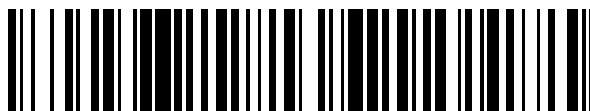


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 736**

51 Int. Cl.:

C25B 9/00 (2006.01)

C25B 1/18 (2006.01)

C02F 1/463 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2017 E 17171762 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019 EP 3249080**

54 Título: **Reactor electrolítico que comprende un cátodo y un ánodo**

30 Prioridad:

27.05.2016 DE 102016109824

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

29.05.2019

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**EGNER, SIEGFRIED;
MARIAKAKIS, IOSIF y
CLAUSSNITZER, UWE**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 714 736 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 electrolítico que comprende un cátodo y un ánodo

5 En la tecnología de procesos con frecuencia se emplean reactores electrolíticos que presentan un cátodo y un ánodo. Durante el funcionamiento del reactor, se aplica una tensión eléctrica entre el cátodo y el ánodo, de tal manera que ésta consume el ánodo (ánodo sacrificial).

10 En los documentos DE 10 2010 050 691 B3 y DE 10 2010 050 692 B3 se describen un procedimiento y un reactor para recuperar sales de fosfato de un líquido, en lo que los electrodos sacrificial es están hechos de un material que contiene magnesio.

15 El objetivo de la presente invención consiste en proveer un reactor electrolítico, en particular para separar fosfato de líquidos que contienen fosfato y la recuperación de sales de fosfato, que comprende una carcasa, una entrada y una salida para el líquido, así como dos electrodos de diferente polaridad, que encierran entre sí un espacio de reacción, en lo que por lo menos uno de los dos electrodos es un electrodo sacrificial.

20 A este respecto, con este tipo de reactores siempre se tiene el deseo de lograr una transformación y reacción óptima, en lo que la tasa de transformación óptima se puede alcanzar a través de una conducción tan constante como sea posible de la corriente en el reactor. Por lo tanto, el objetivo de la presente invención consiste en proveer un reactor en el presente una corriente tan constante como sea posible a lo largo de todo el reactor.

25 Este objetivo se logra a través de un reactor del tipo mencionado al comienzo, en el que entre la entrada y el espacio de reacción se dispone una antecámara, en la que se disponen insertos de tal manera que la corriente de entrada es dividida por los insertos en dos corrientes parciales y dirigida alrededor de los insertos. A este respecto, es particularmente preferente si para cada punto en la sección transversal del perfil de entrada en la sección transversal del objetivo, específicamente en la sección transversal de la entrada al espacio de reacción, se puede definir un punto correspondiente, en lo que como conexión entre los puntos se puede definir una ruta de corriente parcial, y la suma de las resistencias al flujo por cada ruta de corriente parcial es igual. De esta manera se puede lograr que la misma velocidad de flujo rija a lo largo de toda la anchura del reactor, por lo que para la totalidad del líquido afluente está dado el mismo tiempo de permanencia en el espacio de reacción y, por lo tanto, se puede lograr una medida igual de reacción. En particular, por medio de la antecámara también se logra que la corriente de la entrada se adapte de una primera sección transversal de corriente a la sección transversal de corriente del espacio de reacción.

35 Adicionalmente, por la transformación uniforme, si lo que se quiere lograr es la separación de fosfato o también de otras sustancias en forma salina, también se puede alcanzar un crecimiento cristalino tan uniforme como sea posible y la distribución de tamaños de cristales producida así se concentra en un espectro de tamaños estrecho, de tal manera que se puede minimizar el esfuerzo en la separación posterior de los cristales a través de métodos convencionales, tales como centrifugación, sedimentación o algo similar. En particular, los cristales de este tipo con un tamaño de cristal tan homogéneo como sea posible se pueden someter de manera particularmente fácil a un tratamiento posterior para producir, por ejemplo, fertilizantes, en caso de que se trate de cristales de fosfato. Además de esto, un crecimiento cristalino uniforme presenta la ventaja que los cristales formados por reacción electroquímica se pueden descargar de manera uniforme con una fuerza de corriente definida.

45 A este respecto es particularmente preferente, si los insertos están formados por una o varias paredes de mamparo. En una posición de montaje vertical, los insertos ocupan la antecámara entera, de tal manera que el líquido entero tiene que dirigirse alrededor de los insertos.

50 Igualmente es posible que además de una antecámara correspondiente también se provea una cámara posterior correspondiente para regular la corriente entre la entrada y la cámara de reacción, con la que también se regula la corriente entre la salida y la cámara de reacción, para lograr así un flujo de salida uniforme del líquido, a pesar de la modificación de la sección transversal de la corriente desde la cámara de reacción hacia la salida. De manera particularmente preferente, también la cámara posterior presenta insertos, preferentemente en forma de paredes de mamparo.

55 A este respecto, puede estar previsto en particular la entrada y/o la salida presenten una sección transversal de corriente de forma circular y que el espacio de reacción presente una sección transversal de corriente de forma rectangular. En particular, puede estar previsto que la sección transversal de la corriente del espacio de reacción sea mucho más ancha que alta. Bajo esto se ha de entender preferentemente una relación de por lo menos 1:50, más preferentemente de por lo menos 1:70 y aún más preferentemente de por lo menos 1:100. Adicionalmente, también la relación entre la altura y la longitud del reactor, en lo que bajo la longitud se ha de entender la extensión del reactor en la dirección de la corriente del líquido, preferentemente es de por lo menos 1:50, más preferentemente de por lo menos 1:70, aún más preferentemente de por lo menos 1:100 y todavía más preferentemente de por lo menos 1:150. A este respecto, es importante que dentro de lo posible la corriente ya se distribuya en la entrada al espacio de reacción sobre toda la anchura del reactor, para poder proveer una transformación y reacción ya en la entrada al espacio de reacción a lo largo de todos los electrodos que encierran el espacio de reacción entre sí.

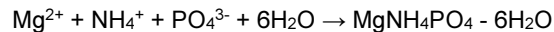
65

A este respecto, puede estar previsto en particular que los insertos sean por lo menos más anchos que la anchura del espacio de reacción. En particular, los insertos sobresalen por una longitud C en cada lado por encima de la anchura del espacio de reacción, en lo que la longitud C corresponde por lo menos a la anchura D de la ruta de la corriente entre los insertos y la pared de la antecámara o la cámara posterior, respectivamente, orientadas hacia el espacio de reacción. Preferentemente, sin embargo, la longitud C es mayor, preferentemente 1,5 veces, y en particular 2 veces mayor que la anchura D.

Adicionalmente, es preferente que la distancia entre los insertos y el espacio de reacción sea de por lo menos 1/10 de la anchura del espacio de reacción.

De manera particularmente preferente, puede estar previsto también que por lo menos uno de los dos electrodos, preferentemente el electrodo superior en la dirección de uso, tenga movilidad con respecto al electrodo inferior, para mantener el espacio de reacción constante en lo referente a su altura, a medida que el por lo menos un electrodo sacrificial se va consumiendo. Al consumirse el por lo menos un electrodo sacrificial, esto tiene como resultado que cuando los electrodos se montan dentro de una carcasa, la distancia entre el electrodo superior y la parte superior de la carcasa aumenta, en caso de que la parte superior de la carcasa no acompañe el movimiento del electrodo superior. En este caso puede estar previsto preferentemente que entre el electrodo superior y la parte superior de la carcasa se provea una separación, que esté diseñada de tal manera que prevenga que el líquido pueda llegar a la zona por encima del electrodo superior y todo el líquido entero entre en el espacio de reacción, y que al mismo tiempo esté diseñada de tal manera que la pared de separación pueda adaptarse al consumo de los electrodos sacrificiales y, por lo tanto, al movimiento del electrodo móvil. En particular, para esto se puede usar una especie de banda de material plano flexible, que al comienzo del tiempo de reacción esté plegada, por ejemplo, en forma similar a un acordeón y se vaya desplegando correspondientemente a medida que se consume el electrodo. Por ejemplo, para esto se puede proveer una hoja flexible de goma o de plástico, o un material textil revestido, pero también una placa articulada. Con esto, el líquido entrante en todo caso se dirige al espacio de reacción. Los cristales formados se descargan con seguridad y se previene un taponamiento o desplazamiento del espacio de reacción. Para mejorar la posibilidad de recambio de los electrodos en la carcasa, la cubierta en el electrodo puede estar sujeta, por ejemplo, tan sólo por un peso colocado encima.

Este respecto está previsto en general que, en caso de que los electrodos estén hechos de un material que contiene magnesio, durante la transformación del fósforo se efectúe la siguiente reacción:



en lo que los iones de magnesio se liberan en la superficie de un ánodo sacrificial de magnesio. Los electrodos llevan aquí una recuperación electrolítica de fósforo a partir de fosfato de magnesio-amonio cristalizado (MAP) (Struvite) en caso de una deficiencia de magnesio en el sustrato de partida.

Si uno de los dos electrodos o ambos electrodos se consumen durante la reacción, es ventajoso si, como se ha descrito más arriba, la distancia entre los electrodos se mantiene siempre igual y, por lo tanto, el campo eléctrico entre el ánodo y el cátodo también permanece siempre igual y de esta manera se pueden alcanzar tasas de transformación óptimas. A este respecto, es ventajoso si ninguno de los dos electrodos se usa permanentemente como cátodo o como ánodo, sino que siempre, a determinados intervalos, se efectúa un cambio de polaridad. Sin este cambio de polaridad se pueden acumular depósitos sobre el cátodo. Por el cambio de polaridad, estos depósitos se desprenden a medida que se consume el ánodo y pueden descargarse del reactor con la corriente de líquido. En tanto que no esté previsto de acuerdo con la presente invención que ambos electrodos se usen como electrodo sacrificial, es preferente que el cátodo, que no se consume, este hecho de acero inoxidable o de otro material eléctricamente conductivo y resistente a la corrosión.

Para el desarrollo del proceso es de particular importancia que una distancia constante entre las superficies del ánodo y el cátodo sea independiente del consumo del respectivo electrodo sacrificial. Las superficies que delimitan el espacio de reacción, a través del que fluye el líquido tratado, preferentemente son planas, en lo que el espacio de reacción preferentemente presenta una sección transversal rectangular en la dirección de la corriente y, además de esto, también los electrodos presentan una forma cúbica o, visto desde arriba, una forma rectangular, que no se modifica sustancialmente por el consumo. Debido a la geometría constante del espacio de reacción, el campo eléctrico se mantiene constante incluso durante el consumo de los electrodos y se pueden lograr tasas de transformación elevadas y definidas con un mínimo consumo de energía.

Una aproximación adaptativa de un electrodo al otro electrodo se puede lograr, por ejemplo, a través de la fuerza de gravedad, mediante uno o varios muelles y/o uno o varios actuadores. Si se usa la fuerza de gravedad, por ejemplo, para efectuar la aproximación adaptativa de un electrodo, que durante el funcionamiento es el electrodo superior, al electrodo inferior, además de la fuerza de gravedad o los muelles también se pueden emplear actuadores eléctricos, neumáticos o hidráulicos, en lo que preferentemente se proveen elementos distanciadores, que determinan una distancia definida, en lo que preferentemente se proveen dos elementos distanciadores con una determinada distancia entre sí, con el fin de prevenir una inclinación de los electrodos entre sí.

Adicionalmente, también es posible, en particular si se proveen actuadores para la aproximación adaptativa de un electrodo al otro, proveer una regulación o control de distanciamiento para la distancia entre los electrodos, con sensores que, como parte de un circuito de regulación, detectan el consumo o el espesor restante de uno o ambos electrodos. Para esto se conocen sensores disponibles comercialmente.

A este respecto, es particularmente preferente si las superficies de los electrodos, que delimitan el espacio de reacción, son planas, en lo que los electrodos deben presentar un determinado espesor, en caso de que se usen como electrodos sacrificiales, de tal manera que con una superficie rectangular, orientada hacia el espacio de reacción, resulta una forma sustancialmente cúbica en el estado no consumido del electrodo.

En particular es ventajoso, si las dimensiones exteriores (longitud y anchura de la carcasa) del reactor de acuerdo con la presente invención coinciden con las dimensiones de los sistemas de transporte convencionales, tales como, por ejemplo, las así llamadas europaletas. Entonces, la parte inferior de la carcasa se puede usar como contenedor de transporte reutilizable para ánodos y transportarse en las cadenas de logística existentes de manera óptima en cuanto a los costes.

Adicionalmente es posible que, para vigilar el proceso que se desarrolla dentro del reactor y el consumo de los electrodos sacrificiales, se provean medios para detectar la posición de los electrodos. A este respecto, se puede tratar, por ejemplo, de sensores de posición de cualquier tipo de construcción que se desee. Éstos pueden estar sujetos, preferentemente, de forma móvil en la carcasa del reactor o en el electrodo. Con esto se puede vigilar el consumo de los electrodos de una manera simple y muy confiable.

Asimismo, también se proveen medios para detectar la corriente eléctrica que fluye entre los electrodos, y/o la tensión eléctrica aplicada entre los electrodos. De esta manera, el proceso que se desarrolla dentro del reactor se puede vigilar de manera simple y confiable. Eventuales perturbaciones del proceso llevan a un cambio de la corriente eléctrica y/o de la tensión eléctrica y, por lo tanto, se pueden detectar fácilmente.

De manera particularmente preferente, el electrodo sacrificial, y preferentemente incluso ambos electrodos, están hechos de un material que contiene magnesio. A este respecto, puede proveerse una mayor o menor cantidad de magnesio puro como material para los electrodos. En caso de que sólo un electrodo esté previsto como electrodo sacrificial, entonces el segundo electrodo puede estar hecho de acero inoxidable, ya que este material es eléctricamente conductivo y no es atacado por el líquido tratado en el reactor.

Otras ventajas y formas de realización ventajosas de la presente invención se representan en los siguientes dibujos.

En los dibujos:

La figura 1 muestra un reactor de acuerdo con la presente invención en una vista de sección.

La figura 2 muestra un reactor de acuerdo con la presente invención en una representación seccional vista desde arriba.

La figura 1 muestra un reactor 10 con una carcasa 12 que comprende una parte inferior de carcasa 14, así como una parte superior de carcasa 16. El reactor presenta además una entrada 18 y una salida 20. La dirección de la corriente está marcada con una flecha 22. En la carcasa, que está cerrada por la parte superior de carcasa 16, que en este ejemplo está diseñada como tapa, se disponen dos electrodos 24 y 26, ambos de los cuales están configurados como electrodos sacrificiales y que sirven alternadamente durante determinados intervalos de tiempo como ánodo y como cátodo. Ambos electrodos 24 y 26 están hechos de un material que contiene magnesio y se van consumiendo durante la reacción, cuando el fósforo con el fosfato se transforma a partir del líquido en MAP. Entre los dos electrodos 24 y 26 se provee un espacio de reacción 28, que está configurado en forma de brecha, en lo que la longitud L del espacio de reacción es mucho mayor que la altura de la brecha S. En particular, la altura de la brecha S también es mucho menor que la anchura B de los electrodos, como se puede ver en la figura 2. A este respecto, está prevista en particular una relación de altura/longitud de 1:150 y una relación de altura/anchura de por lo menos 1:100. El electrodo 26 puede moverse dentro de la carcasa y puede aproximarse adaptativamente al electrodo 24, de tal manera que la altura de la brecha S permanece siempre constante, incluso si los electrodos 24 y 26 se consumen.

Para unificar la corriente del líquido en el espacio de reacción 28, se provee una antecámara 30 y una cámara posterior 32, en las que respectivamente se proveen insertos 34 y 36. En estos insertos se trata de paredes de mamparo o paredes de separación, que sirven para desviar el líquido que entra en el reactor 10 desde la entrada 18 en un plano perpendicular al plano del dibujo en la figura 1, de tal manera que el líquido tiene que fluir alrededor de las paredes de separación 34 y 36. En la zona de salida se provee de manera similar una cámara posterior 32, en la que el líquido nuevamente se desvía, de tal manera que ingresa de forma particularmente buena desde el punto de vista reotécnico en la salida 20. De esta manera se quiere lograr que la corriente sea lo más uniforme posible en todo el espacio de reacción 28 y que el fluido entrante permanezca aproximadamente el mismo tiempo en el espacio de reacción.

Se mejora la transición de una sección transversal de corriente de forma circular, como la presenta la entrada 18, en una sección transversal de corriente plana, como lo presenta el espacio de reacción, y después nuevamente en una sección transversal de corriente de forma circular.

- 5 Adicionalmente, en la figura 1 se provee una cubierta 40 en el electrodo superior 26, que puede estar unida firmemente con la tapa de carcasa 16 y que puede fijarse, por ejemplo, por medio de un peso 42 sobre el electrodo superior 26. Si entonces se mueve el electrodo superior para la aproximación adaptativa debido al consumo, la brecha, que en la figura 1 se identifica con el carácter de referencia a, aumenta de tamaño. Por lo tanto, aumenta el peligro de que el líquido fluya por encima de los electrodos en lugar de hacerlo a través del espacio de reacción 28.
- 10 Esto se puede prevenir por medio de la cubierta 40, en lo que en la cubierta 40 se puede tratar en particular de una hoja flexible, de tal manera que la aproximación adaptativa del electrodo 26 es posible sin problema.

La figura 2 muestra una representación seccional del reactor 10 en una vista superior. A este respecto, el plano de corte pasa por la brecha de reacción 28. El líquido, que ingresa por la entrada 22, se desvía en la zona de la antecámara 30 hacia la derecha y la izquierda en el plano del dibujo y fluye a través de una pared de separación 34.

15 Esta pared de separación 34 se dispone a una distancia D delante de la pared 31 orientada hacia el espacio de reacción 28 de la antecámara 30. La pared de separación 34 sobresale en ambos lados por encima de la anchura de la cámara de reacción 28 en la sección transversal de entrada de la misma, como mínimo por una medida (una longitud) C, en lo que la anchura C corresponde por lo menos a la anchura D, de tal manera que la corriente se guía de tal modo que el líquido entra en el espacio de reacción con una geometría de corriente uniforme y distribuida sobre todo el espacio de reacción entero. En el ejemplo de realización, la sección transversal de entrada es ligeramente menor que la anchura B de los electrodos. De esta manera se puede lograr que en cada punto dentro de la zona de entrada exista un punto definido en la zona de entrada al espacio de reacción 28 y que los puntos se puedan unir a través de una ruta de corriente parcial, en lo que la suma de todas las resistencias a la corriente de la

20 ruta de corriente parcial permanece siempre igual.

Si la corriente ingresa con una sección transversal de corriente tan uniforme como sea posible y de manera tan simultánea como sea posible en el reactor, se pueden lograr tasas de reacción particularmente buenas con el reactor y, como ya se ha expuesto más arriba, se pueden producir cristales que presentan un tamaño de cristal tan

30 uniforme como sea posible, lo que facilita la posterior separación y tratamiento adicional. Esta medida se puede mejorar aún más, si también en la zona de salida 20 entre el espacio de reacción 28 y la salida 20 se intercala una cámara posterior 32, en la que igualmente se provee una pared de separación 36, alrededor de la que fluye el líquido, para dirigirlo nuevamente a través de la salida con una sección transversal circular. A este respecto, las distancias seleccionadas D y C se deben seleccionar preferentemente de igual forma. De esta manera se pueden

35 optimizar las tasas de transformación.

A este respecto, las paredes de separación 34, 36 se disponen de tal manera en la antecámara y en la cámara posterior que el flujo de la corriente alrededor de ellas en la posición de montaje puede efectuarse por ambos lados a lo largo de las mismas, pero no pasando por encima o por debajo de las mismas.

40

REIVINDICACIONES

- 5 1. Reactor electrolítico, en particular para separar fosfato de líquidos que contienen fosfato y para recuperar sales de fosfato, que comprende una carcasa (12), una entrada (18) y una salida (20) para el líquido y dos electrodos (24, 26) de diferente polaridad, que encierran entre sí un espacio de reacción (28), en donde por lo menos uno de los dos electrodos (24, 26) es un electrodo sacrificial, **caracterizado por que** entre la entrada (18) y el espacio de reacción (28) está dispuesta una antecámara (30), en la que hay dispuestos insertos (34) de tal manera que la corriente de entrada es dividida por los insertos (34) en dos corrientes parciales y dirigida alrededor de los insertos (34).
- 10 2. Reactor de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** entre el espacio de reacción (28) y la salida (20) está dispuesta una cámara posterior (32), en la que están dispuestos insertos (36) de tal manera que la corriente de salida es dividida por los insertos (36) en dos corrientes parciales y dirigida alrededor de los insertos (36).
- 15 3. Reactor de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** los insertos (34, 36) están formados por una o varias paredes de mamparo.
- 20 4. Reactor de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la entrada (18) y/o la salida (20) presentan una sección transversal de corriente circular y el espacio de reacción (28) una sección transversal de corriente rectangular.
- 25 5. Reactor de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la distancia entre los insertos (34, 36) y el espacio de reacción (28) es de por lo menos 1/10 de la anchura (3) del espacio de reacción (28).
- 30 6. Reactor de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los insertos (34, 36) en ambos lados son más anchos, por lo menos por la longitud C, que la sección transversal de entrada del espacio de reacción (28).
- 35 7. Reactor de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la sección transversal de corriente del espacio de reacción (28) es mucho más ancha que alta, y en particular que la relación de altura-anchura es de por lo menos 1:50, preferentemente de por lo menos 1:70 y más preferentemente de por lo menos 1:100.
- 40 8. Reactor de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el espacio de reacción (28) posee una sección transversal rectangular en la dirección de la corriente y presenta una sección transversal de corriente constante a lo largo de todo el espacio de reacción (28).
- 45 9. Reactor de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el electrodo (26) superior en el estado de funcionamiento puede moverse y aproximarse adaptativamente al electrodo inferior (24) para mantener una altura constante (S) del espacio de reacción (28).
- 50 10. Reactor de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** entre la carcasa (12), preferentemente en el estado de funcionamiento la mitad de carcasa superior (16) y el electrodo (26) superior en el estado de funcionamiento, se provee una cubierta (40) que impide la entrada de líquido en esta zona.
11. Reactor de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** la cubierta está formada por un material flexible y está dispuesta de tal manera que se puede compensar un movimiento del electrodo superior (26) con un movimiento de la misma.

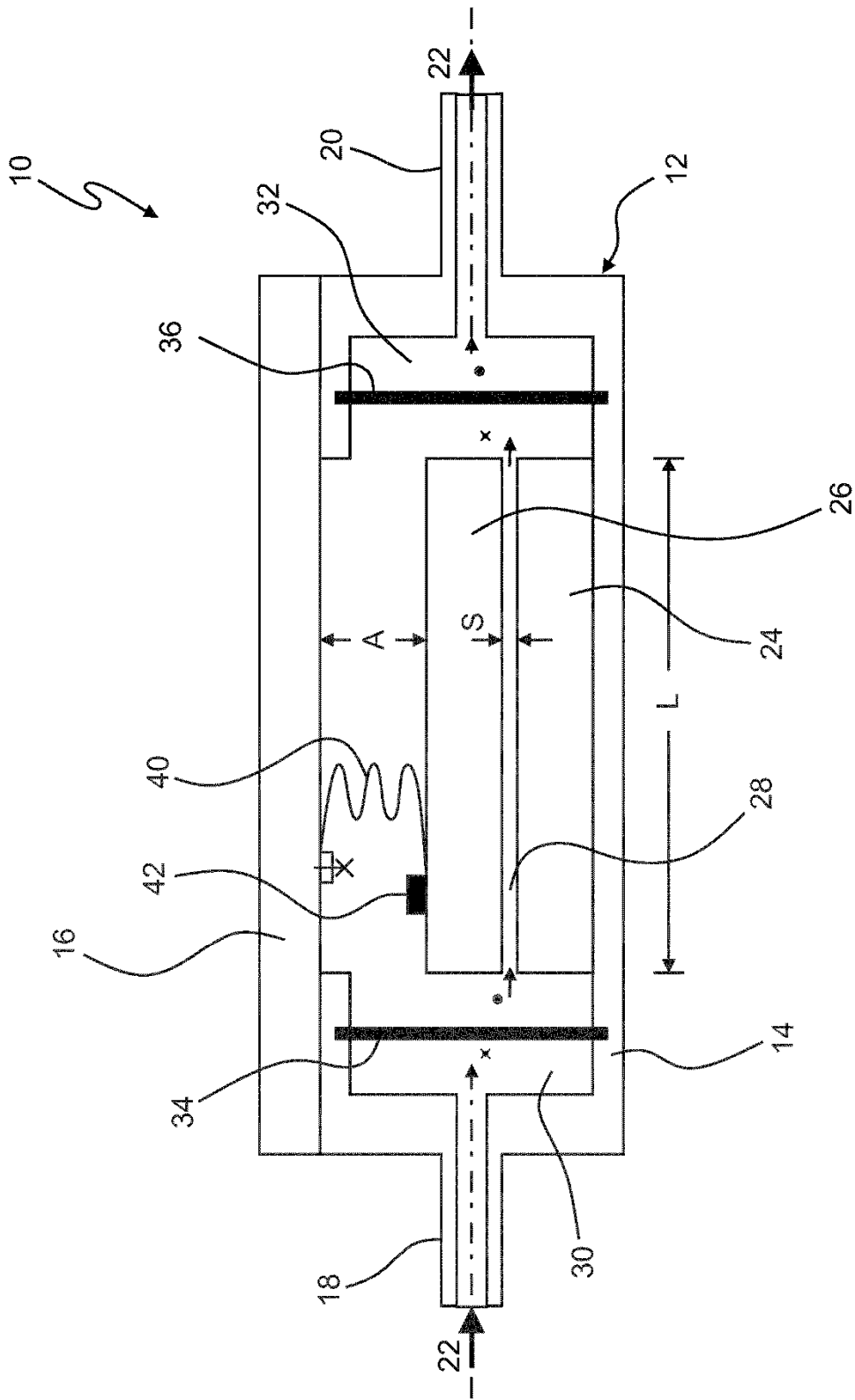


Fig. 1

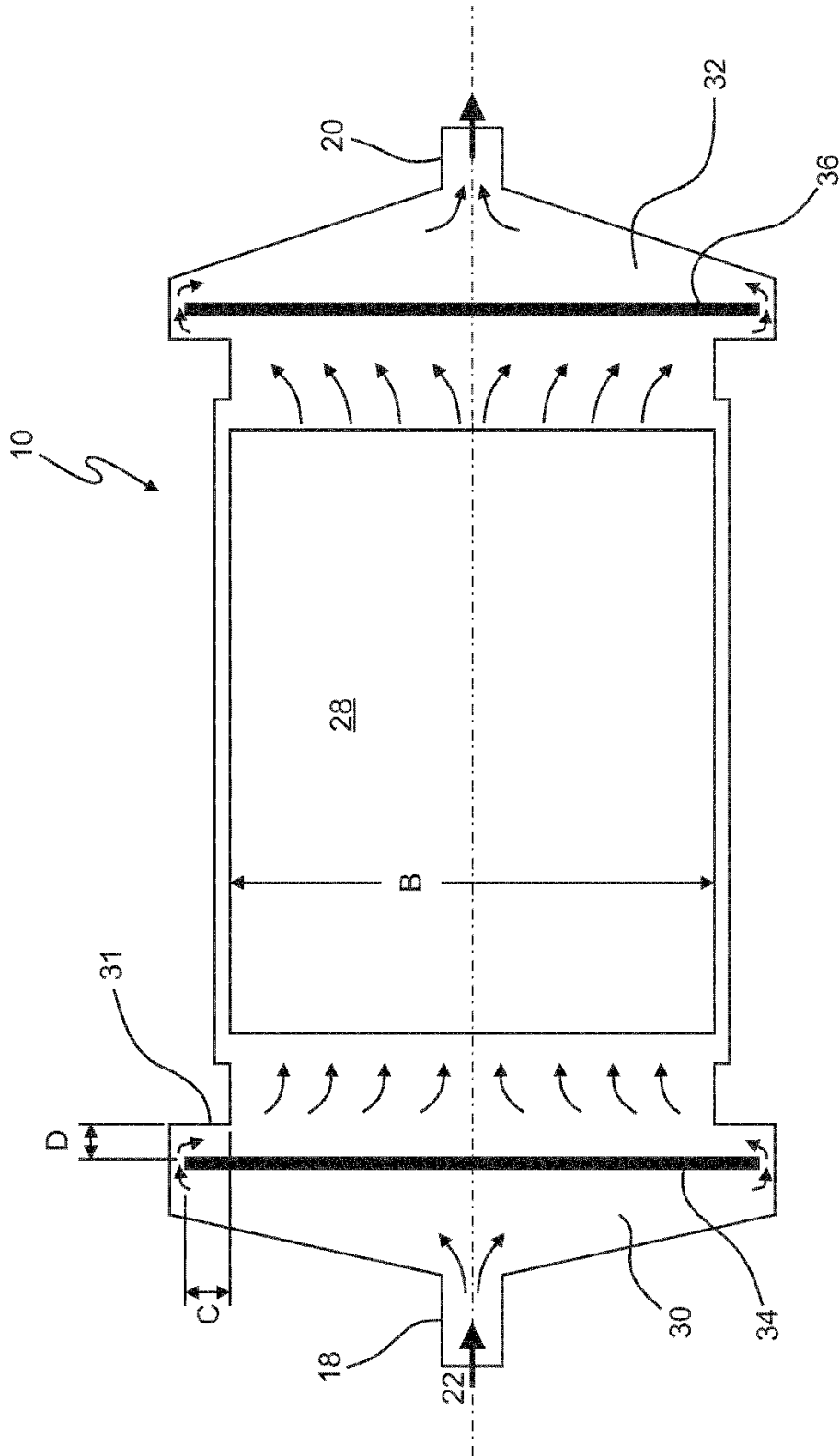


Fig. 2