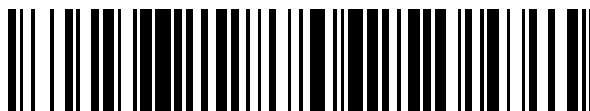


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 854**

51 Int. Cl.:

C01B 33/037 (2006.01)

B01D 11/04 (2006.01)

B01J 19/24 (2006.01)

C22B 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2009 PCT/NO2009/000398**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.07.2010 WO10082830**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2009 E 09838458 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2018 EP 2382158**

54 Título: **Aparato y procedimiento para el tratamiento de líquidos inmiscibles**

30 Prioridad:

13.01.2009 NO 20090195

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

05.04.2019

73 Titular/es:

**REC SOLAR NORWAY AS (100.0%)
Fiskåveien 100
4621 Kristiansand S, NO**

72 Inventor/es:

**FORWALD, KARL y
WHITE, JESSE**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 707 854 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato y procedimiento para el tratamiento de líquidos inmiscibles

5 La presente invención se refiere a un aparato y a un método para el tratamiento de dos líquidos fundidos inmiscibles que tienen diferentes densidades, y más concretamente, a un aparato y a un método para el tratamiento de metales fundidos con óxidos fundidos (escoria) o con otros fundentes iónicos (sales fundidas) y para el tratamiento de óxidos fundidos con sales fundidas y viceversa.

10 Antecedentes de la técnica

La refinación de metales mediante el tratamiento de metal fundido con escoria líquida o con sal fundida y el tratamiento de escoria fundida con sal fundida son ejemplos de procesos convencionales donde se tratan dos líquidos fundidos inmiscibles que tienen diferentes densidades.

15 Habitualmente, el tratamiento de escoria de metales líquidos se lleva a cabo añadiendo o bien escoria fundida o bien aditivos formadores de escoria al metal líquido contenido en una cuchara o similar. La escoria líquida y el metal fundido se mezclan y las impurezas del metal líquido se transfieren a la escoria. Tras la decantación, se retira la escoria del metal líquido. Una característica importante del tratamiento de escoria es que la escoria y el metal deben tener densidades diferentes para permitir la separación de la fase de escoria y la fase de metal.

20 El tratamiento de metales líquidos con sales fundidas se lleva a cabo de manera equivalente al tratamiento de escoria. También para el tratamiento de metales líquidos con sales fundidas debe haber una diferencia de densidades del metal y de la sal para permitir la separación de la fase metálica y de la fase de sal fundida.

25 En algunos casos, las escorias líquidas se tratan con sales fundidas para producir una escoria limpia para posterior uso en la refinación de escoria de metales.

30 En el documento EP-B 699625 se describe un método para retirar impurezas del silicio fundido mediante tratamiento de escoria, concretamente, para retirar boro del silicio fundido. El proceso, según el documento EP-B 699625, es que la escoria se añade al silicio fundido de manera continua o sustancialmente de manera continua y que la escoria se inactiva o se retira del silicio fundido de manera continua o sustancialmente de manera continua tan pronto como se alcanza un equilibrio entre la escoria fundida y el silicio fundido con respecto a los elementos de impureza que han de retirarse. El proceso del documento EP-B 699625, no obstante, es difícil de llevar a cabo en la práctica, ya que es difícil establecer cuándo se alcanza el equilibrio entre la escoria fundida y el silicio fundido con respecto a las impurezas que han de retirarse. Además, la inactivación de la escoria y la retirada total de la escoria es difícil de llevar a cabo en la práctica.

40 En el documento EP-B 1441983 se describe un aparato para el tratamiento continuo de la escoria de silicio fundido para la retirada de uno o más elementos de impureza del silicio.

45 El aparato comprende un recipiente para silicio fundido y escoria líquida que tiene una tubería de rebosadero para escoria que se extiende hacia arriba unida a una abertura de salida para escoria en la parte inferior del recipiente. Se dispone una tubería abierta alrededor del rebosadero con un anillo entre la tubería y el rebosadero. La tubería se extiende hacia arriba hasta un nivel por encima de la parte superior del rebosadero y hacia abajo hasta la parte inferior del recipiente y la tubería tiene aberturas en la parte inferior del recipiente. Se dispone una abertura de salida que puede cerrarse, para silicio tratado con escoria, en la pared lateral del recipiente. En funcionamiento, se llena el recipiente con un baño de silicio, y la escoria se suministra de manera continua en la parte superior del baño de silicio, baja a través del baño de silicio, a través de la abertura de la tubería en la parte inferior del recipiente y abandona el recipiente a través del rebosadero. Cuando se ha añadido suficiente escoria, se permite el reposo de la escoria y del silicio para permitir la separación del silicio y de la escoria, tras lo cual, se retira parte del silicio a través de la abertura que puede cerrarse en la pared lateral del recipiente.

50 Aunque el aparato según el documento EP-B 1441983 permite la adición de escoria de manera continua, es, de hecho, un proceso en lotes ya que el silicio fundido tiene que añadirse y sangrarse a intervalos, y la adición de escoria tiene que detenerse antes de y durante el sangrado del silicio tratado con escoria. Además, el diseño más bien complicado del aparato hace difícil mantener la temperatura del aparato al mismo nivel, generando riesgo de solidificación del silicio o de la escoria en el aparato.

60 El documento US 2,988,429 se refiere a la retirada de materiales, tales como impurezas o valores metálicos, de un líquido por medio de otro líquido llevado a contacto íntimo con el primer líquido y después separado del mismo.

De modo existe necesidad de un verdadero aparato y método continuo para el tratamiento de dos líquidos fundidos inmiscibles que tienen diferentes densidades.

65

Exposición de la Invención

La presente invención se define en las reivindicaciones independientes adjuntas, con características opcionales y preferidas precisadas en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

5 De ese modo, la presente invención se refiere a un aparato para el tratamiento continuo de dos líquidos fundidos inmiscibles que tienen diferentes densidades, donde el aparato comprende, al menos, un canal de reacción helicoidal de extremos abiertos dispuesto dentro de un alojamiento sustancialmente vertical, un medio para el suministro continuo del líquido con la mayor densidad al extremo abierto superior de dicho canal de reacción y un medio para el suministro continuo del líquido con la menor densidad al extremo abierto inferior de dicho canal de reacción helicoidal, un medio para la retirada continua del líquido con la mayor densidad en el extremo abierto inferior de dicho canal de reacción helicoidal y un medio para la retirada del líquido con la menor densidad desde el extremo abierto superior de dicho canal de reacción helicoidal.

15 El aparato, además, comprende un tubo vertical dispuesto centralmente en el alojamiento dentro del núcleo abierto de, al menos, un canal de reacción helicoidal donde el tubo se extiende desde cierta distancia por debajo del extremo superior del alojamiento pero por encima del extremo superior de, al menos, un canal de reacción vertical y hasta la parte inferior del alojamiento y una placa horizontal dispuesta sobre la parte superior del tubo que cubre la sección transversal del alojamiento y que crea una cámara en el alojamiento por encima de la placa horizontal.

20 El medio para suministrar el líquido con la mayor densidad en el extremo abierto superior de, al menos, un canal de reacción helicoidal comprende una abertura de suministro para el líquido a la cámara del alojamiento por encima de la placa horizontal y, al menos, una abertura en la placa horizontal. De forma alternativa, el medio para suministrar el líquido con la mayor densidad al extremo abierto superior de, al menos, un canal de reacción helicoidal puede comprender una tubería que se extiende desde una fuente de líquido fundido con la mayor densidad dispuesta en el exterior del alojamiento y que se introduce en el alojamiento cerca del extremo abierto superior de, al menos, un canal de reacción helicoidal.

25 El medio para suministrar el líquido con la menor densidad comprende una tubería de alimentación vertical que se extiende desde por encima del alojamiento, a través de una abertura en la placa horizontal y hacia abajo al tubo dispuesto centralmente y sale a través de una abertura en el tubo cerca del extremo inferior del tubo.

30 De forma alternativa, el medio para suministrar el líquido con la menor densidad al extremo abierto inferior de, al menos, un canal de reacción helicoidal puede comprender una tubería que se extiende desde la parte exterior del alojamiento y llega hasta el extremo abierto inferior de, al menos, un canal de reacción helicoidal.

35 El medio para retirar el líquido con la mayor densidad de la parte inferior del alojamiento comprende preferiblemente una abertura en la parte inferior del alojamiento.

40 Según otra realización, el medio para retirar el líquido con la mayor densidad de la parte inferior del alojamiento comprende una tubería que va desde la parte inferior del alojamiento, hacia arriba hasta un nivel justo por debajo del extremo abierto superior del canal de reacción helicoidal y que baja a través de la parte inferior del alojamiento.

45 El medio para retirar el líquido con la menor densidad comprende preferiblemente una abertura de salida dispuesta en la pared lateral del alojamiento a un nivel por debajo de la placa horizontal y por encima del extremo abierto superior de, al menos, un canal de reacción helicoidal.

50 Según otra realización, el medio para retirar el líquido con la menor densidad comprende una tubería vertical de extremos abiertos que va desde un nivel por debajo de la placa horizontal y por encima del extremo abierto superior del canal de reacción helicoidal y hacia abajo a través de la parte inferior del alojamiento.

55 Los canales de reacción helicoidales pueden tener cualquier sección transversal adecuada como, por ejemplo, circular, ovalada, cuadrada, etc., pero la sección transversal es preferiblemente rectangular. La inclinación de los canales de reacción helicoidales está preferiblemente entre 2 y 20° y más preferiblemente entre 4 y 10°.

Preferiblemente, en el alojamiento hay dispuestos cuatro canales de reacción helicoidales.

60 Para aumentar el tiempo de contacto entre los dos líquidos, dos aparatos según la invención pueden conectarse en serie, o bien uno sobre el otro o bien uno junto al otro. El líquido con la mayor densidad en esta configuración se retira del extremo abierto inferior de, al menos, un canal de reacción helicoidal del primer aparato y se suministra al extremo abierto superior de, al menos, un canal de reacción helicoidal del segundo aparato y el líquido con la menor densidad se retira del extremo abierto superior de, al menos, un canal de reacción helicoidal del primer aparato y se suministra al extremo abierto inferior de, al menos, un canal de reacción helicoidal del segundo aparato.

65 La presente descripción se refiere a un método para el tratamiento continuo de dos líquidos inmiscibles que tienen diferentes densidades, donde el líquido con la mayor densidad se suministra de manera continua al extremo superior de, al menos, una cámara de reacción helicoidal dispuesta en el interior de un alojamiento cilíndrico vertical,

5 suministrando de manera continua el líquido con la menor densidad al extremo inferior de, al menos, un canal de reacción helicoidal, por lo que el líquido con la mayor densidad y el líquido con la menor densidad fluyen en direcciones opuestas a través de, al menos, un canal de reacción helicoidal, retirando de manera continua el líquido con la mayor densidad del extremo abierto inferior de, al menos, un canal de reacción helicoidal y retirando de manera continua el líquido de la menor densidad del extremo abierto superior de, al menos, un canal de reacción helicoidal.

10 Según una realización preferida del método según la presente invención, el líquido con la menor densidad es silicio fundido y el líquido con la mayor densidad es escoria de silicato cálcico.

15 Por medio del aparato según la presente invención y el método descritos en este documento se obtiene un verdadero tratamiento a contracorriente continuo de metal fundido con una escoria o con una sal fundida y un tratamiento de una escoria líquida con una sal fundida.

20 Debido a las diferencias de densidad entre los líquidos, el líquido con la mayor densidad fluirá hacia abajo en, al menos, un canal de reacción helicoidal y el líquido con la menor densidad fluirá hacia arriba en, al menos, un canal de reacción helicoidal. El caudal de un determinado sistema de metal y escoria o sal o de un determinado sistema de escoria y sal dependerá de la relación de viscosidad de los dos líquidos, la diferencia de densidad, la tensión superficial entre caras y la inclinación de los canales de reacción helicoidales.

25 Con el aparato según la presente invención y el método descritos en este documento habrá una buena interacción entre los dos líquidos, ya que fluyen en direcciones opuestas en los canales de reacción helicoidales, ofreciendo así tiempo suficiente para retirar las impurezas del metal líquido a la escoria o a la sal fundida.

30 El aparato según la invención, además, tiene la ventaja de que no tiene partes móviles. Debe apreciarse el hecho de que el metal fundido en algunos casos tiene una densidad mayor que la escoria o la sal fundida y en otros casos el metal fundido tiene una densidad menor que la escoria o la sal fundida.

Breve descripción de los dibujos

- 35 La figura 1 muestra una sección transversal a través de una realización preferida de un aparato según la presente invención.
 La figura 2 muestra una sección transversal a lo largo de la línea A-A de la figura 1.
 La figura 3 muestra una vista en perspectiva del aparato de la figura 1.
 La figura 4 muestra una vista superior similar a la realización mostrada en las figuras 1-3, pero con diferente medio para la retirada del líquido con la mayor densidad y del líquido con la menor densidad.
 La figura 5 muestra una sección transversal a lo largo de la línea B-B de la figura 4.
 La figura 6 muestra una sección transversal a lo largo de la línea C-C de la figura 4, y
 La figura 7 muestra una segunda realización del aparato según la presente invención que comprende cuatro canales de reacción helicoidales.

Descripción detallada de los dibujos

40 Como puede verse en las figuras 1, 2 y 3, el aparato según una realización de la presente invención comprende un alojamiento exterior 1 generalmente cilíndrico. En el alojamiento 1 hay un tubo 2 dispuesto centralmente que se extiende hasta la parte inferior del alojamiento 1. Entre la pared interior del alojamiento 1 y la parte exterior del tubo 2 hay dispuesto un canal 3 de reacción helicoidal que va desde la parte superior del alojamiento 1 hasta la parte inferior del alojamiento 1. El canal 3 de reacción helicoidal puede tener cualquier sección transversal adecuada como, por ejemplo, sección transversal circular, ovalada o cuadrada, pero preferiblemente la sección transversal es rectangular y habitualmente tiene 60 - 120 mm de ancho y 20 - 40 mm de alto. La inclinación del canal 3 de reacción helicoidal puede variar pero está, preferiblemente, entre 2 y 20° y más preferiblemente entre 4 y 10°. El canal 3 de reacción helicoidal está abierto en su extremo superior y en su extremo inferior.

45 El tubo 2 tiene una abertura 4 en la pared lateral de su extremo inferior al mismo nivel que el extremo inferior del canal 3 de reacción helicoidal.

50 Por encima del extremo superior del canal 3 de reacción helicoidal, pero a cierta distancia por debajo de la parte superior del alojamiento 1, hay dispuesta una placa 5 horizontal fijada a las paredes interiores del alojamiento 1. La placa 5 descansa sobre la parte superior del tubo 2 y forma una cámara 6 en el alojamiento 1 sobre la placa 5 horizontal. El tubo 2 tiene una abertura central a través de la que una tubería 7 de suministro se extiende desde la parte superior del alojamiento 1, a través de la cámara y la placa 5 horizontal y hacia abajo al tubo 2 para el suministro de un primer líquido de baja densidad al tubo 2. La placa 5 horizontal tiene, además, una abertura 8 en la parte exterior del tubo 2. En la parte superior del alojamiento 1 hay prevista una abertura 9 de suministro para suministro de un segundo líquido que tiene una densidad mayor que la del primer líquido a la cámara 6. En la parte inferior del alojamiento 1 hay prevista una abertura 10 de salida para descarga del segundo líquido.

Finalmente, en la pared lateral del alojamiento 1 a un nivel vertical por debajo de la placa 5 horizontal, pero por encima del extremo superior del canal 3 de reacción helicoidal hay prevista una abertura 11 de descarga del primer líquido.

5 El aparato se calienta, preferiblemente, desde el exterior utilizando medios de calentamiento convencionales, tales como paneles calefactores por resistencia eléctrica o una bobina de calentamiento por inducción.

Ahora se describirá el funcionamiento del aparato descrito anteriormente para el caso en que el primer líquido es silicio fundido y el segundo líquido, que tiene una densidad mayor que la del primer líquido, es escoria de silicato cálcico. Éste es un proceso de refinación de escoria para retirar impurezas, concretamente boro, del silicio fundido.

10 Para empezar el proceso de refinación de escoria, el canal 3 de reacción, primero, se llena de escoria líquida suministrada a través de la abertura 9 de suministro, la abertura 8 de la placa 5 horizontal y se introduce por el extremo superior del canal 3 de reacción helicoidal. Cuando el canal 3 de reacción helicoidal se llene de escoria, la escoria se descargará a través de la abertura de salida 10. En ese momento, se suministra silicio fundido de manera continua a través de la tubería 7 de suministro al interior del tubo 2 mientras continúa el suministro de escoria líquida. El silicio fluirá hasta salir a través de la abertura 4 del extremo inferior del tubo 2 y llegar al extremo abierto inferior del canal 3 de reacción helicoidal. Debido a la diferencia de densidad entre la escoria líquida y el silicio fundido que crea fuerzas de flotación, el silicio fundido empezará a fluir hacia arriba en el canal 3 de reacción helicoidal a través de la escoria que fluye hacia abajo, creando así una superficie de contacto entre el silicio y la escoria fundida.

15 El silicio tratado con escoria finalmente empezará a fluir de manera continua para salir por el extremo abierto superior del canal de reacción helicoidal y descargarse en la pared lateral del alojamiento 1 a través de la abertura 11 de salida del alojamiento 1.

20 Se establecerá un estado estacionario y el silicio y la escoria se moverán en direcciones opuestas dentro del canal 3 de reacción helicoidal mientras se mantenga el suministro de silicio fundido y escoria líquida.

25 La fuerza motriz para el flujo de los dos líquidos dentro del canal 3 de reacción helicoidal es proporcionada por la fuerza gravitacional. La resistencia al flujo se causa, principalmente, por la viscosidad del fundente, tensión superficial entre caras y trayectos de circulación anulares y estrechos.

30 En el aparato y el proceso de la presente invención hay un flujo a contracorriente de escoria y metal. La escoria reciente se encontrará con el silicio más puro en la parte superior del canal 3 de reacción helicoidal y la escoria que tiene un mayor contenido de impurezas procedentes del silicio se encontrará con el silicio sin tratar en la parte inferior del canal 3 de reacción helicoidal. La escoria y el silicio estarán en contacto con la escoria a lo largo de toda la longitud del canal 3 de reacción helicoidal suministrando así una óptima interacción entre la escoria y el silicio. De ese modo, se suministran condiciones óptimas para la refinación de escoria.

35 En las figuras 4-6 se muestra una realización del aparato similar a la realización mostrada en las figuras 1-3. La única diferencia entre la realización mostrada en las figuras 4-6 y la realización mostrada en las figuras 1-3 es el medio para la retirada de los dos líquidos del alojamiento 1. Las piezas de las figuras 4-6 correspondientes a piezas idénticas de las figuras 1-3 tienen idénticos números de referencia.

40 En la figura 4 y 5, el medio para retirar el líquido que tiene la menor densidad comprende un canal 20 sustancialmente horizontal desde el alojamiento 1 hasta el interior de la pared del tubo 2 a un nivel vertical por debajo de la placa 5 horizontal, pero por encima del extremo superior del canal 3 de reacción helicoidal y una tubería 21 vertical en la pared lateral del tubo 2 desde el canal 20 y hacia abajo a través de la parte inferior del alojamiento 1. Como alternativa, la tubería 21 vertical puede disponerse dentro del tubo 2.

45 En las figuras 4 y 6, el medio para retirar el líquido con la mayor densidad comprende un canal 22 sustancialmente horizontal en la pared del tubo 2 cerca de la parte inferior del alojamiento 1, una tubería 23 vertical dentro de la pared del tubo 2 que se extiende hasta un nivel justo por debajo del extremo de entrada superior del canal 3 de reacción helicoidal, una tubería 24 horizontal en la pared del tubo 2 y otra tubería 25 vertical en la pared del tubo 2 que baja a través de la parte inferior del alojamiento 1.

50 Utilizando los medios alternativos para retirar los dos líquidos mostrados en las figuras 4-6, el flujo de los dos líquidos dentro del canal de reacción helicoidal puede controlarse más fácilmente.

55 En la figura 7, se muestra una segunda realización del aparato según la presente invención. Esta realización difiere de la realización mostrada en las figuras 1-3 en que se disponen cuatro canales 30, 31, 32, 33 de reacción helicoidales en el alojamiento con cuatro tuberías 34 independientes para el suministro de líquido pesado desde la cámara 6 hasta cada uno de los cuatro canales 30, 31, 32, 33 de reacción helicoidales y donde el tubo 2 central para el suministro del líquido ligero tiene cuatro aberturas (no mostradas) cerca de su parte inferior para el suministro de líquido ligero a los extremos inferiores de cada uno de los canales de reacción helicoidales. Esta realización

aumenta la capacidad del aparato por un factor de cuatro en comparación con la realización mostrada en las figuras 1-3.

5 El aparato puede hacerse de cualesquiera materiales adecuados que sean resistentes a los metales, escoria o sal fundidos en cuestión y que puedan soportar la temperatura de funcionamiento.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para el tratamiento continuo de dos líquidos fundidos inmiscibles que tienen diferentes densidades, **caracterizado por que** el aparato comprende al menos un canal (3) de reacción helicoidal de extremos abiertos dispuesto dentro de un alojamiento (1) sustancialmente vertical, un medio (8,9) para el suministro continuo del líquido con la mayor densidad al extremo abierto superior de dicho canal de reacción helicoidal y un medio (2,4,7) para el suministro continuo del líquido con la menor densidad al extremo abierto inferior de dicho canal de reacción helicoidal, un medio (10) para la retirada continua del líquido con la mayor densidad en el extremo abierto inferior de dicho canal de reacción helicoidal y un medio (11) para la retirada del líquido con la menor densidad desde el extremo abierto superior de dicho canal de reacción helicoidal; caracterizado por que el aparato además comprende un tubo (2) vertical dispuesto centralmente en el alojamiento dentro del núcleo abierto de, al menos, un canal de reacción helicoidal donde el tubo se extiende desde cierta distancia por debajo del extremo superior del alojamiento pero por encima del extremo superior de, al menos, un canal de reacción vertical y hasta la parte inferior del alojamiento y una placa (5) horizontal dispuesta sobre la parte superior del tubo que cubre la sección transversal del alojamiento y que crea una cámara (6) en el alojamiento por encima de la placa horizontal, el medio (8, 9) para suministrar el líquido con la mayor densidad al extremo abierto superior de, al menos, un canal (3) de reacción helicoidal comprende una abertura (9) de suministro para suministrar el líquido a la cámara (6) en el alojamiento por encima de la placa horizontal (5), y, al menos, una abertura (8) en la placa horizontal, y el medio (2, 4, 7) para suministrar el líquido con la menor densidad comprende una tubería (7) de alimentación vertical que se extiende desde por encima del alojamiento (1), a través de una abertura en la placa (5) horizontal y hacia abajo al tubo (2) vertical dispuesto centralmente y sale a través de una abertura (4) del tubo cerca del extremo inferior del tubo.
2. Aparato según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el medio (10) para retirar el líquido con la mayor densidad desde la parte inferior del alojamiento (1) comprende una abertura en la parte inferior del alojamiento, o comprende una tubería que va desde la parte inferior del alojamiento, hacia arriba hasta un nivel por debajo del extremo abierto superior del canal (3) de reacción helicoidal y hacia abajo a través de la parte inferior del alojamiento.
3. Aparato según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el medio (11) para retirar el líquido con la menor densidad comprende una abertura de salida dispuesta en la pared lateral del alojamiento (1) a un por debajo de la placa (5) horizontal y por encima del extremo abierto superior de, al menos, un canal (3) de reacción helicoidal, o comprende una tubería vertical de extremos abiertos que va desde un nivel por debajo de la placa horizontal y por encima del extremo abierto superior del canal de reacción helicoidal y hacia abajo a través de la parte inferior del alojamiento.
4. Aparato según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los canales (3) de reacción helicoidales tienen una sección transversal rectangular.
5. Aparato según la reivindicación 4, **caracterizado por que** la sección transversal de los canales (3) de reacción helicoidales está entre 60 y 120 mm de ancho y entre 20 y 40 mm de alto.
6. Aparato según la reivindicación 5, **caracterizado por que** la inclinación de los canales (3) de reacción helicoidales está entre 2 y 20° o está entre 4 y 10°.
7. Aparato según la reivindicación 1, **caracterizado por que** se disponen cuatro canales (3) de reacción helicoidales en el alojamiento (1).
8. Aparato según la reivindicación 1, **caracterizado por que** se conectan dos aparatos en serie.
9. Aparato según la reivindicación 8, **caracterizado por que** los dos aparatos se disponen uno sobre el otro, o se disponen uno junto al otro.

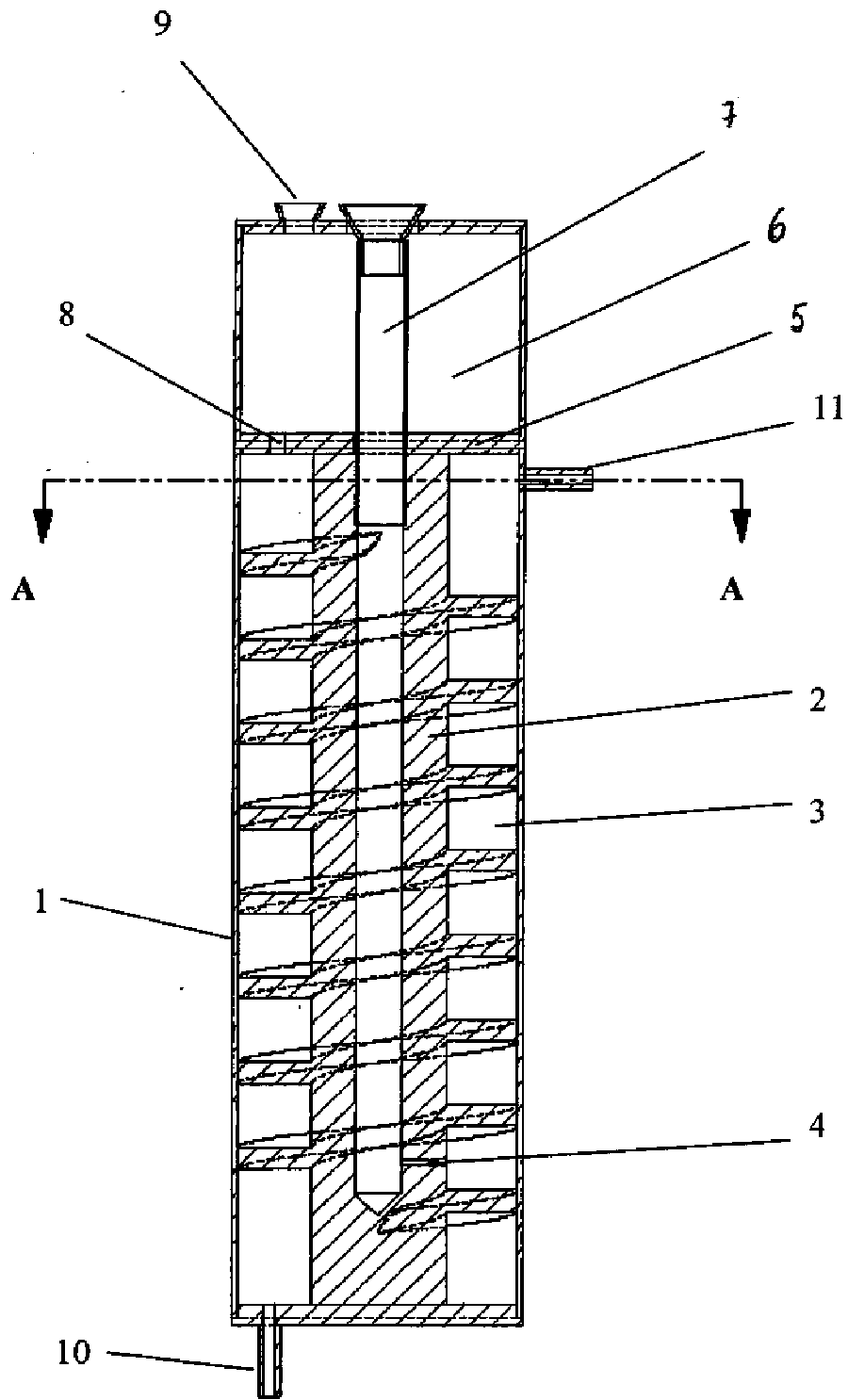


Fig 1

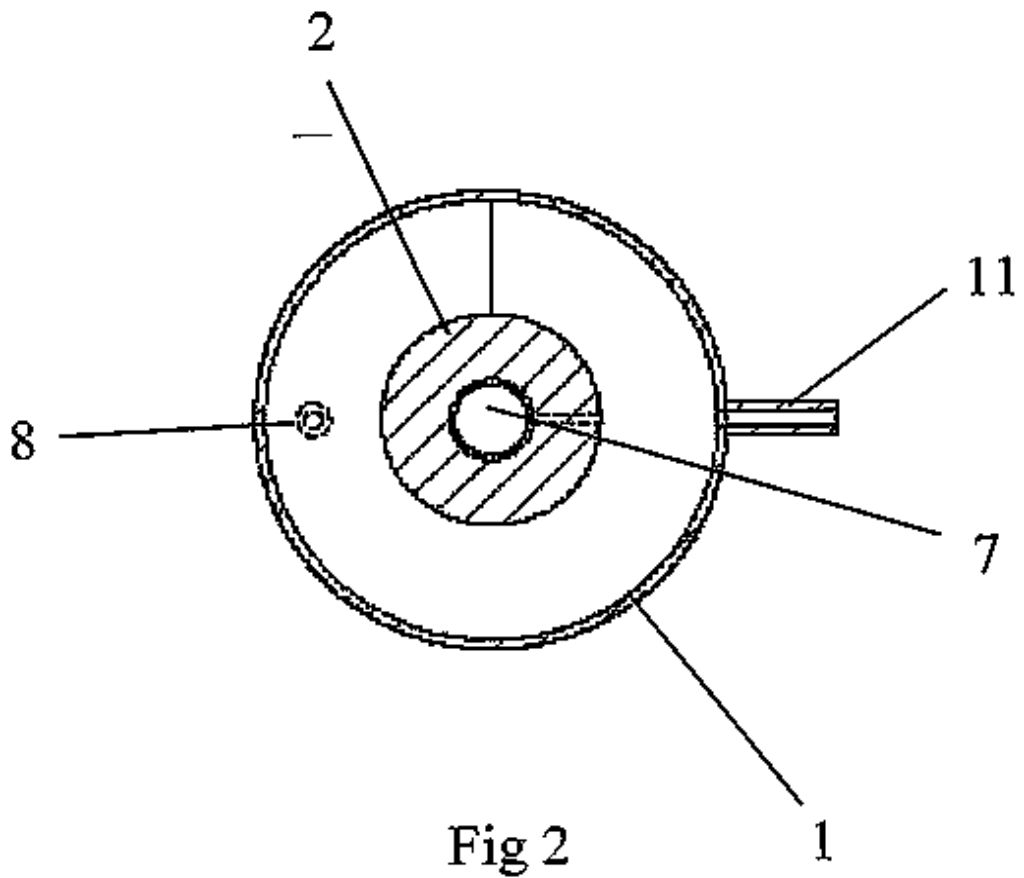


Fig 2

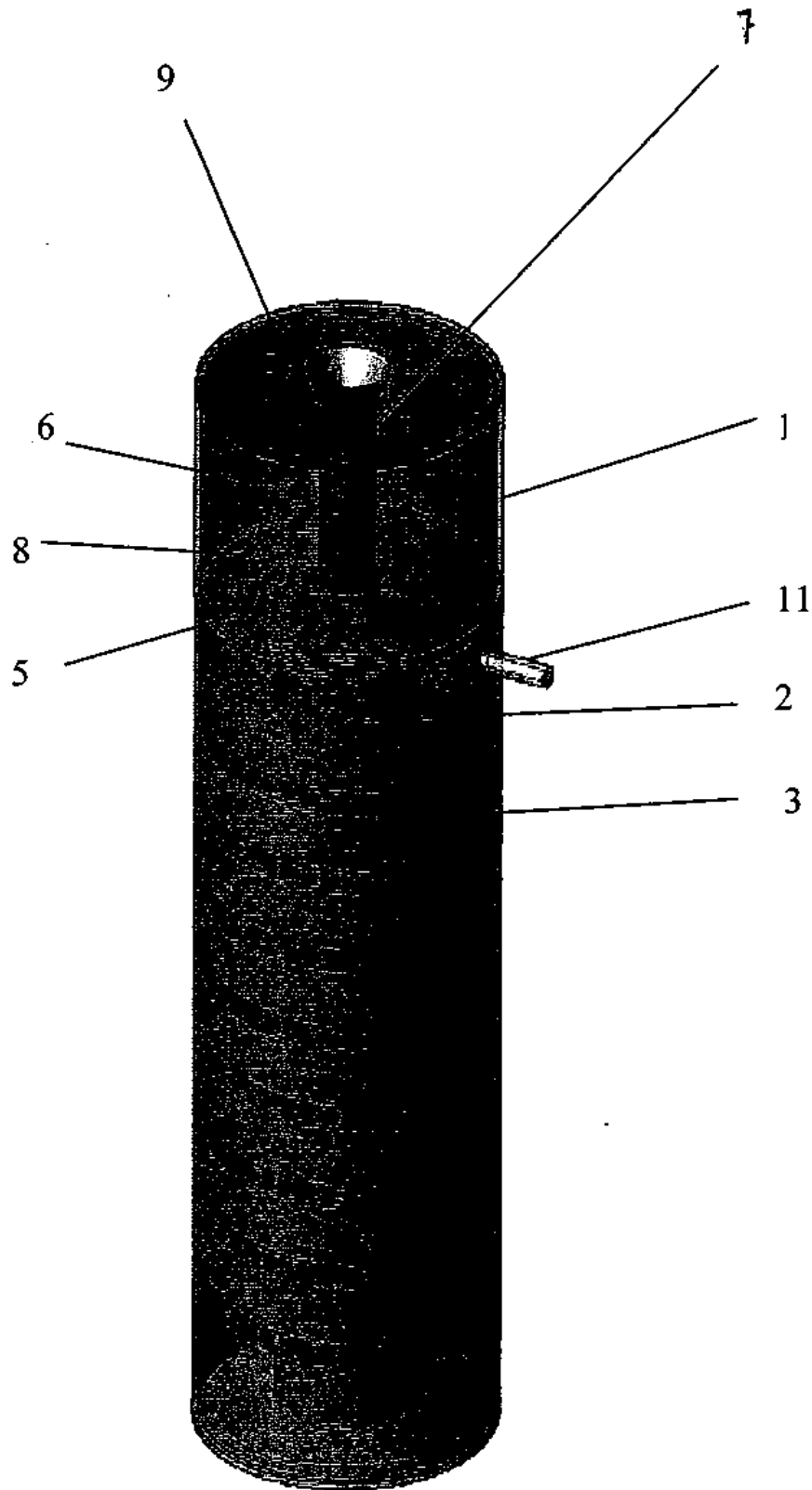


Fig 3

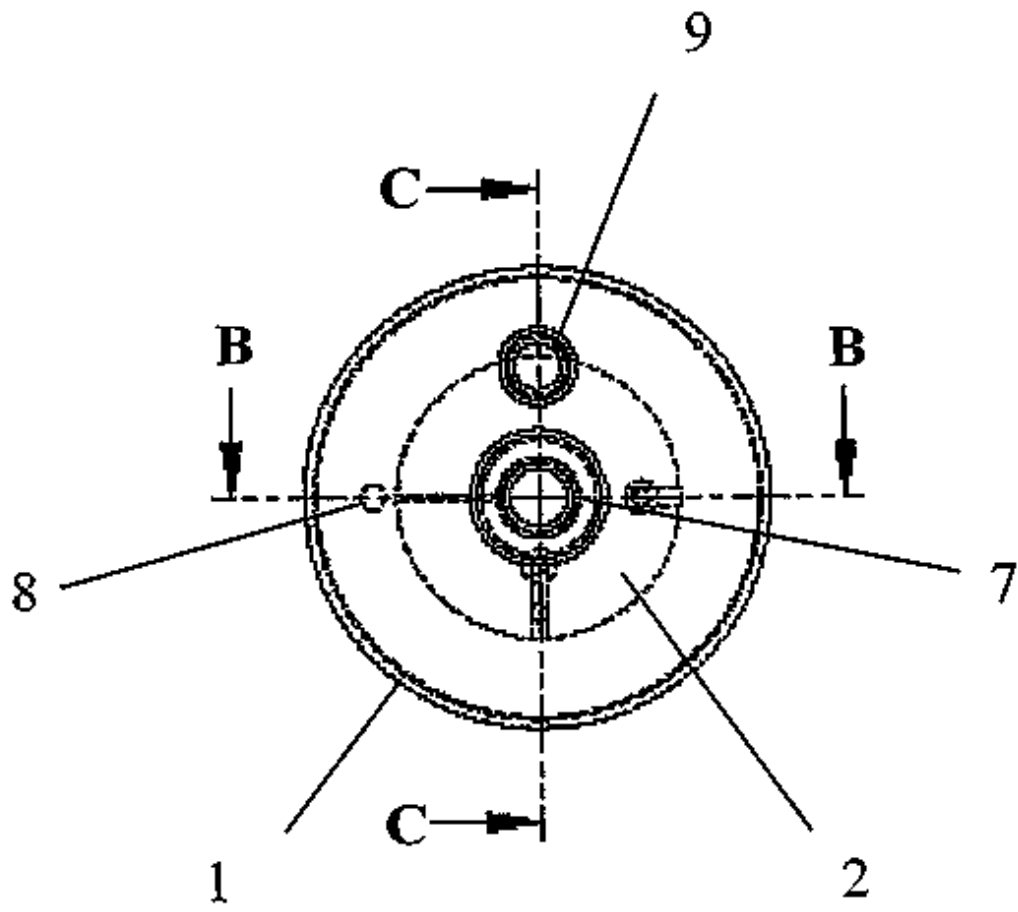


Fig 4

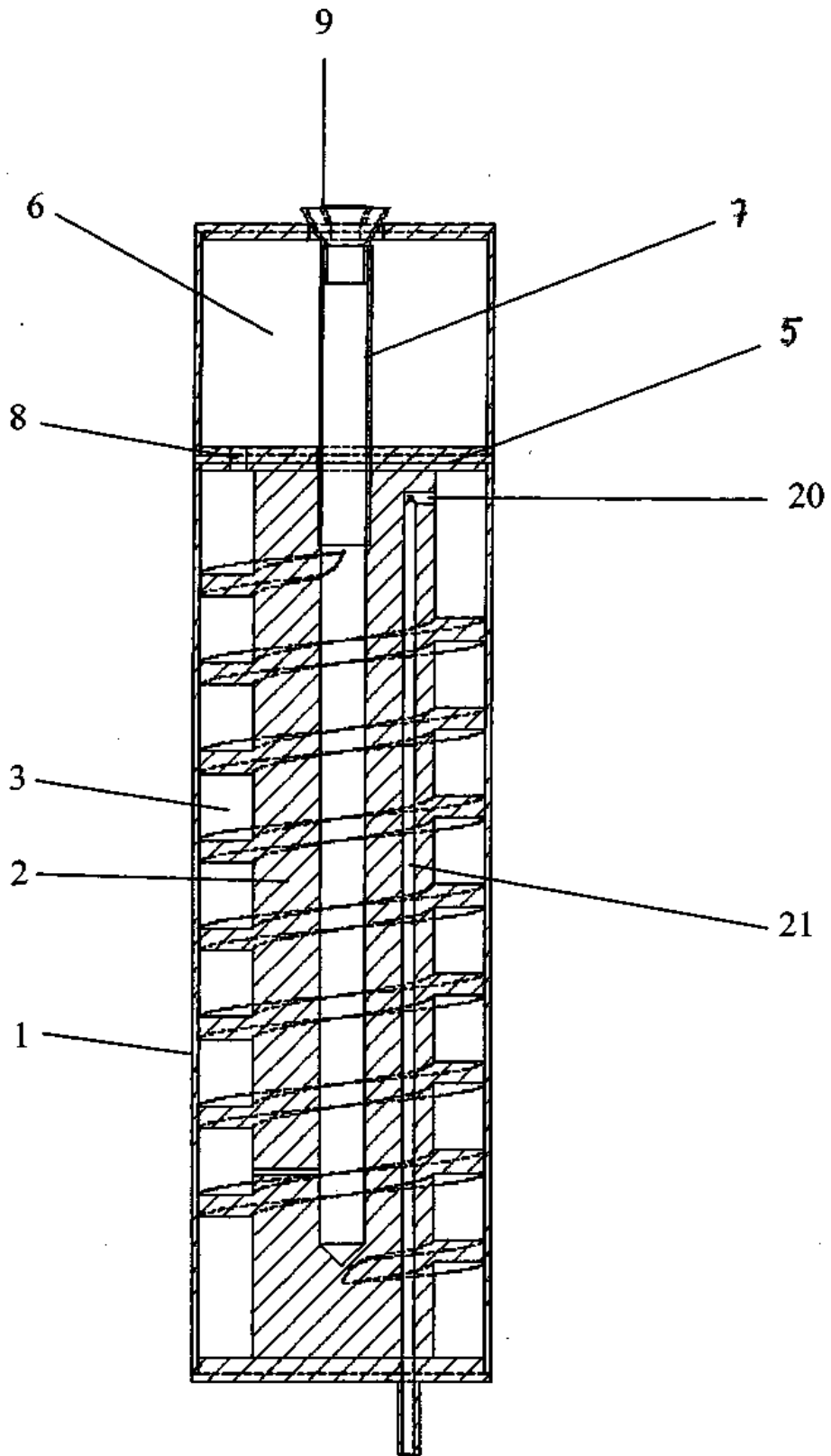


Fig 5

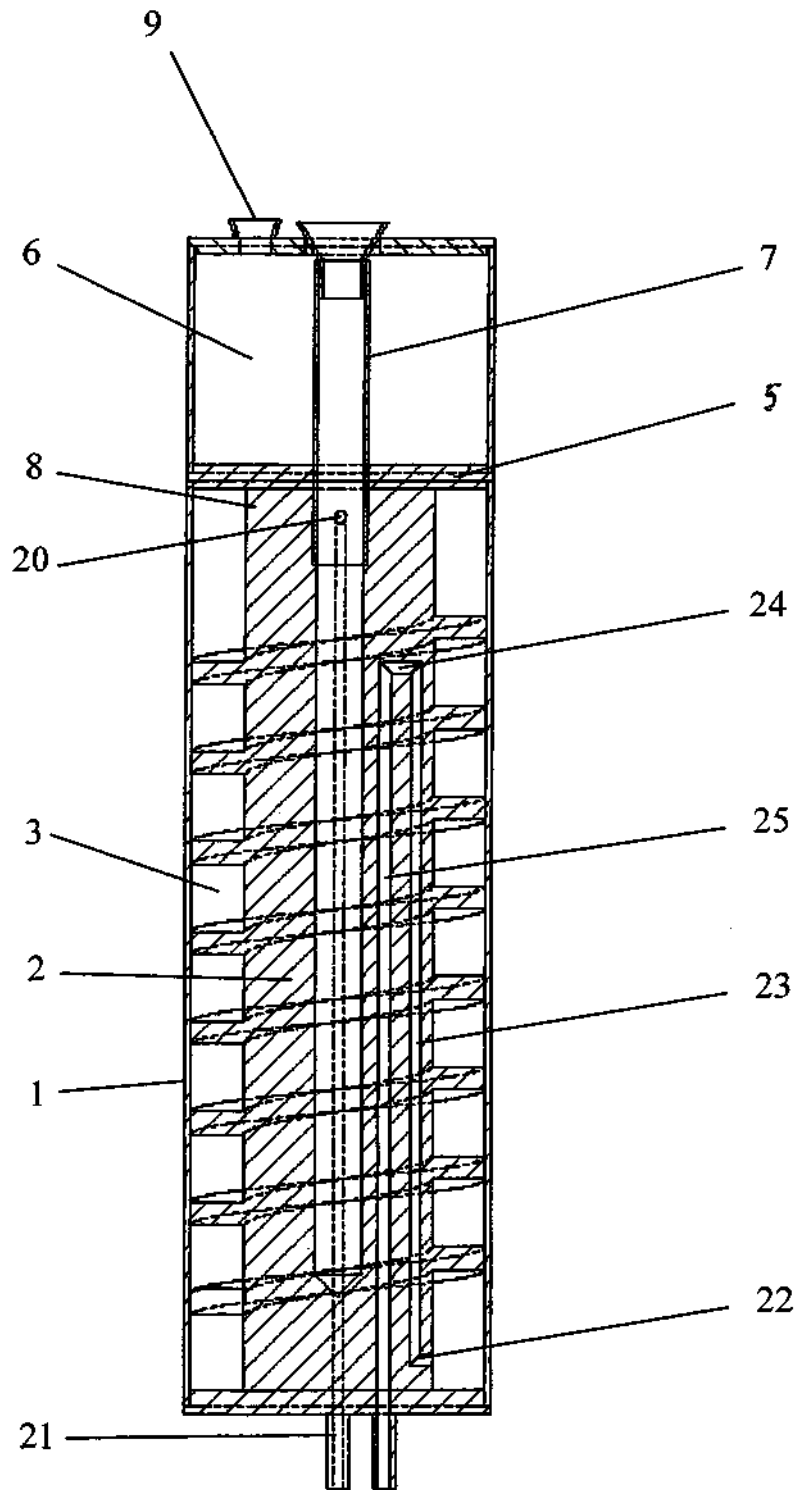


Fig 6

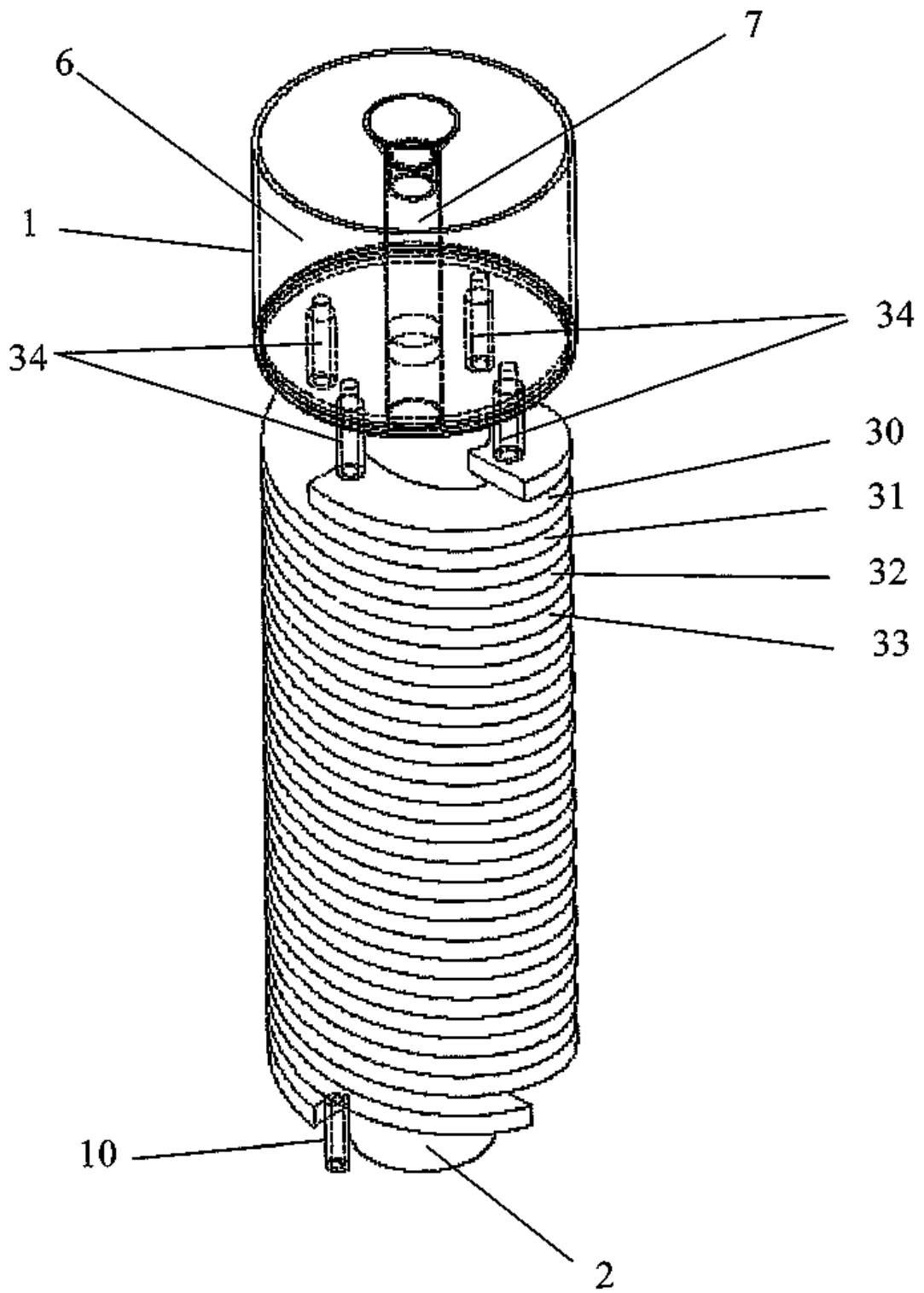


Fig 7