



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 035**

51 Int. Cl.:  
**B01D 61/46** (2006.01)  
**B01D 71/02** (2006.01)  
**B01J 47/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01963610 .9**  
96 Fecha de presentación : **03.07.2001**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1311338**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.05.2003**

54 Título: **Filtro o elemento filtrante para electrodiálisis modificada (MED).**

30 Prioridad: **03.07.2000 NO 20003436**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**31.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**31.05.2011**

73 Titular/es: **Bernt Thorstensen**  
**Tennisveien 35**  
**0386 Oslo, NO**

72 Inventor/es: **Thorstensen, Bernt**

74 Agente: **Trullols Durán, María del Carmen**

ES 2 360 035 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**

Filtro o elemento filtrante para electrodiálisis modificada (MED).

5 La presente invención se refiere a un filtro adecuado para la electrodiálisis modificada, en particular para la purificación o la desmineralización de líquidos en lo que se refiere a impurezas en forma de iones o de complejos iónicos de metales pesados o metales nobles. La presente invención comprende asimismo un procedimiento de realización de dicho filtro. La presente invención se refiere además a la utilización de dicho filtro.

**10 Antecedentes**

Los metales pesados representan unos residuos problemáticos para diversos tipos de industrias con unas concentraciones que a menudo son inaceptablemente elevadas. La toxicidad de muchos de dichos elementos es muy alta y la tendencia a contaminar el medio ambiente constituye una gran preocupación.

15 Los metales pesados en general representan un problema medioambiental especial ya que los elementos no se pueden destruir sino que se han de aislar o reducir a su estado original elemental.

20 Desde un punto de vista histórico, los residuos que contienen metales pesados se han tratado principalmente químicamente obteniéndose un lodo que contiene grupos hidroxilo o sulfuro y que se tiene que depositar. Dichas soluciones en el “punto de descarga” requieren grandes cantidades de agua y productos químicos, y por lo tanto originan nuevos problemas medioambientales. Entre los grandes productores de este tipo de residuos se encuentran las industrias de procesamiento de minerales y las industrias de procesamiento de metales (galvanización, recubrimiento, revestimiento).

25 Dichos depósitos de residuos representan un problema cada vez mayor en la sociedad actual; es por ello que las autoridades de la mayoría de países industrializados han impuesto restricciones y disposiciones legales para emisiones y depósitos de este tipo de residuos. Los países europeos, encabezados por la Unión Europea, han introducido últimamente unos nuevos límites de emisión de metales pesados en aguas residuales industriales. Estos límites PARCOM -con los límites estadounidenses correspondientes- conformarán los futuros límites de emisión en lo que se refiere a las emisiones industriales de metales pesados.

30 Debido al aumento de los costes relacionados con el depósito de lodos de residuos industriales, existe un interés creciente en la industria para encontrar nuevas soluciones para la recuperación y el reciclaje de metales pesados en los procesos industriales. Ello reducirá los costes de manipulación y depósito de los residuos y de los complejos metal/metal del proceso. Además, se reduce el volumen de depósitos.

35 Se produce una situación semejante en el caso de los metales preciosos. Debido al elevado valor económico de dichos metales, resulta rentable extraer cantidades pequeñas de metales que se encuentran en el procesamiento y el enjuague de aguas.

40 Asimismo, en el caso de las aguas ultrapuras utilizadas en productos y procesamientos en diversas industrias (por ejemplo: la industria de los semiconductores, la industria farmacéutica, otras industrias y servicios médicos y sanitarios), se han de retirar los iones de las corrientes de aguas residuales.

45 Para las aguas residuales industriales de “punto de descarga” soluciones siguen siendo los predominantes. Dichas soluciones adolecen de, entre otros, los siguientes inconvenientes:

- 50 - un consumo elevado de agua,
- un consumo elevado de productos químicos,
- la pérdida de metales costosos y otros productos químicos,
- 55 - la producción de grandes cantidades de lodos tóxicos desde el punto de vista medioambiental,
- un transporte y una eliminación costosos de los lodos.

60 Los procedimientos alternativos para la purificación de aguas residuales que contienen iones metálicos son: la evaporación, la ósmosis inversa (RO), la electrodiálisis (ED), de intercambio iónico (IE) y la electrolisis. Estos son todos los procedimientos implantados, pero ninguno de ellos satisface los límites PARCOM.

65 La electrodiálisis modificada (MED) es una combinación de la ED y el IE. El procedimiento utiliza, en principio, el equipo de electrodiálisis, con una disposición alternativa de las membranas de aniones y cationes. El intercambiador de iones se aloja entre un conjunto específico de dichas membranas y puede ser el responsable de la selectividad del procedimiento y de la capacidad para tratar líquidos muy diluidos. Ello se describirá en detalle a continuación, haciendo referencia a la Figura 1.

## ES 2 360 035 T3

El MED es un nuevo procedimiento para una recuperación y eliminación continuas y selectivas de iones metálicos de las aguas residuales, capaz de satisfacer los límites PARCOM.

5 Se utiliza un procedimiento similar en la purificación del agua a utilizar como aguas residuales con requisitos extremos de pureza y falta de iones de cualquier tipo (por ejemplo: la industria de los semiconductores, la industria farmacéutica, otras industrias y servicios médicos y sanitarios). En las publicaciones, dicho procedimiento no selectivo se denomina EDI (electrodesionización) o CEDI (EDI continua).

10 Desde un punto de vista histórico, el concepto de EDI/CEDI es relativamente antiguo. Los primeros informes y patentes se remontan a mediados de los años 1950 cuando se desarrolló el procedimiento a fin de purificar de elementos radiactivos las aguas residuales de las plantas nucleares. Las primeras patentes están registradas a nombre de P. Kollsman (patente US n.º 2.815.320), R. G. Pearson (patente US n.º 2.794.777), T. R. E. Kressman (patente US n.º 2.923.674) y E. J. Parsi (patente US n.º 3.149.061).

15 En la década de 1970, se reinventó el procedimiento de IDE/CEDI con el objetivo de producir agua ultrapura y de purificar el agua potable. A mediados de los años 1980 se comercializaron las primeras unidades comerciales CEDI, principalmente de Millipore, véase la patente US n.º 4.632.745.

20 Los equipos de CEDI actuales utilizan intercambiadores de iones en lecho mixto o en lecho simple alojados en una combinación de membranas aniónicas y/o catiónicas, véase, por ejemplo: el documento WO 98/11987. Asimismo, se ha publicado la utilización de membranas bipolares, véanse la patente US n.º 4.871.431 y la patente US n.º 4.969.983.

25 Algo común a los distintos conceptos de CEDI es que las células activas se realicen mediante una pluralidad de componentes separados, que introduce una mezcla de elementos orgánicos e inorgánicos de resistencia, propiedades ante el desgaste y estabilidad variables, véase por ejemplo: el documento WO 95/29005. Los parámetros importantes para la realización de la célula -además de una baja resistencia eléctrica- son mecánicos, térmicos y de estabilidad química, y todos ellos han de ser elevados. Por consiguiente, la realización de compartimentos para los flujos de líquido (tanto los flujos diluidos como los concentrados) es importante. En general se utilizan soportes y/o separadores a fin de satisfacer unas especificaciones geométricas muy estrictas necesarias para garantizar unos patrones de flujo homogéneos y una baja resistencia eléctrica. Ello se describe en diversas patentes, tanto en lo que respecta a los sistemas de disolución, véase por ejemplo: los documentos WO 97/25147, EP 853.972 y la patente US n.º 5.681.438, y con respecto a los soportes y los separadores, véase por ejemplo: el documento EP 645.176 y la patente US n.º 4.804.451. La patente US n.º 5.110.784 se refiere a un material poroso sililado que presenta una superficie doble y un procedimiento para su preparación. Un ejemplo de dicho material es un gel de sílice que se ha hecho reaccionar con 1,1,1-trifluoropropildimetilsilil-N-metilacetamida y, a continuación, con N-trimetilsilil-N-metilacetamida para proporcionar un material con un tratamiento doble que presenta grupos 1,1,1-trifluoropropildimetilsililo en la superficie exterior y grupos trimetilsililo en la superficie interior porosa.

### Objetivo

40 Constituye un objetivo de la presente invención proporcionar un filtro o elemento filtrante uniforme, mecánicamente resistente y mecánica, térmica y químicamente estable aptos para eliminar de los líquidos los iones o complejos de iones de metales pesados o preciosos.

45 Constituye asimismo un objetivo de la presente invención proporcionar un filtro o elemento filtrante en el que el patrón del flujo del líquido sea suficientemente homogéneo y abierto (permeable).

50 Constituye un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un procedimiento para la realización de un filtro o elemento filtrante, en el que los costes de producción se encuentren dentro de unos límites aceptables y competitivos.

### La invención

55 Los objetivos mencionados anteriormente se alcanzan mediante el filtro según la presente invención, que constituye un nuevo elemento filtrante para sistemas de MED (entre ellos los EDI/CEDI) actuando como sustituto homogéneo y simple para los compartimentos de dilución, concentración y/o de electrodos, comprendiendo la combinación del intercambiador de iones específico con el recipiente, el soporte, el separador y las membranas aniónicas/catiónicas. El filtro según la presente invención se define en la reivindicación 1 adjunta. Las características adicionales y preferidas se definen en las reivindicaciones 2 a 6.

60 La presente invención se refiere asimismo a un procedimiento para la fabricación de un filtro o elemento filtrante, según la reivindicación 8 adjunta. Las características adicionales y preferidas del procedimiento se definen en las reivindicaciones 8 a 12.

65 Por último, la presente invención se refiere a la utilización de un filtro o filtro de elemento, según la reivindicación 13.

## ES 2 360 035 T3

Los productos cerámicos preliminares se realizan actualmente preparando en primer lugar una masa o pasta compuesta de: un 40-60% de polvo cerámico, un 2-10% de aglutinante, un 2-10% de reblandecedor, un 1-2% de dispersante y un 40-60% de disolvente. Dicha masa o pasta se puede conformar plásticamente en los productos o cuerpos (“cuerpos verdes”<sup>1</sup>) tanto continuamente mediante moldeo con cinta, extrusión o calandrado como individualmente mediante moldeo, prensado o forjado, preferentemente de tal modo que la forma geométrica y conformación se definan con precisión. A continuación se sinterizan o cuecen a temperaturas elevadas los “cuerpos verdes”. Durante dicho procedimiento de sinterización todos los componentes orgánicos se desintegran, dejando únicamente un producto final totalmente cerámico.

<sup>1</sup>“Verde” se utiliza en el presente contexto como: tierno, inmaduro, en el sentido de que el procedimiento de producción no se ha terminado o completado. En la siguiente descripción “verde” significa sin cocer.

Los elementos filtrantes realizados mediante el presente procedimiento pueden presentar una forma geométrica arbitraria, que varía desde círculos, elipses, cuadrados, rectángulos etc., muy regulares hasta las formas libres muy irregulares.

A continuación se describiré en detalle la presente invención, comprendiendo ejemplos que hacen referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la figura 1 representa una vista principal de un diseño normal de un sistema de electrodiálisis modificada (MED) según la tecnología conocida,

la figura 2 representa una vista en sección de un elemento filtrante según la presente invención,

la figura 3 representa una vista en sección de un filtro según la presente invención, comprendiendo el elemento filtrante de la figura 2 cubierto por membranas aniónicas/catiónicas (si resulta necesario, comprendiendo: capas membranosas finas, cerámicas, porosas con grupos selectivos de iones) en dos de las superficies del elemento filtrante, y

la figura 4 representa una vista en sección de un filtro que comprende un tipo de canales interiores de drenaje.

La figura 1 representa el diseño de un sistema de electrodiálisis modificada (MED), que se trata de una tecnología heredada de la electrodiálisis (ED), en la que unas membranas aniónicas y catiónicas alternas constituyen unos compartimentos o cámaras para los distintos flujos de líquido. En la figura 1 dichos compartimentos se indican con una C para concentrar, una D para diluir (o limpiar líquidos) y una E para el electrodo. Además, la referencia numérica 1 indica el flujo de alimentación (o dilución) de entrada, la 2 la dilución de salida, la 3 la concentración de entrada, la 4 la concentración de salida, mientras que las 5 y 6 indican los electrodos. El flujo de alimentación a limpiar (diluir) 1, se alimenta hacia los compartimentos de dilución D. Durante el paso a través de los compartimentos de dilución D, el campo eléctrico,  $\epsilon$ , conducirá los aniones y los cationes cargados del flujo de alimentación en direcciones opuestas saliendo de los compartimentos de dilución D a través de las membranas aniónicas y catiónicas respectivamente. Las membranas aniónicas evitan que los cationes se desplacen desde los compartimentos de concentración hacia los compartimentos de dilución contiguos y, de un modo similar, la membrana catiónica evita que los aniones se desplacen desde los compartimentos de concentración hacia los compartimentos de dilución contiguos. De este modo funciona la ED sin utilizar un intercambiador de iones. En el caso de concentraciones muy bajas de impurezas (iones), la función y la eficiencia del proceso de ED son muy reducidas. Ello se debe a la baja conductividad del líquido a concentraciones bajas de iones. A fin de solucionar dicho problema la tecnología de MED introduce intercambiadores de iones en los compartimentos de dilución D, alternativamente asimismo en los compartimentos de concentración C. El intercambiador de iones, absorberá/extraerá a continuación los iones metálicos disponibles, lo que aumentará la densidad de carga en los compartimentos de dilución (y de concentración) y, suponiendo que los iones absorbidos son lo suficientemente móviles, el campo eléctrico seguirá pudiendo conducir efectivamente los iones con carga fuera de los compartimentos de dilución a través de las membranas aniónicas y catiónicas. Sin el intercambiador de iones, la eficiencia del procedimiento se verá muy reducida y los costes y el consumo energético aumentará considerablemente.

La figura 2 representa una vista en sección del elemento filtrante de la presente invención, mostrando un núcleo homogéneo (k) que constituye el elemento filtrante en forma de sustrato realizado de un material poroso, cerámico y no conductor con poros grandes. El tamaño preferido de dichos poros es por lo menos de  $1 \mu\text{m}$  a fin de reducir la restricción del flujo en lo que se refiere a la circulación del líquido. A representa el flujo de alimentación (por ejemplo, diluido), y  $B_1$  y  $B_2$  son los flujos de aniones y cationes que se conducen fuera del compartimento de dilución mediante el campo eléctrico,  $\epsilon$ . Dicho elemento filtrante simple constituye la estructura del compartimento de dilución, el compartimento de concentración y el compartimento del electrodo, respectivamente, y garantiza las propiedades mecánicas y químicas. El elemento filtrante presenta unas propiedades funcionales similares al intercambiador de iones utilizado en los sistemas convencionales de CEDI. Ello se alcanza mediante incorporando los grupos funcionales preferidos en la superficie interior completa del elemento filtrante cerámico. Los grupos incorporados pueden ser selectivos con respecto a iones metálicos específicos o no. El elemento filtrante descrito en la figura 2 no limitará, sin embargo, los flujos de líquido, pero será susceptible de fugas a través de la superficie exterior del elemento. Por lo tanto, dicho elemento únicamente puede actuar excepcionalmente como filtro completo.

## ES 2 360 035 T3

El grosor normal del elemento filtrante se encuentra comprendido entre 1 y 10 mm, en función de las exigencias mecánicas y funcionales del elemento. Para las aplicaciones en lecho mixto (se incorporan ambos grupos aniónicos y catiónicos en el mismo elemento) se ha de limitar el espesor debido a las propiedades de transporte. Sin embargo, en el caso de las aplicaciones lecho simple (se incorpora únicamente un tipo de grupo activo en el mismo elemento) el espesor puede ser preferiblemente elevado a fin de aumentar la capacidad y reducir la velocidad del flujo.

A fin de “cerrar” una o más de las superficies exteriores del elemento filtrante de la figura 2, se puede aplicar membranas de naturaleza aniónica, catiónica o bipolar a dichas superficies tal como se describirá a continuación. En dichos casos, se prefiere un tamaño de poro reducido próximo a la superficie exterior del elemento. Ello se puede realizar aplicando una o más capa(s) de membrana fina cerámica con el tamaño de poro pretendido. Los procedimientos para aplicar dichas capas pueden ser: moldeo con cinta, pulverización, moldeo en barbotina, serigrafía, revestimiento en gel, revestimiento en sol y gel. Tras secar, las capas aplicadas se sinterizan a temperaturas elevadas, produciendo capas de membrana porosa completamente cerámica.

Los grupos moleculares funcionales seleccionados (por ejemplo: selectivos de iones) se incorporan a continuación a la superficie interior completa del elemento filtrante (con o sin capas de membrana exterior cerámica). La elección de los grupos funcionales depende del(de los) elemento(s) que se elimina(n) del flujo de líquido. Dos grupos activos y no selectivos comunes son los complejos de sulfonato y de amonio. Sin embargo, la oferta comercial (selectividad baja y elevada, fuerte y débil) de grupos y complejos de naturaleza orgánica e inorgánica es grande, y todos estos grupos, en principio, se pueden aplicar. Dependiendo de la estructura real del grupo activo, se pueden incorporar directamente sobre la superficie interior del elemento filtrante mediante procedimientos químicos, físicos o fisicoquímicos, o indirectamente con la ayuda de reactivos de enlace. Dichos reactivos de enlace son grupos moleculares orgánicos o inorgánicos que comprenden preferentemente silicio, titanio, fósforo, boro, azufre o nitrógeno, y pueden ser por ejemplo silanos, titanatos, fosfatos u otros. El objetivo del reactivo de enlace es crear un enlace fuerte y estable con la superficie interior del elemento filtrante cerámico. En casos especiales, se pueden aplicar asimismo radiaciones, por ejemplo: rayos UV, X, partículas  $\gamma$  o radiaciones de partículas elementales, a fin de mejorar el enlace.

Cuando el material de elemento filtrante es alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), se conoce que dicho material presenta grupos elementales OH enlazados con la superficie:

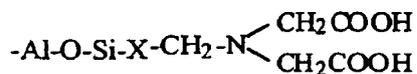


A veces la superficie de alúmina se ha de activar. El propósito de dicha activación es crear el máximo número de grupos OH en la superficie.

Si el reactivo de enlace es un silano ( $\text{R}_{(1)}-\text{Si}-\text{R}_{(2)}$ ), uno de los grupos ( $\text{R}_{(1)}$ ) del silano reaccionará con uno o más grupos OH de la superficie de alúmina como por ejemplo  $\text{H}_n\text{R}_{(1)}$  dejando, en principio, el siguiente enlace para la superficie de alúmina:



El otro grupo silano ( $\text{R}_{(2)}$ ), se puede utilizar a continuación como reactivo de enlace para el grupo activo, por ejemplo, ácido iminodiacético (IDA), en el que X es un producto de la reacción:



Dicha incorporación de los grupos activos y funcionales en toda la superficie interior del elemento filtrante se puede realizar con una densidad suficiente de grupos funcionales (del orden de 1 meq/ml) en comparación con la mayoría de las resinas convencionales de intercambio de iones. El procedimiento de aplicación de los grupos puede ser el depósito de la fase gaseosa, de la fase líquida, o una reacción de estado sólido.

La figura 3 representa un corte a través del elemento filtrante según la presente invención, que comprende un núcleo homogéneo (k) que constituye el elemento filtrante en forma de sustrato realizado de un material poroso, cerámico y no conductor con poros grandes, con capas finas (1) en dos de los lados exteriores del elemento compuesto por membranas porosas cerámicas con poros finos. En toda la superficie interior de dicho filtro o elemento filtrante se incorporan grupos químicos funcionales activos. En las capas exteriores (1) se pueden incorporar asimismo membranas aniónicas, catiónicas o bipolares. Ello se puede realizar mediante la incorporación de grupos simples, tal como se ha descrito anteriormente, o aplicando grupos monoméricos que se polimerizan en la superficie. En casos especiales, se pueden utilizar radiaciones, por ejemplo: radiaciones por rayos UV, rayos X, partículas  $\gamma$  o elementales a fin de completar la polimerización. Con una distribución de tamaño de poro adecuada para las capas membranosas cerámicas exteriores, dichos grupos incorporados o aplicados podrán cerrar los poros y comportarse como membranas aniónicas, catiónicas o bipolares densas. El tamaño de poro preferido para la capa membranosas cerámica exterior (1) es inferior a  $1 \mu\text{m}$ , de tal modo que las membranas aniónicas, catiónicas o bipolares aplicadas no han de penetrar con demasiada

## ES 2 360 035 T3

profundidad en la estructura, sin que se formen, por lo tanto, membranas apretadas. De este modo, el filtro o elemento filtrante según la presente invención sustituirá toda la estructura del compartimento de dilución, de concentración y/o del electrodo en un sistema de MED (EDI/CEDI) convencional con un filtro funcional cerámico simple.

5 El elemento filtrante (k) y las capas de la membrana (l) se pueden realizar, en principio, mediante cualquier tipo de material cerámico. Sin embargo, basándose en su disponibilidad, precio y propiedades, los materiales cerámicos preferidos son  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $SiO_2$  o combinaciones, mezclas o fases derivadas de los mismos.

10 La figura 4 representa un corte a través de un filtro con un tipo de canales internos de drenaje. La introducción de distintos canales de drenaje puede mejorar el paso del flujo a través del elemento filtrante y, por lo tanto, reducir la resistencia al flujo del líquido que pasa a través del elemento. Ello se puede realizar durante el proceso de fabricación cuando los elementos filtrantes se encuentran en el estado "verde" con medios simplemente mecánicos o incorporando plantillas orgánicas en los "cuerpos verdes" que se desintegran durante el ciclo de sinterización. La utilización de dichos canales de drenaje representa en muchos casos la forma de realización preferida de la presente invención. Si la  
15 aplicación lo requiere, los canales de drenaje pueden ser suficientemente grandes de tal modo que el elemento filtrante se puede dividir en dos o más partes separadas.

Aunque la presente invención se ilustra mediante referencias a los dibujos adjuntos, se ha de comprender que la presente invención se puede modificar de distintos modos sin apartarse del ámbito de aplicación general de la presente  
20 invención. La presente invención está únicamente limitada por las reivindicaciones.

Por ejemplo, las capas de la membrana (l) se representan únicamente en dos lados del elemento filtrante en las ilustraciones, mientras que algunas aplicaciones pueden requerir capas membranosas en tres o cuatro lados, o simplemente en un lado. En otras aplicaciones la capa membranosa puede constituir únicamente una membrana cerámica  
25 porosa sin membranas aniónicas, catiónicas o bipolares integradas.

Existen asimismo aplicaciones en las que dichas capas no son necesarias, en cuyo caso el elemento filtrante (k) constituye el filtro completo.

30 Otras membranas selectivas de iones inorgánicos o cerámicos están documentadas y patentadas. Todas ellas son, sin embargo membranas catiónicas que constituyen membranas de lámina fina, véase por ejemplo: Ikeshoji (JP 1-47.403) y Oya (JP 4-135645), o membranas compuestas (soportadas), véase por ejemplo: Bray (WO 96/10453), Kashiwada (patente US n.º 5.087.345), Horie (JP 3-232.521) y Hying (n.º 2000 0437). Dichas membranas pueden actuar como membranas aniónicas y catiónica mejoradas en sistemas de MED convencionales, pero no pueden sustituir el filtro o  
35 elemento filtrante con lámina espesa completa, multifuncional y uniforme de la presente invención.

Los sistemas de filtro más prácticos consistirán en una pluralidad de filtros o elementos filtrantes simples apilados en línea, tal como se indica en la figura 1. El presente filtro funcional puede tanto sustituir únicamente el compartimento de dilución como ambos compartimentos de dilución y concentración y, si es necesario, también el compartimento del electrodo. Habitualmente resultará ventajoso disponer los filtros en un soporte o casete de algún tipo, a fin de mantener las vías de circulación cerradas y sin fugas, y asimismo para evitar que el filtro o elemento filtrante quede expuesto a tensiones o interacciones externas no pretendidas.  
40

Resulta posible asimismo utilizar los filtros con una forma que se aparte de los representados con una forma geométrica rectangular y un espesor constante, incluso si éstos y los filtros circulares constituyen las formas geométricas más prácticas, tanto en lo que se refiere a su fabricación como a su utilización.  
45

Las ventajas más notables del nuevo filtro cerámico según la presente invención son que:

50 i) constituye un compartimento bien definido de dilución/concentración/electrodo con unas propiedades geométricamente estables que no se cambiarán ni reestructurarán por impactos mecánicos, eléctricos o químicos,

ii) que puede alojar una densidad elevada de grupos funcionales activos en el núcleo del filtro,

55 iii) funciona como soporte (y separador) para las membranas aniónicas, catiónicas y/o bipolares,

iv) presenta unas buenas propiedades de enlace entre el elemento del núcleo y las membranas aniónicas, catiónicas y/o bipolares exteriores, y

60 v) las posibilidades de variaciones y combinaciones son amplias.

### Referencias citadas en la descripción

65 La presente lista de referencias citadas por el solicitante se presenta únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de patente europea. Aunque la recopilación de las referencias se ha realizado muy cuidadosamente, no se pueden descartar errores u omisiones y la Oficina Europea de Patentes declina toda responsabilidad en este sentido.

## ES 2 360 035 T3

### Documentos de patente citados en la descripción

- US 2815320 A, P. Kollsman [0014]
  - US 2794777 A, R. G Pearson [0014]
  - US 2923674 A, T. R E. Kressman [0014]
  - US 3149061 A, E. J. Parsi [0014]
  - US 4632745 A, Millipore [0015]
  - WO 9811987 A [0016]
  - US 4671431 A [0016]
  - US 4969983 A [0016]
  - WO 9529005 A [0017]
  - WO 9725147 A [0017]
  - EP 853972 A [0017]
  - US 5681438 A [0017]
  - EP 645176 A [0017]
  - US 4804451 A [0017]
  - US 5110784 A [0017]
  - JP 1047403 A, Ikeshoji [0043]
  - JP 4135645 A, Oya [0043]
  - WO 9610453 A, Bray [0043]
  - US 5087345 A, Kashiwada [0043]
  - JP 3232521 A, Horie [0043]
  - NO 20000437, Hying [0043]
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

## REIVINDICACIONES

5 1. Filtro de electrodiálisis modificada (MED), **caracterizado** porque el filtro comprende un material del núcleo poroso, cerámico, homogéneo sustancialmente uniforme con un elemento simple, con grupos funcionales selectivos de iones incorporados en la superficie interior porosa del cuerpo del núcleo cerámico, en el que dicho material del núcleo se realiza de un material cerámico no conductor y en el que una o más de las superficies exteriores del núcleo filtrante se cubren completa o parcialmente mediante membranas aniónicas, catiónicas o bipolares.

10 2. Filtro según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha membrana comprende una capa membranosa porosa cerámica con un tamaño de poro inferior a  $1\ \mu\text{m}$ .

15 3. Filtro filtrante según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2 **caracterizado** porque dicho cuerpo del núcleo cerámico comprende materiales cerámicos seleccionados de entre el grupo de óxidos de materiales cerámicos tales como  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ , o combinaciones, mezclas o fases derivadas de los mismos.

20 4. Filtro según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el material cerámico se aparta de la estructura uniforme mediante la incorporación de unos canales de drenaje en zonas específicas y con una orientación específica.

25 5. Filtro según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el material cerámico presenta unos poros de un tamaño superior a  $1\ \mu\text{m}$ .

30 6. Filtro según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el material cerámico presenta un espesor superior a 1 mm.

35 7. Procedimiento de realización de un filtro de electrodiálisis modificada (MED) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el filtro se realiza de un modo continuo mediante moldeo con cinta, extrusión, laminación o calandrado, o individualmente mediante moldeo, prensado o forjado, de una pasta que contiene un material cerámico no conductor, sinterizándose el cuerpo a continuación e incorporándose por último en el mismo grupos funcionales selectivos de iones para uno o más iones o grupos de iones específicos, en la superficie interior porosa del cuerpo cerámico, tras lo que se aplica una membrana aniónica, catiónica o bipolar completa o parcialmente a una o más de las superficies exteriores del núcleo filtrante.

40 8. Procedimiento de realización según la reivindicación 7, **caracterizado** porque dicha membrana es una capa membranosa fina, porosa, cerámica aplicada mediante moldeo con cinta, pulverización, moldeo en barbotina, serigrafía, revestimiento en gel, revestimiento en sol y gel mediante la aplicación de una pasta que comprende un material cerámico no conductor, sinterizándose el cuerpo a continuación e incorporándose por último en el mismo grupos funcionales preferentemente selectivos de iones para uno o más iones o grupos de iones específicos, en la superficie interior porosa de las capas membranosas finas porosas cerámicas aplicadas.

45 9. Procedimiento de realización según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado** porque la pasta aplicada de material cerámico no conductor, comprende óxidos de materiales cerámicos seleccionados de entre el grupo que comprende combinaciones, mezclas o fases derivadas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ .

50 10. Procedimiento de realización según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado** porque los reactivos de enlace o las radiaciones se utilizan para incorporar los grupos funcionales preferentemente selectivos de iones en la superficie interior del cuerpo cerámico.

55 11. Procedimiento de realización según la reivindicación 8, **caracterizado** porque los reactivos de enlace o las radiaciones se utilizan para fijar la capa fina continua de membranas aniónicas, catiónicas y/o bipolares a la superficie exterior del cuerpo cerámico.

60 12. Procedimiento de realización según cualquiera de las reivindicaciones 10 o 12, **caracterizado** porque los reactivos de enlace son grupos orgánicos o inorgánicos de moléculas que contienen Si, Ti, P, B, S o N.

65 13. Utilización un filtro de electrodiálisis modificada (MED), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, para filtrar iones o complejos de metales pesados o preciosos del agua, preferentemente agua residual y/o agua de tratamiento.

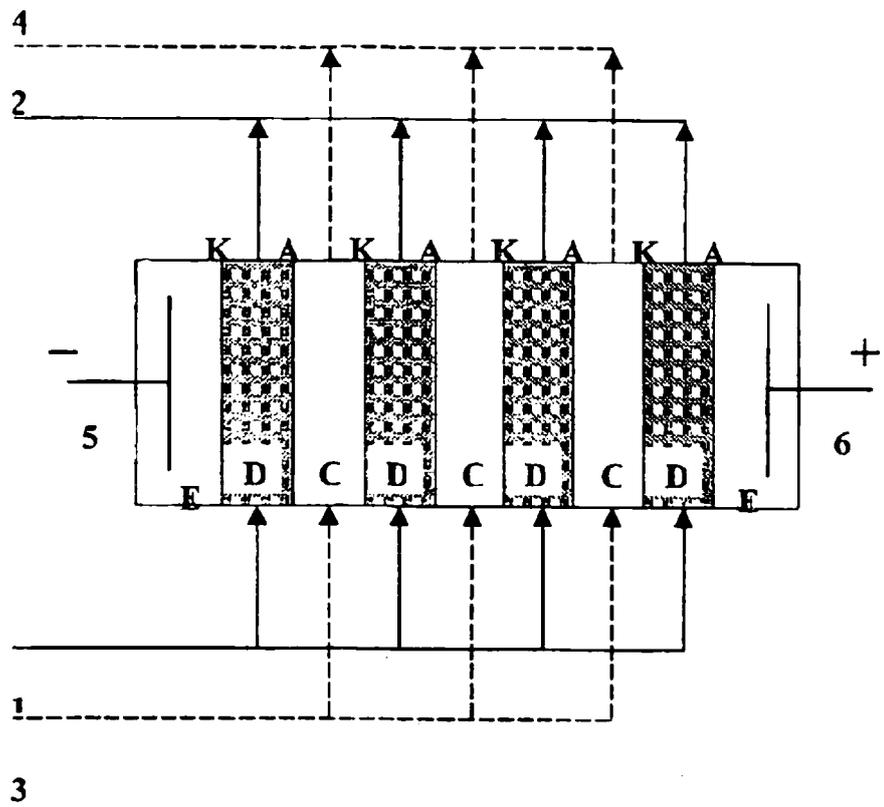


Figura 1

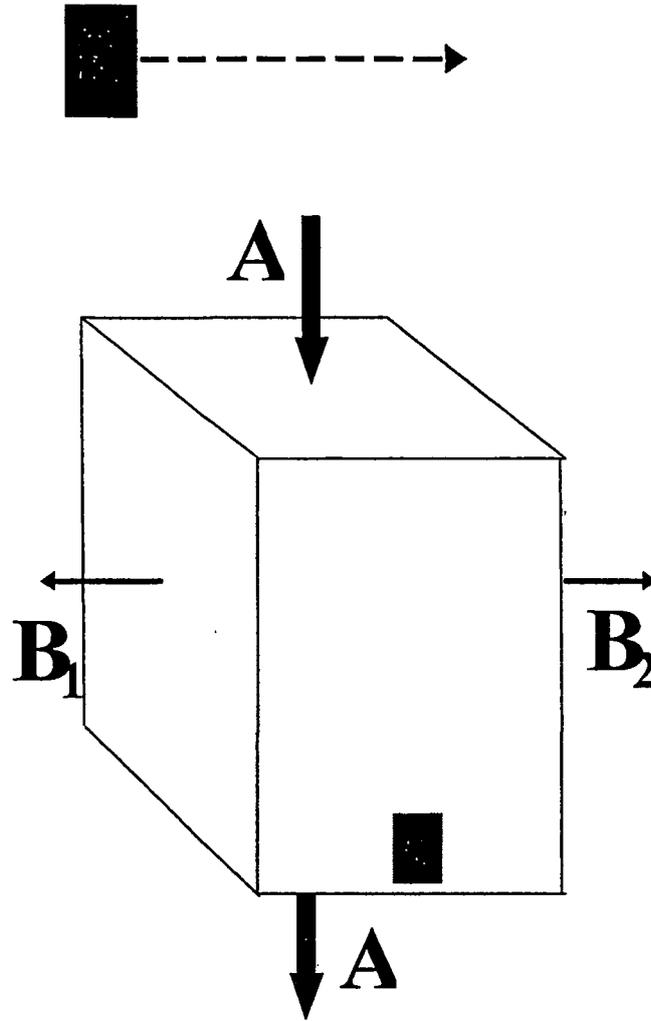


Figura 2

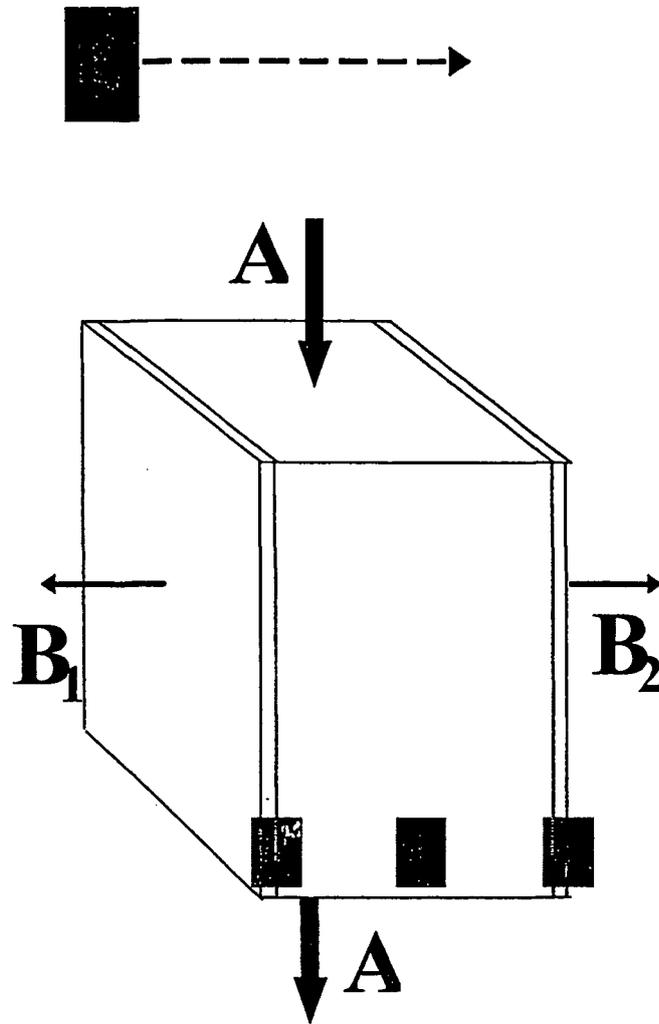


Figura 3

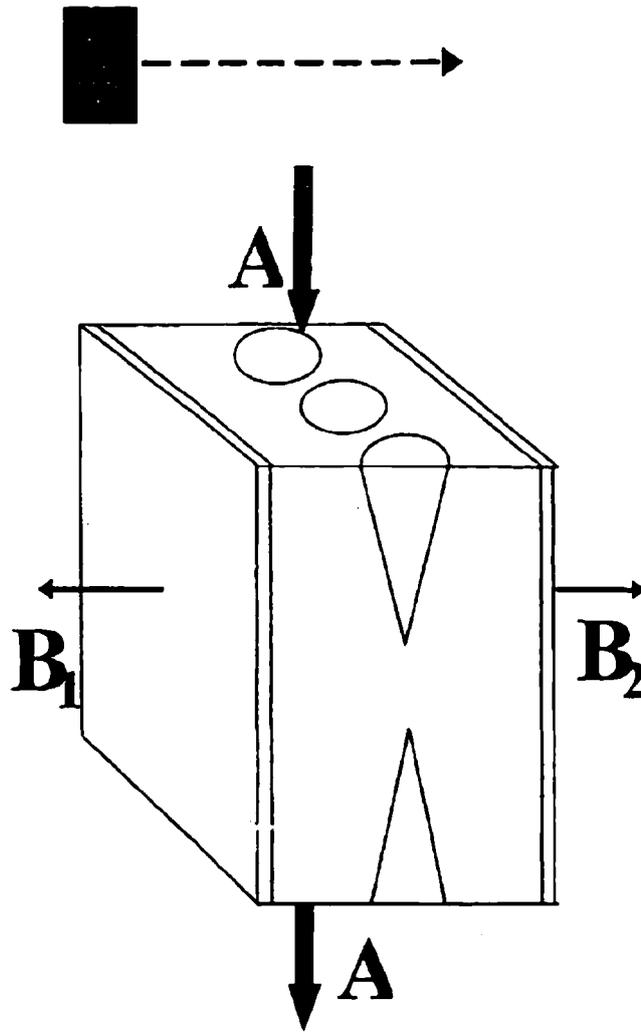


Figura 4