

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 439 223**

51 Int. Cl.:

C25C 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2003** **E 03735701 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2013** **EP 1521867**

54 Título: **Celda de electrodo de lecho con vertedero para extracción electrolítica de metal**

30 Prioridad:

11.07.2002 IT MI20021524

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

22.01.2014

73 Titular/es:

INDUSTRIE DE NORA S.P.A. (100.0%)

**Via Bistolfi 35
20134 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**ROBINSON, DOUGLAS J.;
MACDONALD, STACEY A.;
JIRICNY, VLADIMIR;
OLDANI, DARIO;
TODARO, FRANCESCO;
CARRETTIN, LEONELLO;
MARTELLI, GIAN NICOLA y
SCOTTI, DAVIDE**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 439 223 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

Celda de electrodo de lecho con vertedero para extracción electrolítica de metal

Antecedentes de la invención

La recuperación de metales a partir de celdas de lecho móvil se conoce en la técnica como una técnica muy atractiva, aunque todavía lejos de la práctica industrial actual. Se ha descrito primero la deposición de metales de lecho móvil como una mejora del concepto más general del depósito de metal de lecho (ver por ejemplo Patente Estadounidense 4,141,804) otorgada a Scott et al. en la Patente Estadounidense 4,272,333. Se hace levitar un lecho de granos metálicos mediante un chorro líquido de electrolitos hasta que pasa el borde superior de un cátodo de metal, que desborda en una cámara delimitada por dicho cátodo y un diafragma semipermeable, que separa el lecho que cae del ánodo. Por lo tanto el lecho que cae se polariza catódicamente, y los iones metálicos en el electrolito se pueden descargar sobre los granos provocando su crecimiento. El método descrito permite cargar los granos como semillas pequeñas y descargarlos de la celda después de alcanzar el crecimiento requerido, pero tiene la desventaja obvia de ser sustancialmente un procedimiento por tandas. Por otra parte, se debe operar la celda como una única celda y no tiene posibilidad de ser apilada de manera efectiva en una disposición laminar, y por lo tanto es muy limitada su capacidad productiva por volumen unitario o por superficie de instalación unitaria.

Se ofrece una mejora significativa de este concepto por la descripción de la Patente Estadounidenses 5,635,051 y 5,958,210, dirigida a la extracción electrolítica de zinc. En este caso, el compartimento catódico contiene un lecho con vertedero generado por el movimiento ascendente del electrolito proporcionado a un tubo de aspiración, y se divide en dos coronas circulares en las regiones que caen, dispuestas en los dos lados del tubo. Los compartimientos catódicos y anódicos están separados por medio de una barrera permeable a los iones, tal como una membrana de intercambio iónico o similar. Por lo tanto se separan físicamente el anolito y el catolito y se excluyen de nuevo los granos crecientes desde el compartimento anódico, pero se permite el paso de los iones que se van a depositar desde el compartimento anódico hasta el catódico. La celda es de alguna manera mejor que la descrita en el documento US 4,272,333 en términos de capacidad productiva, siendo bastante plana, e incluso previendo la posibilidad de una disposición en paralelo de una pluralidad de tubos de aspiración y correspondientes coronas circulares de grano que caen para aumentar el tamaño de por lo menos una dimensión de los mismos. No obstante, el depósito descrito aquí es todavía un proceso por tanda típico, el agotamiento de los iones metálicos en la cámara de anolito se tiene que contrarrestar con un procedimiento de restauración delicado, con el fin de mantener una cierta estabilidad de las condiciones de la celda.

Es un objeto de la presente invención proporcionar una celda de lecho con vertedero para la recuperación de metales a partir de soluciones metálicas que superan los inconvenientes de la técnica anterior.

Bajo un aspecto diferente, es un objeto de la presente invención proporcionar un método para extracción electrolítica de metal de un ion metálico que contiene electrolito que supera los inconvenientes de la técnica anterior.

Resumen de la invención

Bajo un primer aspecto, la invención consiste en un elemento de celda de extracción electrolítica de lecho con vertedero que se puede laminar en una matriz de elementos equivalentes en una forma modular.

Bajo otro aspecto, la invención consiste de un elemento de celda de extracción electrolítica de lecho con vertedero que comprende una cubierta de cátodo delimitada por una placa catódica y provista con un tubo de aspiración capaz de establecer un lecho con vertedero de granos metálicos crecientes, una placa anódica provista con salientes para sostener mecánicamente un ánodo metálico y transmitir corriente eléctrica a este, y un diafragma semipermeable aislante que separa los compartimientos catódico y anódico lo que permite el paso libre del electrolito mientras que obstaculiza el paso de los granos metálicos.

Bajo todavía otro aspecto, la invención consiste en una matriz de elementos de celda de lecho con vertedero de extracción electrolítica apilados, cada uno delimitado por una placa anódica y una placa catódica, cada placa anódica entra en contacto con la placa catódica de la celda adyacente, preferiblemente por medio de tiras de contacto.

Bajo todavía otro aspecto, la invención consiste en un método para extracción electrolítica de metales a partir de soluciones metálicas mediante crecimiento controlado de granos metálicos con vertedero, llevado a cabo en una matriz de elementos de celda modular en donde el electrolito se deja circular libremente entre el compartimento anódico y catódico luego de fluir a través de un diafragma semipermeable aislante.

Estos y otros aspectos serán evidentes a partir de la siguiente descripción.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista posterior de la cubierta de cátodo de una celda de extracción electrolítica de lecho con vertedero de acuerdo con una realización preferida de la invención.

- 5 La Figura 2 y la figura 3 son respectivamente la vista delantera y posterior de la cubierta de ánodo de una celda de extracción electrolítica de lecho con vertedero de acuerdo con una realización preferida de la invención.

La Figura 4 es la misma vista delantera de la cubierta de ánodo como en la figura 2, que incluye adicionalmente un diafragma de cara completa de aislamiento de acuerdo con una realización de la invención.

- 10 La Figura 5 muestra los parámetros geométricos de dos tipos de tela que se pueden utilizar alternativamente para la construcción del diafragma de la figura 4.

La Figura 6 es una vista delantera del compartimiento catódico de la celda, que comprende un tubo de aspiración que establece un lecho con vertedero de granos metálicos en los dos lados de este.

La Figura 7 es un boceto de una doble boquilla para cargar el tubo de aspiración de la celda de acuerdo con una realización particularmente preferida de la invención.

- 15 La Figura 8 es un alargamiento de la región superior del tubo de aspiración mostrado en la figura 6, que incluye un deflector para controlar la altura del lecho con vertedero y un elemento del sistema de sobreflujo, de acuerdo con una realización preferida de la invención.

La Figura 9 es una sección superior de la celda que muestra elementos de aislamiento para el tubo de aspiración y el diafragma de acuerdo con una realización preferida de la invención.

- 20 La Figura 10 es un esquema de la circulación de electrolito de la celda de la invención.

Descripción detallada de la invención

Se describirá la invención haciendo referencia a los dibujos de ejemplo adjuntos, sin embargo no están destinados a limitar la misma.

- 25 La celda de la invención se diseña para actuar preferiblemente como un elemento de una matriz laminada de celdas equivalentes, aunque también se puede utilizar como una celda única para extracción electrolítica de metal.

La celda de la invención es adecuada para llevar a cabo la extracción electrolítica de muchos materiales diferentes, que incluyen pero no se limitan a, cobre, estaño, manganeso, zinc, níquel, cromo y cobalto.

- 30 El elemento de celda de la invención comprende una cubierta de cátodo y una cubierta de ánodo, cada una delimitada por una placa metálica. La placa metálica anódica de la celda es adecuada para ser acoplada eléctricamente en una forma sencilla a la placa catódica de la celda adyacente en la matriz laminada; en una realización preferida, se efectúa este acoplamiento eléctrico al sujetar el mismo a una pluralidad de elementos de celda única en una pila, de tal manera que se puede retirar y/o reemplazar cada elemento de celda única en cualquier momento, por ejemplo para propósitos de mantenimiento, luego de liberar la presión de sujeción y extraer la misma. La cubierta de cátodo se elabora preferiblemente de acero inoxidable, pero para muchas otras aplicaciones son adecuados otros materiales, tales como níquel o titanio. En una realización preferida, la cubierta de cátodo se elabora de una matriz de barras de acero inoxidable rectangulares con una placa catódica soldada a las mismas. Haciendo referencia a la figura 1, se muestra el lado posterior de una cubierta de cátodo (100) provista con orificios de pernos (2) en el reborde o de manera más general en la región más periférica en forma de marco de la misma (1); una placa catódica (3), preferiblemente del mismo material del marco periférico (1), se asegura a este. En una realización preferida, las barras que forman el marco periférico (1) se unen por soldadura mutuamente en las esquinas, y la placa catódica (3) luego se une mediante soldadura al marco periférico (1). Para la operación de celda única, puede ser útil proporcionar la cubierta de cátodo (100) con una porción de ventana transparente (no mostrada) para monitorear el comportamiento del lecho con vertedero. Esta también puede ser una característica útil para las celdas terminales de una matriz. El acoplamiento de la placa catódica (3) con el marco periférico (1) define una porción ahuecada en el otro lado (delantero) de la cubierta de cátodo (100), cuyas características detalladas se discutirán más adelante.
- 35
- 40
- 45

La placa anódica se fabrica preferiblemente a partir de una lámina metálica; los metales de válvula se utilizan normalmente para este propósito, para soportar las condiciones agresivas del medio ambiente anódico, y se prefieren particularmente el titanio o aleaciones del mismo, también por consideraciones de costes y capacidad de trabajo. Como se muestra en la figura 2, la lámina anódica (4) que forma el cuerpo principal de la cubierta de ánodo (200) también se proporciona con orificios de pernos (2'), que se utilizan en relación con los orificios de pernos (2) de la cubierta de cátodo (100) para sujetar las dos cubiertas juntas. La cubierta de ánodo (200) también tiene una porción ahuecada (5) que corresponde generalmente a la región que cae del lecho con vertedero donde ocurre el depósito de metal en los granos crecientes, como se discute en detalle más adelante. Se monta un ánodo (corte mostrado como (6)) en correspondencia de la porción ahuecada (5); la conexión del ánodo (6) con la placa anódica ((9) en la figura 3) se efectúa por medio de salientes de conducción (7). En razón a que en los procesos de extracción electrolítica de metal la reacción anódica está en la mayoría de los casos de evolución de oxígeno, el ánodo (6) preferiblemente se proporcionará con un recubrimiento catalítico para evolución de oxígeno, como se conoce en la técnica. El ánodo puede ser por ejemplo una estructura de titanio foraminosa, tal como una lámina perforada o expandida o una malla, provista con un recubrimiento de metal noble o de óxido de metal noble. Se ha mostrado solo una saliente (7) en la figura 2, todavía es evidente para un experto en la técnica que es usualmente más útil una pluralidad de salientes (7). Por lo menos una de las salientes (7) debe ser eléctricamente conductora para asegurar la continuidad eléctrica entre la placa anódica y el ánodo (6), pero otros tipos de salientes pueden actuar solo como separadores y ser contruidos de material no conductor tal como plásticos. En la figura 2, la saliente conductora (7) se forma como una nervadura, de acuerdo con una realización particularmente preferida; será evidente para un experto en la técnica que otros tipos de geometría también pueden ser adecuados a dichas salientes.

La configuración preferida para la cubierta de ánodo (200) se hará más clara con el boceto de su vista posterior en la figura 3. Como se muestra aquí, la lámina anódica (4) que forma el cuerpo principal de la cubierta de ánodo (200) preferiblemente se proporciona con un marco de refuerzo (8) que también actúa como un reborde, en donde se prolongan los orificios de pernos (2') del mismo. En una realización preferida, la placa anódica (9) se une mediante soldadura al marco de refuerzo (8); posteriormente, las salientes conductoras ((7) en la figura 2) se unen mediante soldadura al lado delantero de la lámina anódica (4). En la realización de la figura 3, se muestra una tira de contacto (10), asegurada al lado posterior de la placa anódica; sin embargo, es evidente para un experto en la técnica que en la mayoría de los casos, se utilizará una pluralidad de tiras de contacto (10), dependiendo de las dimensiones de la celda y del flujo de corriente eléctrica total requerido por el proceso. Aquí, se muestra la tira de contacto (10) como asegurada a la placa anódica (9), pero también se podría asegurar a la placa catódica (3) o a ambas, aunque esta es una realización menos preferida. En una realización preferida, las tiras de contacto (10) son elementos bimetálicos, con una cara de titanio unida mediante soldadura a la placa anódica de titanio (9), y una cara de cobre, níquel o plata que proporciona un contacto eléctrico mejorado con la placa catódica (3). En una realización preferida, las salientes conductoras (7), la placa anódica (9), y la porción de la tira de contacto (10) que enfrenta la placa anódica (9) se elaboran del mismo material, por ejemplo titanio o una aleación del mismo, y se unen por soldadura juntos en una sola pasada, por ejemplo por soldadura láser. También se pueden interponer de forma ventajosa las tiras de contacto (10) entre las salientes conductoras (7) y la placa anódica (9).

Las dos cubiertas (100) y (200) primero se atornillan o de otra forma se sujetan juntas para formar un elemento de celda única, luego se laminan los elementos de celda única en una matriz de pila a una presión suficiente de tal manera que las tiras de contacto (10) puedan transmitir efectivamente la corriente eléctrica desde el compartimiento anódico hasta la placa catódica (3) de la celda adyacente; cuando no se utilizan tiras de contacto (10), se puede efectuar contacto directo desde la placa catódica (3) hasta la placa anódica (9), sin embargo esto es una solución menos preferida debido a que la superficie de contacto puede ser más grande, requiriendo por lo tanto una mayor fuerza de sujeción para aplicar la misma presión; más aún, si se utiliza titanio u otros metales de válvula para la placa anódica (9), el contacto eléctrico se estropearía eventualmente con el tiempo debido al crecimiento de óxido.

Las celdas de extracción electrolítica de metal pueden ser ya sea del tipo dividido o no dividido, de acuerdo con las diferentes tecnologías; en las celdas del tipo dividido, tal como aquellas de acuerdo con la descripción de las Patentes Estadounidenses 5,635,051 y 5,958,210, sería más complicado lograr un proceso de tipo continuo. En el mejor modo de llevar a cabo la invención, la celda es una celda no dividida, en la que no existen anolitos y catolitos separados, sino más bien un único electrolito que fluye desde un compartimento a otro. Sin embargo, se necesita un separador mecánico para excluir los granos crecientes polarizados catódicamente desde el compartimiento anódico. Esto se logra por medio de un diafragma semipermeable, como se ilustra en la figura 4.

La figura 4 muestra la superposición de un diafragma (11) al compartimiento de ánodo de la figura 2. El diafragma (11) se muestra aquí como una empaquetadura de cara completa, que contribuye al sellamiento periférico externo, no obstante esta característica no es obligatoria. Se muestran sus bordes como internos a los orificios de pernos (2'), pero también pueden ser más grandes y hacer coincidir las perforaciones para los pernos. Una de las características esenciales del diafragma (11) es que se debe aislar eléctricamente, cuando está en contacto con el ánodo (6) y los granos metálicos cargados catódicamente. Otra característica esencial del diafragma (11) es que se debe proporcionar con por lo menos una región porosa o foraminosa (12) que permite la circulación del electrolito, de manera general en correspondencia con la porción ahuecada del ánodo (5) y así con la región de depósito del lecho

con vertedero. Las perforaciones de esta región deben ser lo suficientemente estrecha para excluir incluso los granos más pequeños del lecho con vertedero, de tal manera que típicamente se dimensionan como más pequeños que las semillas de metal diminutas cargadas en la celda como el material de partida. El diafragma también puede ser completamente foraminoso o poroso, y en absoluto no tiene la función de empaquetadura. La región perforada (12) del diafragma (11) es la verdadera parte caracterizadora del mismo: se han probado muchos materiales aislantes para el diafragma, pero sólo unos pocos funcionan eficazmente, especialmente debido al hecho de que la columna de granos metálicos del lecho con vertedero, que en algunos casos puede ser superior a un metro, ejerce una carga pesada sobre el diafragma, lo que resulta en una fricción pesada.

En una realización preferida, el diafragma aislante se obtiene simplemente al aplicar un recubrimiento aislante a la superficie del ánodo (6) que enfrenta el lecho con vertedero, mientras que tiene lugar la reacción anódica en la superficie opuesta. En este caso, el ánodo (6) debe ser una estructura foraminosa con perforaciones adecuadas para excluir los granos que entran en la cubierta de ánodo (200) mientras que permite la libre circulación del electrolito. El recubrimiento aislante es preferiblemente un recubrimiento cerámico, tal como un óxido de metal de válvula (se prefieren óxidos de titanio o de circonio) o carburo de silicio. Se prefieren particularmente los recubrimientos cerámicos rociados de plasma. De acuerdo con una realización alternativa, el recubrimiento aislante puede ser un recubrimiento polimérico, preferiblemente obtenido de un polímero fluorado tal como PTFE o ECTFE (etileno-clorotrifluoroetileno-etileno).

En algunos casos, el hecho de que las perforaciones de la región foraminosa o porosa (12) del diafragma (11) son más pequeñas que los granos más pequeños cargados en la celda, no es realmente suficiente para evitar que una cierta cantidad de metal pase al compartimiento anódico y se disuelva en el mismo. Esto se debe al hecho de que algunos pequeños granos se pueden pegar en correspondencia de las perforaciones y, debido al gradiente potencial, disuelto parcialmente en un lado mientras que crecen en el lado opuesto. A veces, un grano esférico se puede incluso formar de nuevo en forma acicular por medio de este mecanismo, hasta que es lo suficientemente delgado como para pasar al lado del ánodo que se disuelve allí. En otros casos, la fricción del lecho que cae es tan alta que las partículas pueden experimentar algún efecto de molido. Por lo menos en el caso de extracción electrolítica de cobre, se experimentan de manera frecuente estos fenómenos. Por lo tanto, es conveniente proporcionar el diafragma aislante (11) con las rutas particularmente tortuosas que impiden el fácil escape de partículas reformadas, sin obstaculizar demasiado la circulación del electrolito. Para este propósito, las telas, y particularmente los tejidos, son los más adecuados. El poliéster tejido cumple especialmente bien los requisitos de exclusión del grano, resistencia a la fricción, propiedades de aislamiento y costes. Los tejidos planos son adecuados para este alcance; los tejidos planos se caracterizan por tener alambres de urdimbre y de trama del mismo diámetro, el alambre de trama pasa alternativamente por encima o por debajo de cada alambre de urdimbre posterior. Esto se ilustra en la sección superior de la figura 5, donde el alambre de trama se indica como (13) y los alambres de urdimbre como (14). En una realización preferida, sin embargo, el tejido para el diafragma (11) se teje como un tejido Holandés inverso, como se muestra en la sección inferior de la figura 5, en donde los alambres de trama (13') tienen un diámetro mayor que los alambres de urdimbre (14'), proporcionando de esta manera un conteo de malla de urdimbre mayor que el número de malla de trama. En una realización preferida, sin embargo los diámetros de los alambres de trama y urdimbre son cercanos, su relación no es mayor de 1.5. Una relación de diámetro de alambre de urdimbre a alambre de trama particular preferida es 5:4.

Otro parámetro importante para la tela es la relación entre el espaciamiento de alambre de urdimbre (que es la distancia media entre dos alambres de urdimbre adyacente) y el diámetro de alambre de urdimbre, que debe ser preferiblemente mayor de 3.

El espesor preferido para un diafragma hecho de tela está comprendido entre 0.4 y 0.6 mm.

La Figura 6 muestra el interior de la cámara catódica, que corresponde a la cavidad delimitada por el marco periférico (1) de la cubierta de cátodo (100) (véase figura 1) y la placa catódica (3). La cámara catódica es el sitio en donde el lecho con vertedero de granos metálicos (15) se establece por medio del electrolito que se hace circular a través de un tubo de aspiración (17). El tubo de aspiración (17) preferiblemente tiene una sección rectangular y llena el espacio entre la placa catódica (3) y el diafragma (11), de tal manera que también puede actuar como un elemento de refuerzo estructural. En razón a que en este caso el tubo de aspiración experimenta parte de la presión de sujeción de la celda, preferiblemente se elaborará con un material resistente a corrosión, mecánicamente robusto, tal como acero inoxidable o titanio. Las dos superficies principales del tubo de aspiración que ponen en contacto la placa catódica (3) y el diafragma (11) preferiblemente se deben cubrir con un material aislante, tal como un recubrimiento, por ejemplo un PTFE u otro recubrimiento polimérico. Por ejemplo, un recubrimiento PTFE se puede aplicar mediante rociado y fraguado térmico. También se pueden utilizar de forma ventajosa cintas aislantes tales como cintas de espuma. En una realización preferida, no mostrada en la figura, se proporciona el tubo de aspiración (17) con una entrada alargada, por ejemplo que tiene un ancho equivalente a dos veces el ancho del tubo. En una realización más preferida, se proporciona la parte inferior del tubo de aspiración (17) con elementos en forma de punta de flecha (18), que mejoran grandemente la circulación en el lecho con vertedero. El ángulo de las puntas de flecha con respecto a la horizontal preferiblemente debe estar comprendido entre 60 y 80°, se prefieren con valores cercanos a 70°.

En la figura, se muestra cómo los granos (15) se mueven hacia arriba en el tubo de aspiración (17), salen de allí y forman dos coronas circulares (15') en cualquier lado del mismo, luego se mueven hacia abajo en la región que cae (16). Esto sucede cuando el tubo de aspiración (17) se coloca en el centro de la cámara catódica, pero bien podría ser posible colocar el tubo de aspiración (17) cerca de una pared lateral de la cámara catódica, de tal manera que el movimiento de los granos (15) pueda trazar una corona circular única. En otra realización, se proporciona una pluralidad de tubos de aspiración paralelos (17) en la cámara catódica, de tal manera que se forma una pluralidad de coronas circulares de grano (15'). En aras de la simplicidad, sólo se discutirá más adelante el caso de un único tubo de aspiración central. El electrolito se proporciona al tubo de aspiración (17) mediante una boquilla (19), montada sobre un soporte (20) conectado al circuito de bombeo (no mostrado). En una realización de la invención, la boquilla (19) tiene una sección superior porosa (21) que permite el paso del electrolito, pero no de los granos (15). De esta manera, cuando ocurren paralizaciones previstas o imprevistas, se evita que los granos (15) caigan en la boquilla que ocluye la misma, obstaculizando de esta manera la reanudación de la acción de verter.

Otros elementos opcionales incluyen un deflector (22) en la parte superior del tubo de aspiración (17), que se utiliza para limitar la altura del lecho con vertedero, un vertedero (23) conectado a un sistema de sobreflujo con un tanque de recolección de producto (no mostrado), que proporciona el retiro de una fracción de granos para permitir la operación continua de la celda, un tubo de drenaje de electrolito (24), provisto con un elemento de filtro que permite la descarga del electrolito mientras que evita la descarga concurrente de granos, y un dispositivo de drenaje de grano (25) provisto con un tubo de drenaje y un elemento de separación en forma de T, que permite la descarga de los granos metálicos luego se carga el electrolito en la pata horizontal.

El sistema de sobreflujo corriente abajo del vertedero (23) opcionalmente comprende un tanque con un fondo en forma de cono donde se recolectan los granos, y medios para retirar los granos desde el fondo del tanque, como será obvio para un experto en la técnica. Un sistema de sobreflujo de electrolito, no mostrado, también se proporciona normalmente como obvio para un experto en la técnica.

Las esquinas inferiores de la celda opcionalmente podrían estar provistas con miembros del triángulo, por ejemplo, conos plásticos como se conoce en la técnica, para facilitar la circulación natural de los granos. Sin embargo se ha encontrado que, en ausencia de dichos conos, los granos tienden a recolectarse en las regiones de esquina inferiores de la celda de la invención dando lugar a conos móviles auto-formadoras de granos (15''), que en condiciones estacionarias pueden actuar eficientemente como conos artificiales. La formación natural de los conos se asiste por el correcto tamaño de los elementos en forma de punta de flecha (18), y tiene la gran ventaja de que los conos se pueden reformar naturalmente cambiando su forma cada vez que se varía el índice de flujo por cualquier razón. La auto-formación de conos de granos en movimiento de granos que llenan las esquinas inferiores de la cubierta de cátodo mientras tanto permiten la formación natural de canales de flujo del grano en el espacio vertical por debajo de la base del tubo de aspiración.

Las siguientes dos figuras muestran realizaciones alternativas, preferidas de algunos elementos ilustrados en la figura 6.

La Figura 7 en particular muestra una realización preferida de la boquilla (19), que en este caso se diseña como una doble boquilla, que comprende una porción interna definida por un ducto interno (27) que se extiende cerca de la entrada del tubo de aspiración (17), y una porción externa delimitada por un conducto externo (26) ubicado en la base de la celda. En la figura 7, el conducto interno (27) se extiende dentro del tubo de aspiración (17), pero también puede apenas llegar a la altura del fondo del tubo de aspiración o incluso permanecer por debajo del mismo. Se muestra que el conducto externo (26) ingresa en el elemento de soporte (20), pero se puede conectar al fondo de la celda de acuerdo con diversas disposiciones diferentes como es evidente para un experto en la técnica.

En la figura 8 se muestra cómo el deflector (22) en la parte superior del tubo de aspiración (17) puede ser ventajosamente un elemento en forma de tejado, pero son posibles otras formas. En una realización preferida, se proporciona el deflector en forma de tejado (22) con agujeros que obstaculizan el paso de los granos, pero que permite el paso libre del electrolito interfiriendo de esta manera mucho menos con la circulación de electrolito. La Figura 8 también muestra el vertedero (23) con el hueco pertinente (29) en la entrada del sistema de sobreflujo de grano.

La Figura 9 es una sección superior de la celda, que corresponde a una altura arbitraria dentro de la región de lecho con vertedero. La cubierta de cátodo, delimitada por el marco periférico (1) y la placa catódica (3), se llena en la porción central de la misma por el tubo de aspiración (17), provisto con elementos de aislamiento (31) tales como recubrimientos o cintas de espuma; en la cubierta de ánodo, se conectan la lámina anódica (4) y el ánodo (6) por medio de salientes conductoras (7), solo una de las cuales se muestra en aras de la simplicidad. Las dos cubiertas se dividen por el diafragma (11), opcionalmente provisto con una máscara protectora de aislamiento (30) en correspondencia de los bordes externos del ánodo (6) y de los bordes verticales del tubo de aspiración (17).

La Figura 10 es una vista lateral de la celda de la invención que ilustra la circulación del electrolito. El ión metálico que lleva electrolito se carga en la parte inferior de la cubierta de cátodo (100) a través de la boquilla y el tubo de aspiración (no mostrado), y una corriente del mismo entra en la cubierta de ánodo (200) en correspondencia de la región foraminosa o porosa del diafragma (11) mientras que la mayoría se utiliza para establecer el lecho con vertedero dentro de la cubierta de cátodo (100). El electrolito luego se descarga en la parte superior de ambas cubiertas y se hace circular de nuevo.

Se puede practicar la invención, de acuerdo con una realización menos preferida, también con circulación anódica y catódica separada en una matriz de elementos apilados en donde la placa anódica de cada celda, con la excepción obvia de una del terminal, se pone en contacto con la placa catódica de la celda adyacente. Preferiblemente, se construye cada elemento de celda único, al atornillar o de otra forma asegurar cada cubierta de ánodo con la cubierta de cátodo correspondiente, antes de apilar los elementos. Preferiblemente, los elementos de celda única se apilan interponiendo tiras de contacto entre ellas. Las tiras de contacto preferiblemente se unen por soldadura a las placas anódicas. En el caso de la circulación anódica y catódica, los elementos de celda pueden no incluir un diafragma semipermeable, un medio de intercambio iónico tal como una membrana de intercambio iónico suficiente. En este caso, un experto toma ventaja de la laminación de celdas en términos de productividad por unidad de volumen y por unidad de área de instalación de planta; sin embargo esta realización es menos preferida ya que un proceso continuo se hace más complicado para establecer con anolito y catolito separado, cada uno requiere monitoreo y restauración de la concentración de iones.

La descripción anterior no se debe entender como que limita la invención, que se puede practicar de acuerdo con diferentes realizaciones sin apartarse de los alcances de la misma, y cuyo grado se define únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

En la descripción y reivindicaciones de la presente solicitud, la palabra "comprenden" y sus variaciones tales como "que comprende" y "comprende" no pretenden excluir la presencia de otros elementos o componentes adicionales.

REIVINDICACIONES

1. Un elemento de celda de una matriz de celda laminada para la extracción electrolítica de metal a partir de soluciones iónicas metálicas, que comprende una cubierta de ánodo y una cubierta de cátodo separada por un diafragma aislante, la cubierta de ánodo se delimita por una placa anódica provista con por lo menos una saliente conductora para transmitir corriente eléctrica directa a un ánodo, la cubierta de cátodo se delimita por una placa catódica y se proporciona con por lo menos un tubo de aspiración capaz de establecer un lecho con vertedero de granos metálicos, se proporciona dicho diafragma con perforaciones en correspondencia de dicho lecho con vertedero de granos metálicos que permite la circulación libre del electrolito mientras que obstaculiza el paso de dichos granos metálicos desde el compartimiento catódico hasta el compartimiento anódico.
2. El elemento de celda de la reivindicación 1 en donde dicha por lo menos una saliente de conducción se forma como una nervadura.
3. El elemento de celda de la reivindicación 2 en donde dichas nervaduras tienen una primera superficie principal hacia donde se asegura dicho ánodo, y una segunda superficie principal provista con una tira de contacto, dicha tira de contacto se une por soldadura a dicha placa anódica.
4. El elemento de celda de las reivindicaciones 2 o 3 en donde dicha cubierta de ánodo comprende adicionalmente separadores en forma de nervadura.
5. El elemento de celda de las reivindicaciones anteriores en donde dicha cubierta de cátodo se construye de una matriz de barras.
6. El elemento de celda de la reivindicación 5 en donde dichas barras tienen forma rectangular.
7. El elemento de celda de las reivindicaciones anteriores en donde dicha cubierta de cátodo comprende por lo menos una ventana para inspección.
8. El elemento de celda de las reivindicaciones anteriores en donde dicha cubierta de ánodo y dicha cubierta de cátodo comprenden regiones planas periféricas tales como marcos o rebordes para asegurar dicha cubierta de ánodo a dicha cubierta de cátodo.
9. El elemento de celda de las reivindicaciones anteriores en donde dicha cubierta de ánodo se elabora de titanio o una aleación del mismo, y dicha cubierta de cátodo se elabora de acero inoxidable, níquel o titanio.
10. El elemento de celda de la reivindicación 9 en donde dicho ánodo es una estructura de titanio foraminosa recubierta con metales nobles u óxidos de metales nobles en por lo menos una superficie del mismo.
11. El elemento de celda de las reivindicaciones 9 o 10 en donde dicha cubierta de ánodo se pone en contacto con la cubierta de cátodo del elemento de celda adyacente en la matriz de celda con por lo menos una tira bimetalica interpuesta entre ellos.
12. El elemento de celda de la reivindicación 11 en donde dicha por lo menos una tira bimetalica se une mediante soldadura a por lo menos una de dicha cubierta de cátodo y dicha cubierta de ánodo.
13. El elemento de celda de la reivindicación 12 en donde dicha por lo menos una tira bimetalica se une mediante soldadura a dicha cubierta de ánodo en correspondencia de dicha por lo menos una saliente de conducción.
14. El elemento de celda de la reivindicación 13 en donde dicha por lo menos una tira bimetalica y dicha por lo menos una saliente de conducción se unen mediante soldadura a dicha cubierta de ánodo en una única etapa.
15. El elemento de celda de las reivindicaciones anteriores en donde dicho diafragma aislante forma una empaquetadura de cara completa que contribuye al sello hidráulico entre dicha cubierta de ánodo y dicha cubierta de cátodo por lo menos en la porción periférica de la misma.
16. El elemento de celda de la reivindicación 15 en donde dicho diafragma aislante se proporciona con una máscara de aislamiento adicional en correspondencia de las regiones que contactan los bordes externos de dicho ánodo y /o los bordes verticales de dicho por lo menos un tubo de aspiración.
17. El elemento de celda de las reivindicaciones anteriores en donde dicho diafragma aislante se elabora de una tela tejida.

18. El elemento de celda de la reivindicación 17 en donde dicha tela se teje como un tejido plano o tejido holandés inverso.
19. El elemento de celda de la reivindicación 18 en donde dicha tela tiene una relación de diámetro de alambre de trama a alambre de urdimbre comprendida entre 1.15 y 1.5.
- 5 20. El elemento de celda de la reivindicación 19 en donde dicha tela tiene una relación de diámetro de alambre de trama a alambre de urdimbre de aproximadamente 5:4.
21. El elemento de celda de las reivindicaciones 17 a 20 en donde la relación de espaciamiento de alambre de urdimbre a diámetro de alambre de urdimbre es mayor de 3.
- 10 22. El elemento de celda de las reivindicaciones 17 a 21 en donde dicha tela tejida tiene un espesor comprendido entre 0.4 y 0.6 mm.
23. El elemento de celda de las reivindicaciones 17 a 22 en donde dicha tela es una tela de poliéster.
24. El elemento de celda de la reivindicación 10 en donde dicho diafragma aislante se obtiene al aplicar un recubrimiento aislante a la superficie de dicho ánodo de titanio foraminoso opuesto a dicha por lo menos una superficie recubierta con metales nobles u óxidos de metales nobles.
- 15 25. El elemento de celda de la reivindicación 24 en donde dicho recubrimiento de aislamiento es un recubrimiento de cerámica.
26. El elemento de celda de la reivindicación 25 en donde dicho recubrimiento de cerámica se selecciona del grupo que consiste de óxidos de metal de válvula y carburo de silicio.
- 20 27. El elemento de celda de la reivindicación 26 en donde dicho recubrimiento de cerámica se aplica mediante rociado de plasma.
28. El elemento de celda de la reivindicación 24 en donde dicho recubrimiento de aislamiento comprende un material polimérico fluorado.
29. El elemento de celda de las reivindicaciones anteriores en donde dicho por lo menos un tubo de aspiración es un tubo de forma rectangular.
- 25 30. El elemento de celda de la reivindicación 29 en donde dicho tubo de forma rectangular se elabora de un metal resistente a corrosión, preferiblemente acero inoxidable o titanio.
31. El elemento de celda de la reivindicación 30 en donde dicho tubo metálico de forma rectangular se proporciona con un recubrimiento externo aislante y/o con cinta de espuma por lo menos en las dos superficies principales de la misma paralelas a dicha placa anódica y dicha placa catódica.
- 30 32. El elemento de celda de las reivindicaciones 29 a 31 en donde la profundidad de dicho tubo en forma rectangular es equivalente a la distancia entre dicha placa catódica que delimita dicha cubierta de cátodo y dicho diafragma.
33. El elemento de celda de las reivindicaciones 29 a 32 en donde el fondo de dicho por lo menos un tubo de aspiración se proporciona con una entrada alargada con respecto al ancho del tubo.
- 35 34. El elemento de celda de las reivindicaciones 29 a 33 en donde dicho por lo menos un tubo de aspiración se proporciona con elementos en forma de punta de flecha ubicados en su parte más baja, el ángulo de los mismos con la horizontal está comprendido entre 60 y 80° y preferiblemente equivalente a aproximadamente 70°.
35. El elemento de celda de las reivindicaciones anteriores en donde dicho por lo menos un tubo de aspiración comprende una base provista con por lo menos una boquilla para cargar el electrolito, generando por lo tanto un movimiento capaz de establecer dicho lecho con vertedero de granos metálicos.
- 40 36. El elemento de celda de la reivindicación 35 en donde dicha por lo menos una boquilla es una boquilla doble que comprende una porción externa ubicada en la base de la celda y una porción interna que se extiende dentro de o cerca de la entrada de dicho por lo menos un tubo de aspiración.

37. El elemento de celda de la reivindicación 35 o 36 en donde dicha porción interna de la boquilla doble se proporciona con perforaciones que permiten el paso del electrolito y obstaculizan el paso de dichos granos metálicos.
- 5 38. El elemento de celda de las reivindicaciones anteriores comprende adicionalmente por lo menos un deflector ubicado sobre la parte superior de dicho por lo menos un tubo de aspiración adecuado para controlar la altura de dicho lecho con vertedero.
39. El elemento de celda de la reivindicación 38 en donde dicho por lo menos un deflector generalmente tiene forma de tejado.
- 10 40. El elemento de celda de las reivindicaciones 38 o 39 en donde dicho por lo menos un deflector se proporciona con agujeros que permiten el paso libre del electrolito y obstaculizan el paso de dichos granos metálicos.
41. El elemento de celda de las reivindicaciones precedentes provisto adicionalmente con un sistema de sobreflujo de grano que comprende por lo menos un vertedero ubicado a una altura adyacente a la parte superior de dicho por lo menos un tubo de aspiración y un tanque para recolectar los granos del sobreflujo.
- 15 42. El elemento de celda de la reivindicación 41 en donde dicho tanque se proporciona con medios para descargar dichos granos de sobreflujo desde el fondo.
43. El elemento de celda de la reivindicación 41 o 42 en donde dicho tanque tiene un fondo en forma de cono.
44. El elemento de celda de las reivindicaciones anteriores que comprende adicionalmente un electrolito tubo de drenaje provisto con un elemento de filtro que permite la descarga del electrolito desde la celda mientras que evita la descarga de dichos granos metálicos.
- 20 45. El elemento de celda de las reivindicaciones anteriores que comprende adicionalmente un dispositivo de drenaje de grano para descargar dichos granos metálicos del mismo provisto con un tubo de drenaje y un elemento de separación en forma de T cargado con electrolito en la pata horizontal del mismo.
- 25 46. Una matriz de elementos de celda de extracción electrolítica apilados que comprende una cubierta de ánodo delimitada por una placa anódica y una cubierta de cátodo delimitada por una placa catódica y que incluye un tubo de aspiración que establece un lecho con vertedero de los granos metálicos, dicha placa anódica pone en contacto la placa catódica de la celda adyacente en la matriz.
47. La matriz de la reivindicación 46 en donde dicha placa anódica contacta dicha placa catódica de dicha celda adyacente por medio de una tira de contacto bimetálica.
- 30 48. La matriz de las reivindicaciones 46 o 47 en donde dicha cubierta de ánodo y dicha cubierta de cátodo de cada elemento de celda se aseguran mutuamente antes de apilar los elementos de celda.
49. La matriz de las reivindicaciones 46 a 48 en donde los elementos de celda son elementos de celda de las reivindicaciones 1 a 45.
- 35 50. Un método para la extracción electrolítica de un metal que comprende cargar los granos metálicos en el compartimiento catódico de un elemento de celda de las reivindicaciones 1 a 45, colocar dichos granos en contacto eléctrico con dicha placa catódica, y enganchar dichos granos sujetos a un potencial catódico en un lecho con vertedero bajo la acción de un ión metálico que lleva electrolito proporcionado a través de dicho por lo menos un tubo de aspiración.
51. El método de la reivindicación 50 en donde dicho lecho con vertedero se forma de por lo menos una corona circular en forma generalmente rectangular llena dispuesta en un lado de dicho por lo menos un tubo de aspiración.
- 40 52. El método de la reivindicación 50 en donde dicho lecho con vertedero se forma de dos coronas circulares generalmente en forma rectangular cargadas dispuestas en lados opuestos dicho por lo menos un tubo de aspiración.
- 45 53. El método de la reivindicación 51 o 52 en donde dichas dos coronas circulares en forma rectangular cargadas permiten la auto-formación de los conos móviles de granos que llenan las esquinas inferiores de dicha cubierta de cátodo y que permiten la formación natural de canales de flujo de grano en el espacio vertical por debajo de la base de dicho por lo menos un tubo de aspiración.

54. El método de las reivindicaciones 50 a 53 en donde dicho metal que se va a electroobtener se selecciona del grupo que consiste de cobre, estaño, manganeso, zinc, níquel, cromo y cobalto.

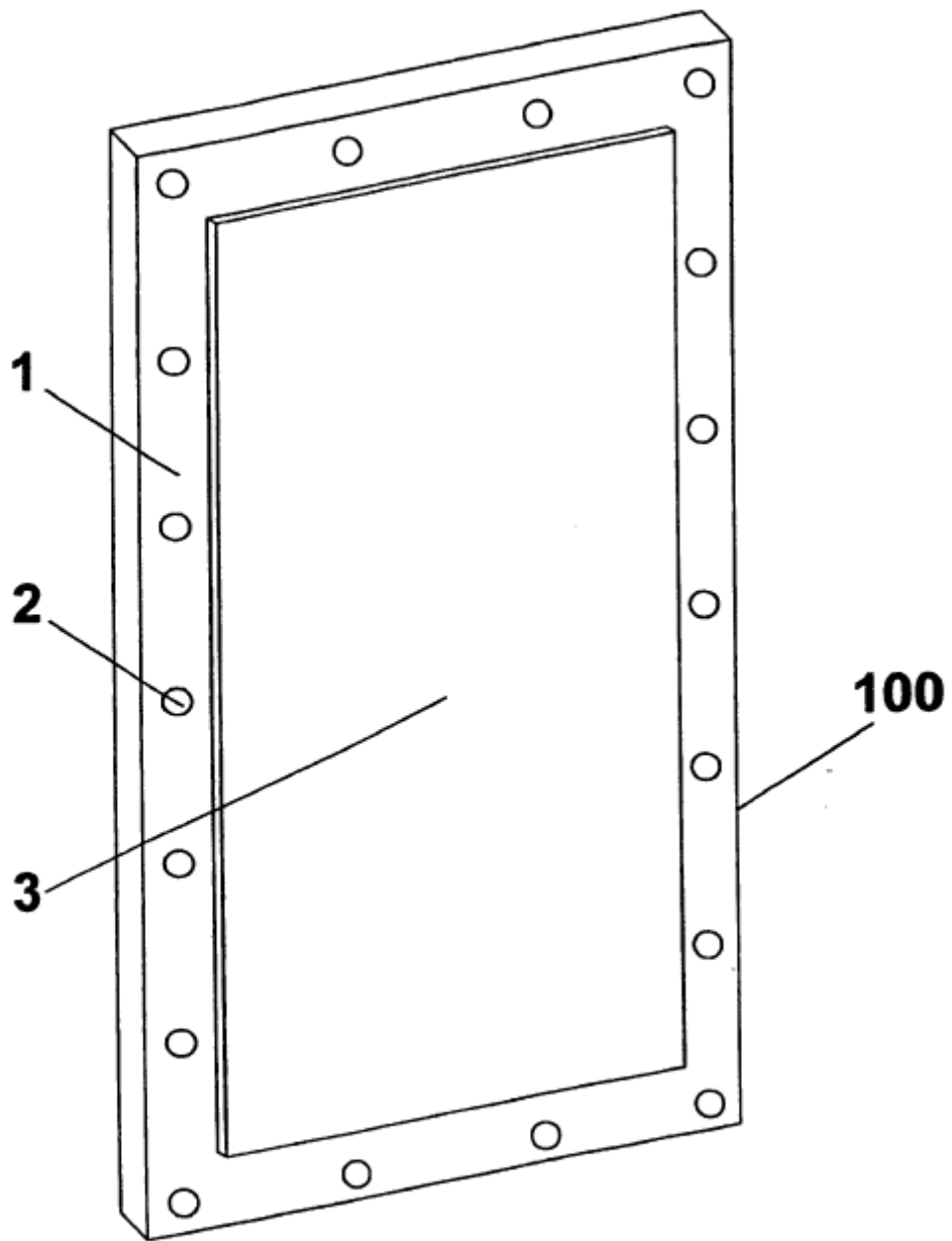


Fig.1

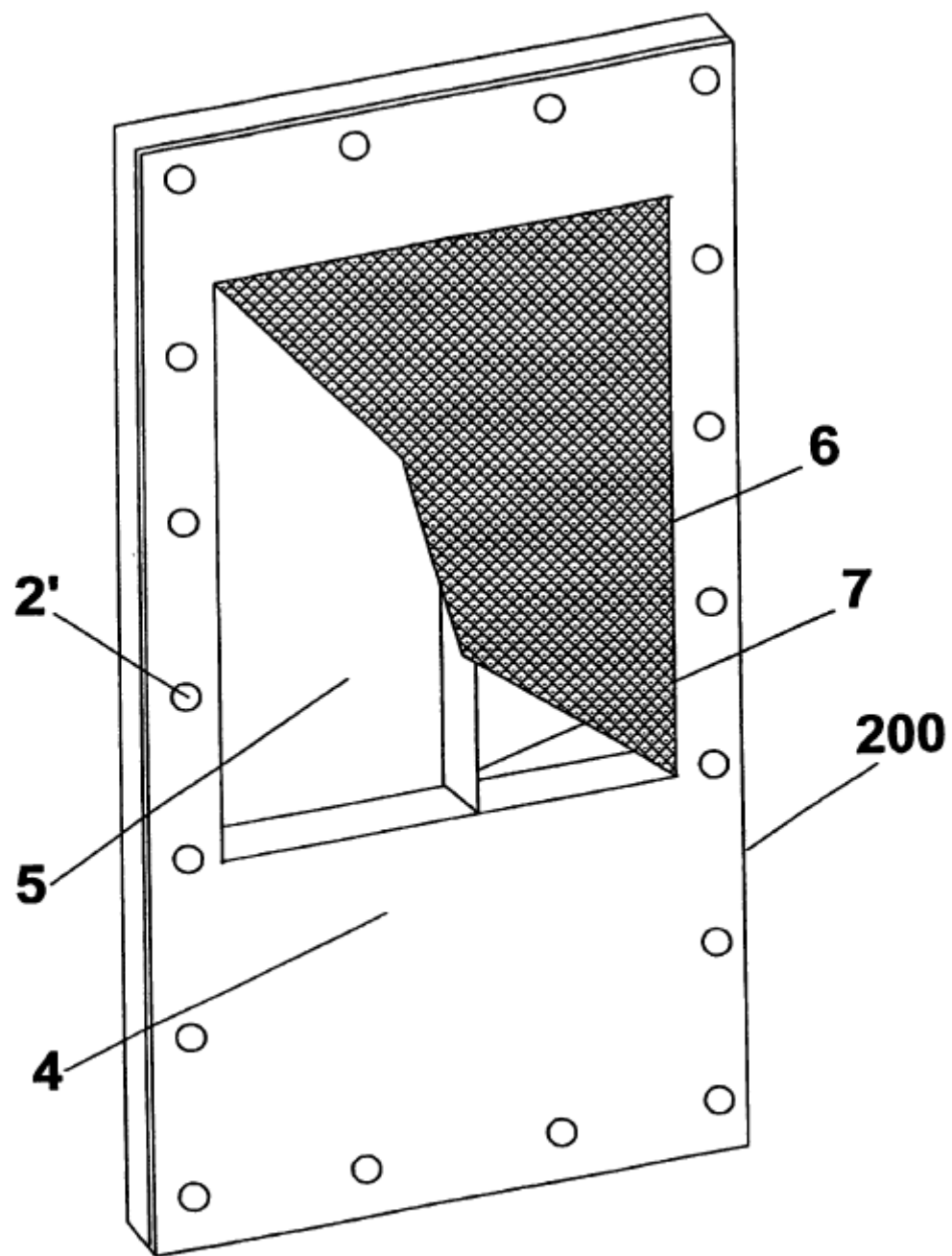


Fig.2

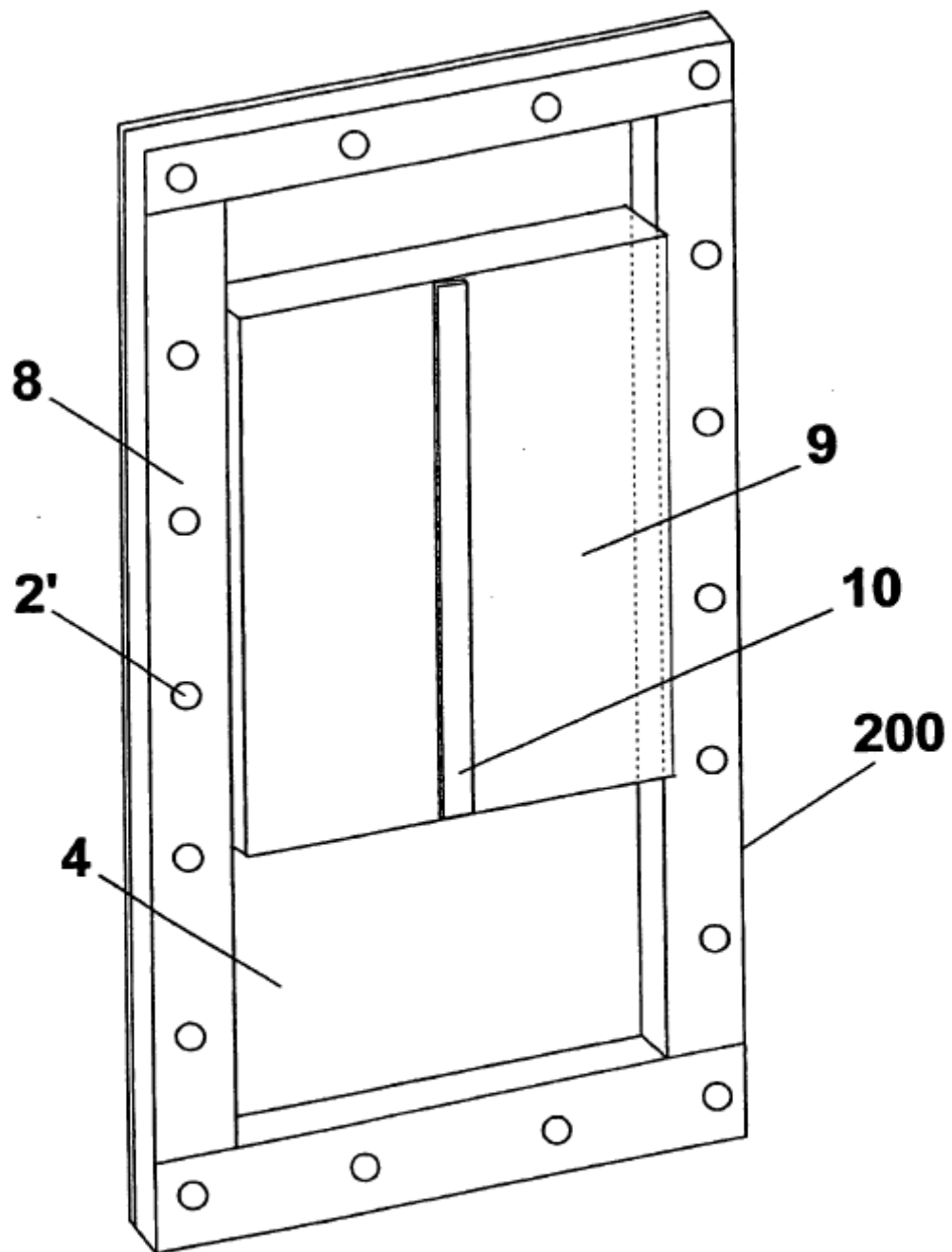


Fig.3

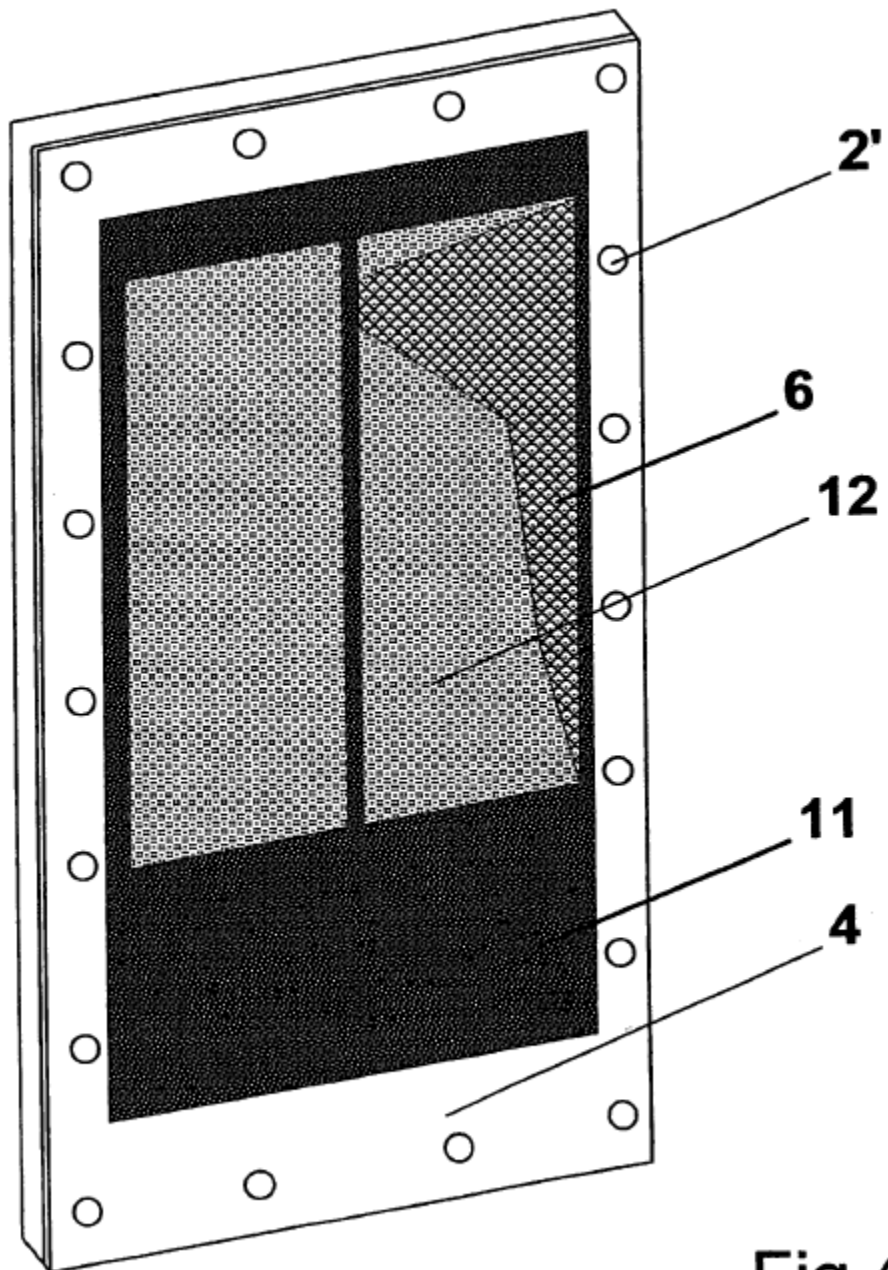


Fig.4

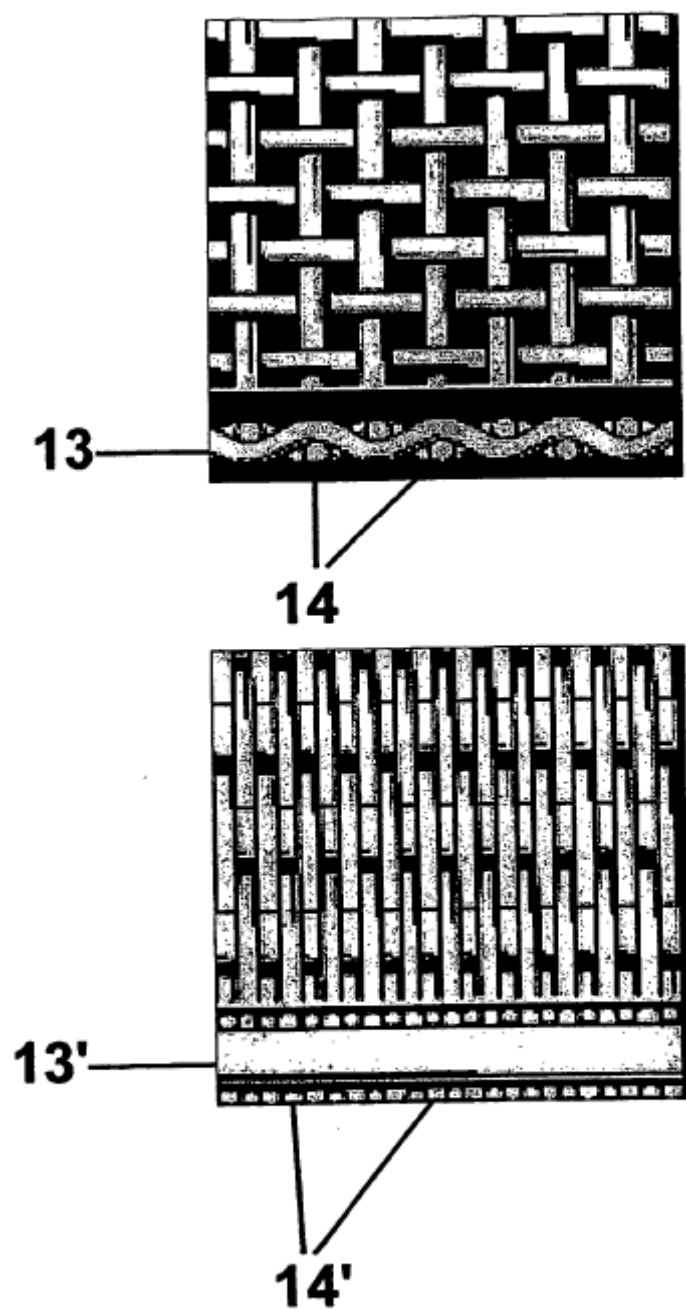
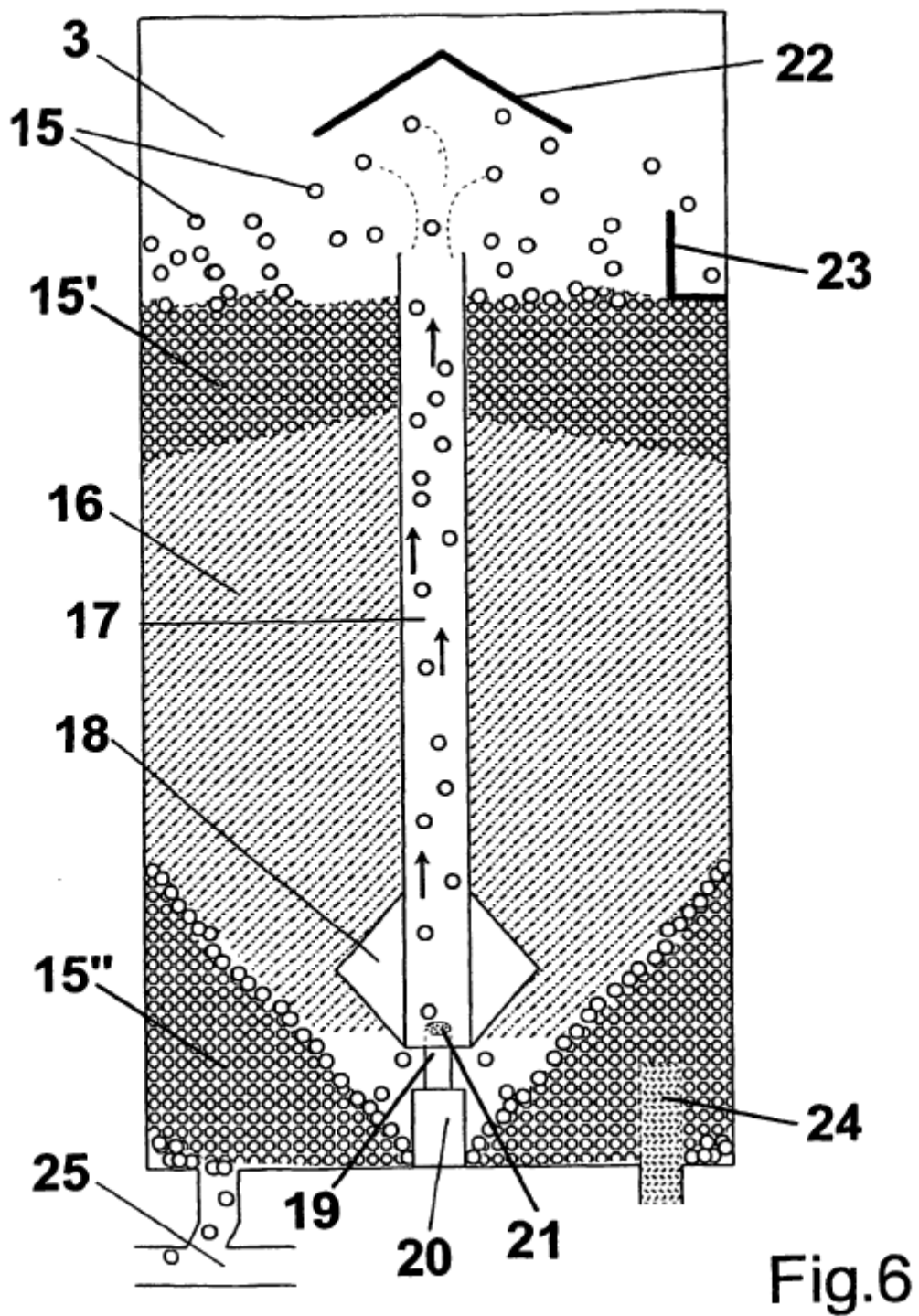


Fig.5



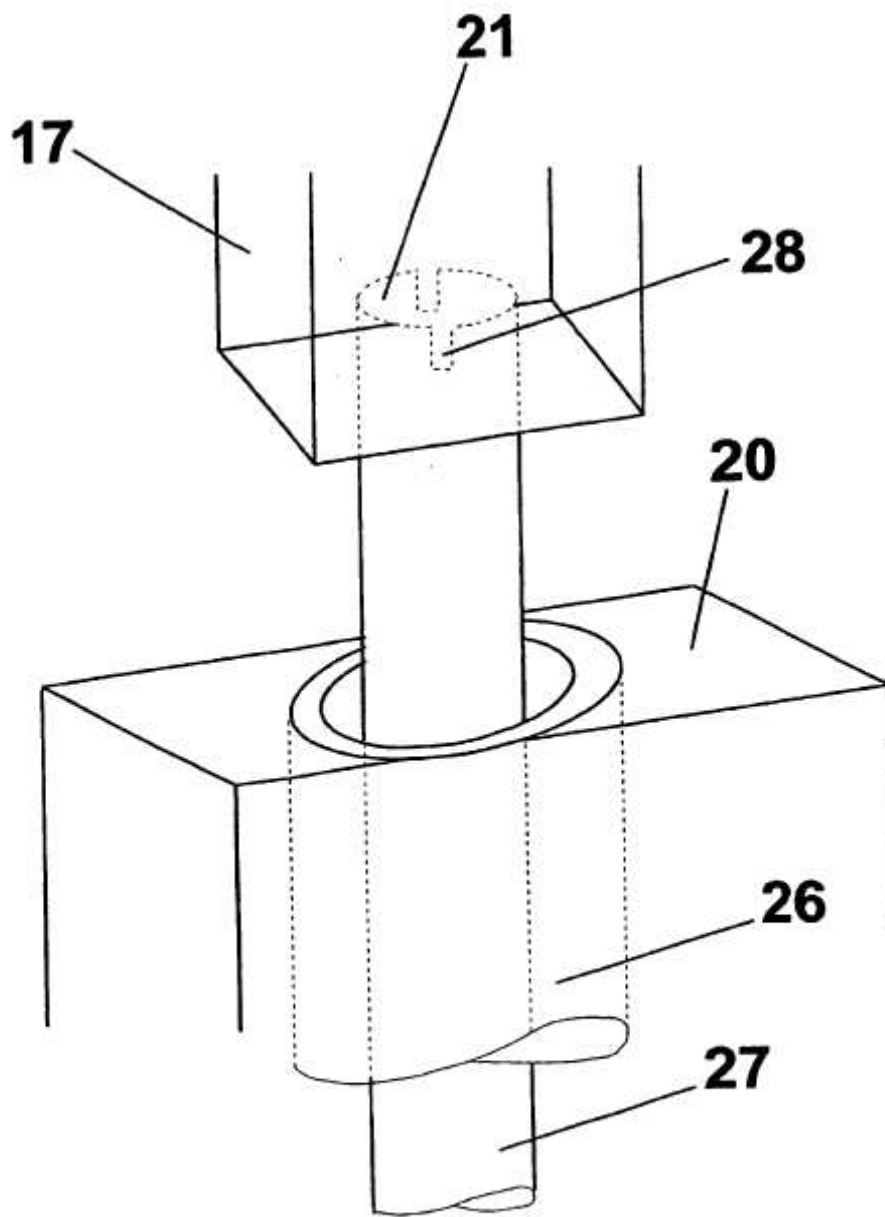


Fig.7

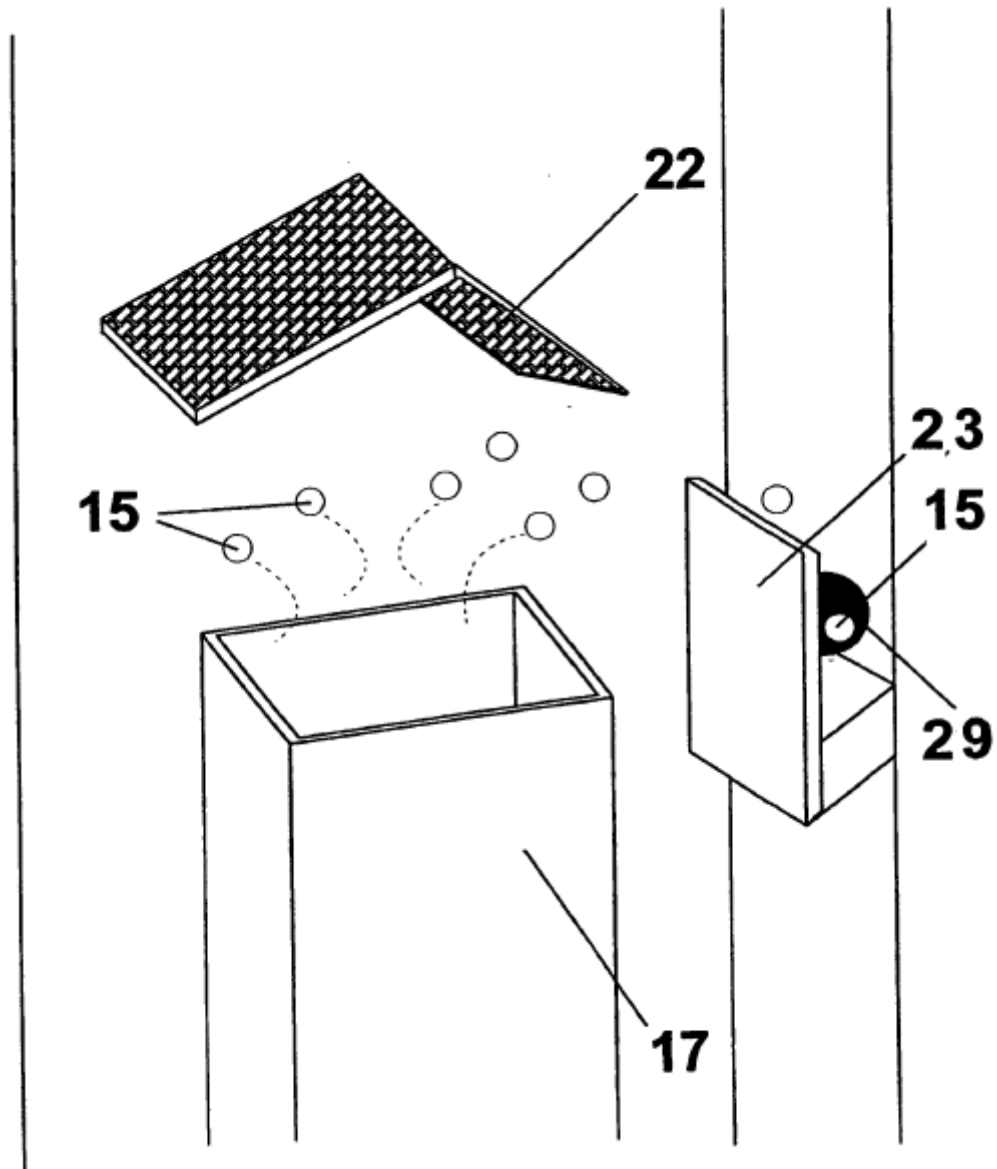


Fig.8

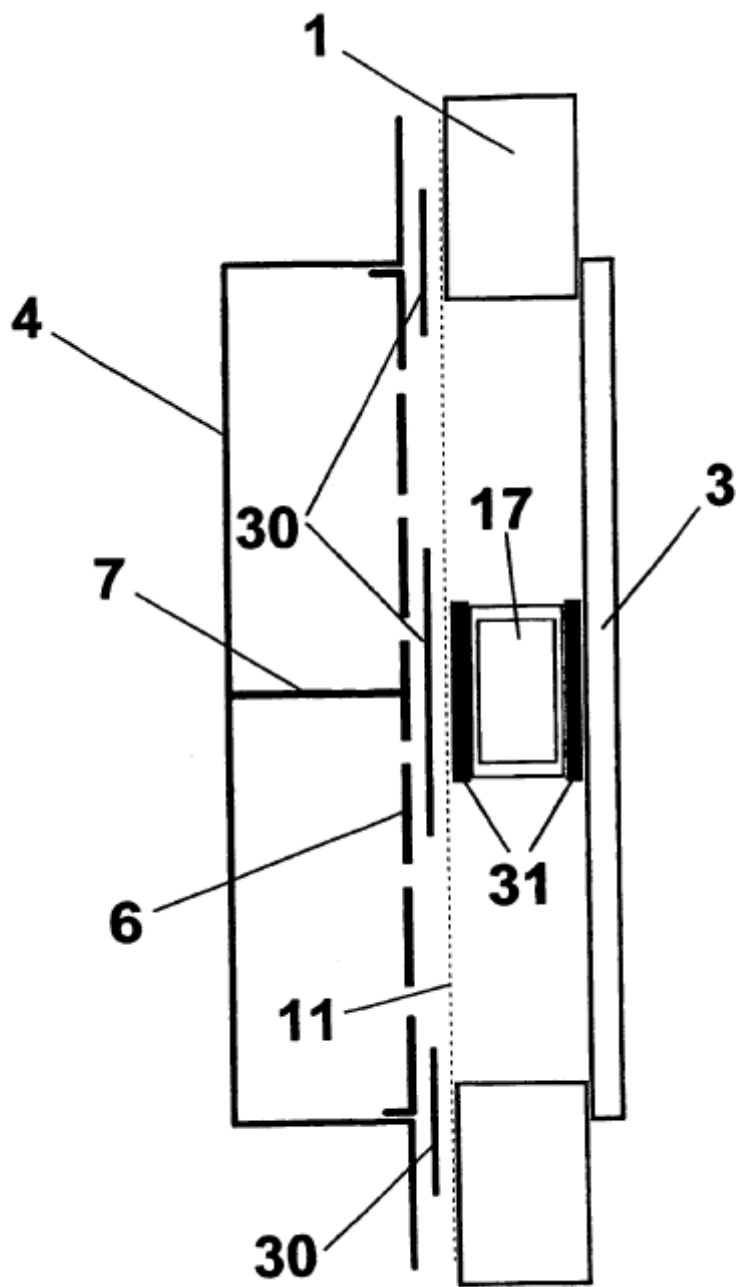


Fig.9

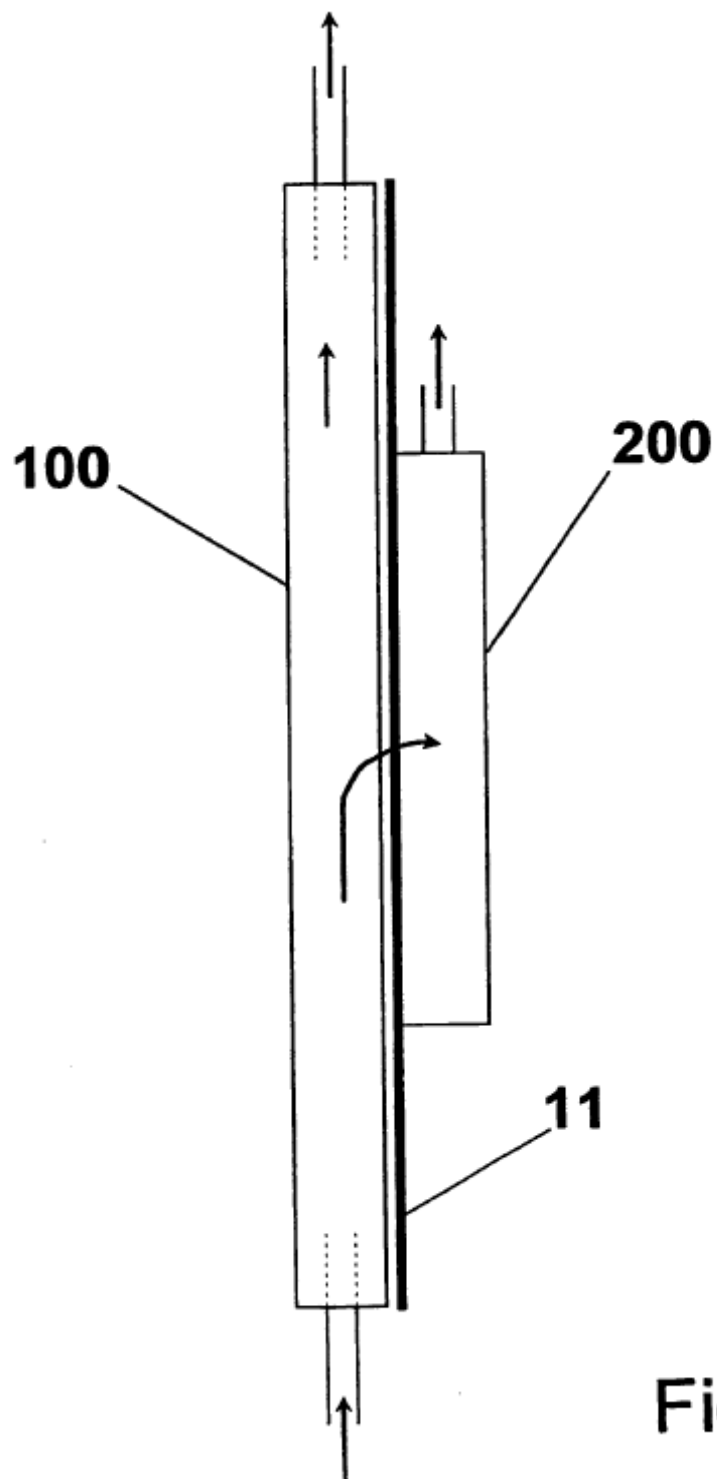


Fig.10