a un gancho abierto hacia la zona de salida de la corriente. De ese modo, en el interior del gancho se crea una zona de muy baja velocidad de corriente que favorece la concentración de las impurezas que pueda tener el fluido. Se crea así un tanque autolimpiable, ya que las impurezas sólidas decantan en el fondo del "gancho", pudiendo retirarse a través de un orificio de desagüe situado en el fondo de la cuba en el interior del gancho, mientras que las grasas quedarán acumuladas en la superficie del fluido y también se pueden retirar fácilmente.

Con relación a los medios de impulsión del fluido del tanque, existen dos posibilidades. De acuerdo con una primera posibilidad, el medio de impulsión está formado por unas palas o similares que se disponen en la zona recta de la cubeta. En ese caso, se crean dos sectores de extremo con comportamientos diferentes, que se denominan respectivamente de impulsión y de recirculación. En otra posibilidad, el medio de impulsión está formado por una pluralidad de chorros de fluido distribuidos por el fondo de la cubeta. En este caso, ambos sectores de extremo podrían ser idénticos.

Adicionalmente, con el objeto de facilitar la limpieza del tanque, los álabes directrices y el tabique central constituyen una única estructura que tiene unos medios de fijación a la cubeta de tipo desmontable. Por ejemplo, puede tratarse de pestañas o cualquier medio de fijación a presión o con tornillos o similares. Así, pueden extraerse fácilmente el tabique central y los álabes, quedando la cubeta vacía para unas operaciones de limpieza o mantenimiento más cómodas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 muestra un ejemplo de tanque de flujo continuo dotado de unos álabes directrices de acuerdo con la técnica anterior.

La Figura 2 muestra un tanque donde se representan los diferentes términos empleados para definir los álabes de la presente invención.

La Figura 3 muestra el extremo de impulsión de un tanque de acuerdo con la invención.

La Figura 4 muestra el extremo de recirculación del tanque de la Figura 3.

La Figura 5 muestra un tanque autolimpiable dotado de un tabique central con forma de gancho de acuerdo con la invención.

REALIZACIÓN PREFERIDA DE LA INVENCION

Se describe a continuación un ejemplo particular de la invención haciendo referencia a las figuras adjuntas.

La Fig. 1, como se ha referido anteriormente, describe un tanque (100) de acuerdo con la técnica anterior. En el resto de figuras de esta solicitud, se han utilizado números de referencia similares para denotar elementos equivalentes a los del tanque (100) de la Fig. 1.

La Fig. 2 muestra un tanque genérico donde se han representado los diferentes términos introducidos para definir la forma de los álabes de acuerdo con la presente invención. En particular, se aprecia cómo la línea imaginaria (L2) separa la parte recta de la cubeta (2) del sector de extremo (SE), que

tiene forma semicircular. Además, en la parte recta de la cubeta (2) se representan unas flechas que indican el sentido de la corriente, necesario para la definición de las dos zonas en las que se divide el sector de extremo (SE). Por último, el sector de extremo (SE) está dividido en dos por medio de la línea imaginaria (L1), denominándose el lado derecho con forma de cuarto de circunferencia zona de entrada (SEe) del sector de extremo (SE), y el lado izquierdo con forma de cuarto de circunferencia zona de salida (SEs) del sector de extremo (SE).

La Fig. 3 muestra el extremo de impulsión de un ejemplo de tanque (1) de acuerdo con la invención que está dotado de un medio de impulsión (10), en este ejemplo un motor de palas, para provocar el movimiento del fluido. La cubeta (2) tiene una forma alargada cuyos lados largos están formados por un par de paredes rectilíneas (3), mientras que en los extremos está delimitado por unas paredes curvas (4), en este caso de forma semicircular. Un tabique (5) divide longitudinalmente la cuba (2) en dos partes, de modo que la corriente recorre el tanque (1) de abajo hacia arriba en la parte derecha de la Fig. 3 y de arriba hacia abajo en la parte izquierda de la Fig. 3, como se representa por medio de las flechas.

Se aprecia además cómo el tabique central (5) se hace más grueso en la zona cercana al extremo de impulsión, disminuyendo así la sección transversal de la zona donde se encuentra el medio de impulsión (10). Esto permite disminuir el tamaño del equipo de impulsión (10), y además facilita el guiado del flujo en la zona.

El extremo de impulsión representado en la Fig. 3 presenta un único álabe (6) directriz, aunque como se ha mencionado anteriormente sería posible que tuviese más de uno. El álabe (6) abarca toda la zona de salida (SEs) del sector de extremo correspondiente y parte de la zona de entrada (SEe), teniendo su borde de entrada (6a) unos 30° antes de la línea imaginaria

(L1) según el sentido de la corriente. Se aprecia cómo el borde de entrada (6a) del álabe (6) es más grueso que el borde de salida (6b) y está redondeado, lo que evita que se produzcan desprendimientos. Además, el borde de entrada (6a) está orientado ligeramente hacia dentro con relación a la pared curva (4) en ese punto. El borde de salida (6b), por otro lado, está ubicado justo en la línea imaginaria (L2) que delimita el sector de entrada (SE), y es esencialmente paralelo a la pared lateral (3) en ese punto.

La Fig. 4 muestra el extremo de recirculación del tanque (1) representado en la Fig. 3. Se aprecian las paredes laterales (3) y la pared (4) curva, también semicircular. A diferencia del extremo de impulsión mostrado en la Fig. 3, el extremo de recirculación presenta en este caso dos álabes (6). Se aprecia cómo el álabe (6) más exterior, es decir, el más cercano a la pared (4) curva, tiene su borde de entrada (6a) situado casi en la línea imaginaria (L1), justo en mitad de la sección de entrada (SE), mientras que el álabe (6) más interior tiene su borde de entrada situado angularmente mucho antes, apenas unos pocos grados después de la línea imaginaria (L2). El motivo es que el fluido de la zona exterior de la cubeta (2) es guiado de manera natural por la propia pared (4) curva que delimita la cubeta (2) en su extremo, de modo que en zonas cercanas a dicha pared (4) no es tan necesario iniciar muy pronto el guiado por medio de álabes (6). Por el contrario, en la zona más alejada de la pared curva (4), cerca del extremo del tabique (5), la corriente debe realizar un cambio de dirección mucho más brusco, lo que se requiere un guiado más preciso, y por ello el álabe (6) interior comienza mucho antes.

Los bordes de entrada (6a) de los álabes (6) del extremo de recirculación mostrado en la Fig. 4 no están alineados con la pared (4) curva que delimita la cubeta (2) en el punto correspondiente, sino que presentan una cierta inclinación hacia el interior tomando como referencia la dirección de la corriente o la pared (4) curva en ese punto, de un modo similar a lo que ocurre el borde de entrada de las alas de un avión.

En la Fig. 4 también se observa un abultamiento (7) que presenta el extremo del tabique (5) longitudinal central situado en el extremo de recirculación del tanque (1) con el objeto de mejorar el guiado de la corriente. El extremo del tabique (5) tiene una forma esencialmente paralela a la aleta (6) más cercana en ese punto, lo cual ayuda a evitar la aparición de recirculaciones.

Por último, la Fig. 5 muestra otro ejemplo de tanque (1) de acuerdo con la invención que está dotado de un tabique central (5) cuyos extremos tienen una forma ahuecada parecida a un gancho. Esta forma, en combinación con unos álabes (6) cuyo borde de salida (6b) no es paralelo a la pared lateral (3) en ese punto, sino que está orientado hacia dentro, hacia el propio tabique central (5), sirve para crear una zona de muy baja velocidad de corriente dentro de los "ganchos", decantando precisamente en esa zona cualquier tipo de impureza pesada en suspensión que tenga el fluido y quedando en la superficie las impurezas grasas, como por ejemplo la grasa de la comida utilizada en acuicultura. El tanque (1) pasa así a ser autolimpiable, ya que únicamente es necesario recoger periódicamente o de forma continua las impurezas acumuladas. Aunque no se aprecia en la figura, este tanque (1) tiene además sendos orificios de desagüe en el centro de los respectivos "ganchos", de modo que se facilita enormemente la recogida de las impurezas pesadas acumuladas.

REIVINDICACIONES

1. Tanque (1) de flujo continuo para el cultivo de microalgas, peces, crustáceos o bacterias, que comprende

- una cubeta (2) alargada que tiene dos paredes (3) laterales rectas y dos paredes (4) de extremo curvas que forman sendos sectores (SE) de extremo;

- un tabique (5) longitudinal central dispuesto a lo largo de la cubeta (2); y

- un álabe (6) directriz dispuesto en un sector de extremo (SE) de la cubeta (2) esencialmente en paralelo a la pared curva (4) correspondiente,

caracterizado porque

dicho álabe (6) directriz no abarca completamente el sector de extremo (SE).

2. Tanque (1) de acuerdo con la reivindicación 1, donde el álabe directriz (6) abarca una mayor longitud angular en una zona de salida de la corriente (SEs) que en una zona de entrada (SEe) de la corriente en dicho sector de extremo (SE).

3. Tanque (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde un borde de entrada (6a) del álabe (6) directriz está más adelantado angularmente según el sentido de la corriente cuanto más lejos se encuentra dicho álabe (6) directriz de la pared de extremo curva (4).

4. Tanque (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde un extremo del tabique (5) longitudinal central presenta un abultamiento de forma curvada sin ángulos vivos esencialmente paralelo al álabe (6) directriz más cercano para mejorar el guiado de la corriente.

5. Tanque (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones

anteriores, donde el borde de entrada (6a) del álabe (6) directriz es redondeado y tiene un grosor mayor que un borde de salida (6b) de dicho álabe (6) directriz.

6. Tanque (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el borde de entrada (6a) está orientado ligeramente hacia el interior de la cubeta (3) tomando como referencia la dirección de la corriente

7. Tanque (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el borde de salida (6b) del álabe (6) directriz está orientado esencialmente en paralelo a una pared (3) lateral del tanque en ese punto.

8. Tanque (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1-6, donde el borde de salida (6b) del álabe (6) directriz está orientado hacia dentro con relación a la pared (3) lateral de de la cubeta (2) en ese punto, deflectando así la corriente oblicuamente en dirección al tabique (5) longitudinal central, y donde el extremo del tabique (5) longitudinal central más cercano al sector de extremo (SE) tiene forma similar a un gancho abierto hacia la zona de salida de la corriente (SEs), de tal modo que, en combinación con la corriente deflectada por el álabe (6) directriz orientado hacia dentro, en el interior del gancho se crea una zona de muy baja velocidad de corriente que favorece la acumulación de impurezas.

9. Tanque (1) de acuerdo con la reivindicación 8, donde el borde de salida (6b) del álabe (6) directriz está orientado hacia dentro un ángulo de entre 2° y 30°.

10. Tanque (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-9,

donde el borde de salida (6b) del álabe (6) directriz está más orientado hacia dentro cuanto más cerca está dicho álabe (6) del tabique (5) longitudinal central.

11. Tanque (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, que además comprende un orificio de desagüe situado en el fondo de la cuba (2) en el interior del gancho que permite evacuar las impurezas sólidas decantadas.

12. Tanque (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los álabes (6) directrices y el tabique (5) longitudinal central constituyen una única estructura que tiene unos medios de fijación a la cubeta (3) de tipo desmontable.

13. Tanque (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un medio de impulsión (10) formado por un motor de palas.

14. Tanque (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-12, que además comprende un medio de impulsión formado por una pluralidad de chorros de fluido distribuidos por el fondo de la cubeta (2).

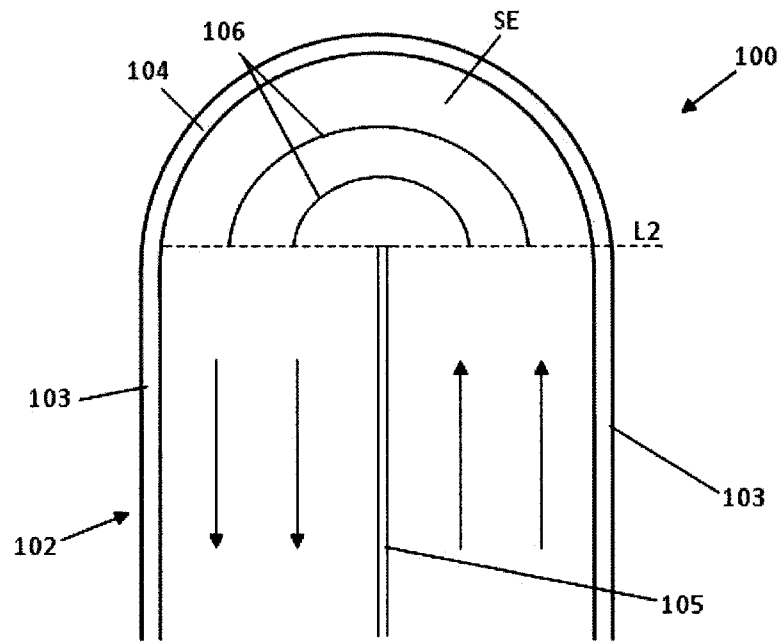


FIG. 1

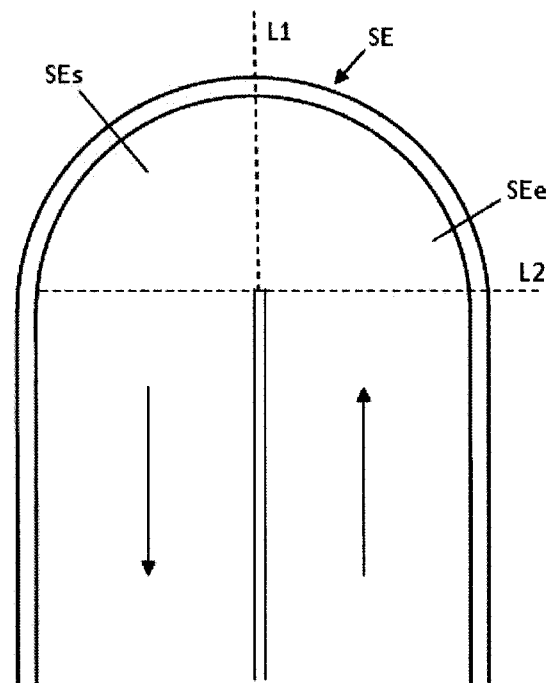


FIG. 2

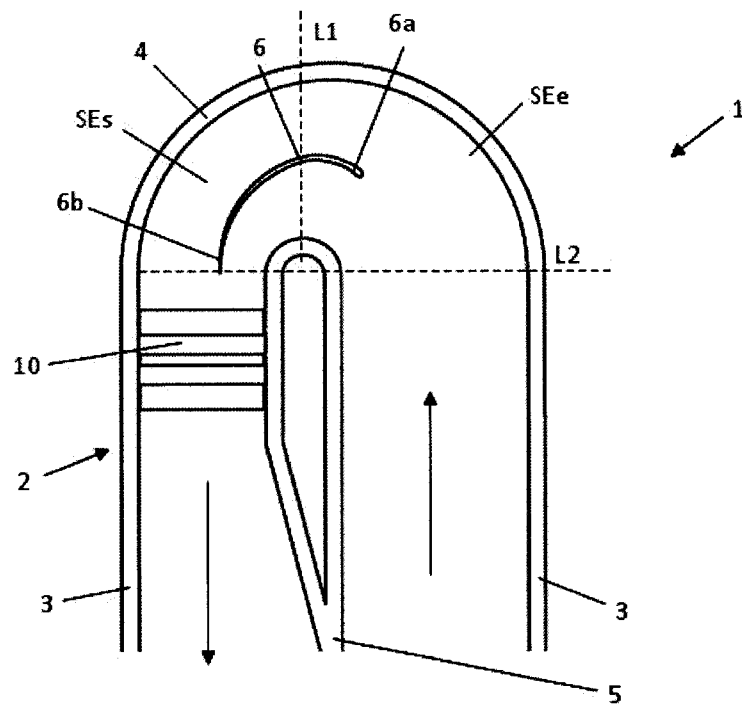


FIG. 3

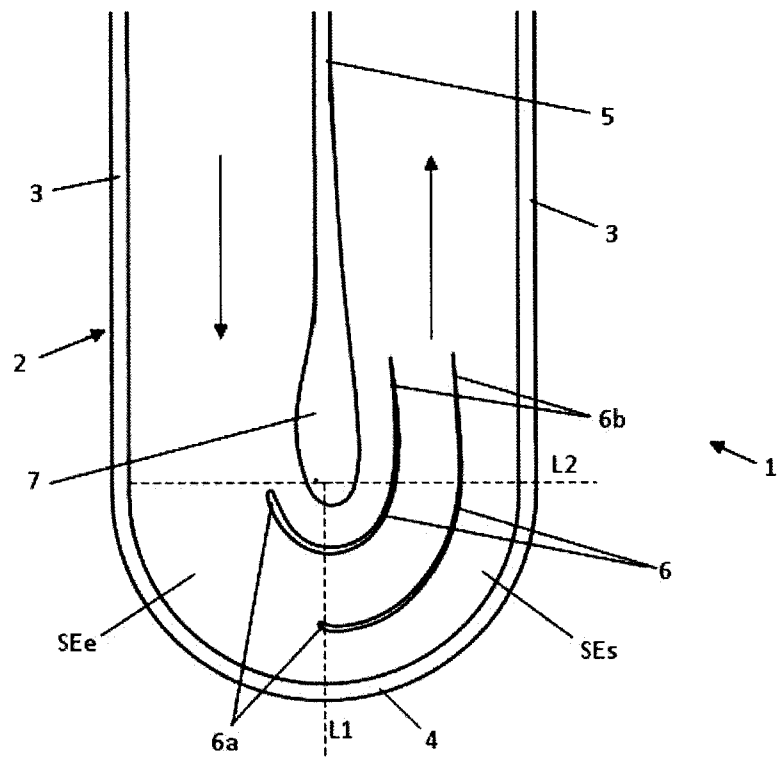


FIG. 4

