



Int. Cl. B01K 1/25c

PATENTE DE INVENCION

por 20 años

por "UN PROCESO ELECTROQUIMICO", a favor de PAREL SOCIETE ANONYME, de nacionalidad luxemburguesa, domiciliada en LUXEMBURGO (Gran Ducado de Luxemburgo) - 14, Rue Aldringen.

=====

MEMORIA DESCRIPTIVA

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente Patente de Invención se refiere a un proceso electroquímico y su correspondiente aparato y concierne a procesos electroquímicos y células electroquímicas que emplean electrodos de partículas.

- 5. En general, los procesos electroquímicos se pueden considerar como procesos catódicos o anódicos, dependiendo del electrodo en el que ocurre la reacción técnicamente importante. La mayor parte de los procesos catódicos se refieren a electrodeposición de metales o a reducción electrolítica de un constituyente del electrolito en presencia de hidrógeno formado en el cátodo; en el primer tipo de procedimiento catódicos se encuentra el revestimiento galvánico, el refinado por electrolisis y el aprovechamiento de metales por electrolisis y en este
- 10.



último caso se encuentra la reducción de compuestos orgánicos y la producción de sosa cáustica. La mayor parte de procesos anódicos se refieren o bien a la descarga de aniones desde la solución en un ánodo esencialmente estable o la disolución del mismo ánodo; en el primer tipo de procesos anódicos se encuentran los procesos para la fabricación de cloro y oxígeno y en último tipo se encuentran los procesos para la recuperación de metales valiosos de chatarras y la refinación y purificación de metales. La obra "Industrial Electrochemical Processes" de A. Kuhn y publicada por Elsevier en 1971 suministra otros detalles de los procesos electroquímicos industriales.

La presente Patente de Invención se refiere fundamentalmente pero no exclusivamente a procesos catódicos, especialmente procesos para aprovechamiento de metales, en los que electrodos de partículas y células electroquímicas que incorporan electrodos de partículas se utilizan en conexión con dichos procesos. El aprovechamiento electrolítico de metales reporta generalmente la recuperación de un metal por depósito de dicho metal procedente de lejíjas acuosas conseguidas lixiviando un mineral o concentrado de minerales con un electrolito acuoso. Los procesos de aprovechamiento electrolíticos convencionales emplean células que contienen ánodos planos o de rejilla y cátodos planos. Los ánodos son insolubles generalmente y sirven para conducir la electricidad al electrolito pero en algunos casos el ánodo puede consistir en, por ejemplo, un ánodo en forma de mata sujeta a corrosión. La naturaleza del cátodo en el inicio del proceso varía ampliamente de un proceso a otro y puede ser por ejemplo, un



acero inoxidable, titanio o un electrodo de aluminio sobre el cual se deposita una delgada lámina de metal relativamente puro o una delgada lámina de un metal relativamente puro (conocido como "hoja inicial" y producida usualmente por depósito del metal sobre electrodos tales como los mencionados anteriormente). Durante los procesos de aprovechamiento electrolítico el metal a recuperar se deposita sobre el cátodo, el cual va creciendo hasta alcanzar el grosor deseado. El cátodo completamente recrecido se quita de la celda para proceso posterior. El electrolito consiste usualmente en una solución acuosa de una o más sales del metal, cuya solución se formula para producir el depósito electrolítico del metal sobre el cátodo en la forma y pureza deseadas y con aceptables rendimientos de potencia. La densidad de corriente catódica se limita a valores relativamente bajos, por ejemplo 100-350A/metro cuadrado para el aprovechamiento del cobre, por los efectos de transferencia de masa en el cátodo. En la práctica, el funcionamiento de células convencionales de aprovechamiento de metales por encima de una cierta densidad de corriente crítica proporcionaría productos catódicos no aceptables por su impureza y carácter basto. El valor de esta densidad de corriente crítica se limita por la proporción o cantidad de los procesos de transferencia de masas que transportan iones metálicos desde el electrolito al cátodo y es una función de las siguientes variables:

- 1.- Concentración de iones metálicos en el electrolito.
- 2.- Conductividad del electrolito.



- 3.- Sobrepotencial de concentración.
  - 4.- Sobrepotencial de activación.
  - 5.- Presencia de impurezas y sólidos.
  - 6.- Presencia de aditivos tales como agentes niveladores, brillo, etc.
- 5.

En estos últimos años se han dado a conocer electrodos de partículas que comprenden una cierta cantidad de partículas que consisten completamente o parcialmente en material electroconductor y que, cuando el electrodo está en utilización, se hacen desplazar para que se encuentren en contacto intermitente ya bien sea directamente o a través de partículas intermedias con, por lo menos, un conductor de corriente, (que usualmente es designado el "alimentador de corriente" o "electrodo alimentador") por medio del cual se conduce una corriente eléctrica a las partículas. La conductividad eléctrica del conductor de corriente es generalmente de  $10^4 \text{ ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$  como mínimo.

10.

15.

Se han desarrollado electrodos de partículas de muchas maneras. En una de dichas maneras, una mezcla de las partículas del electrodo y un electrolito se bombea a través de una parte de la célula que contiene el conductor de corriente y en el que ocurre la reacción de electrodo, luego se pasa a un circuito exterior a esta parte de la célula y finalmente vuelve a la parte en la que tiene lugar la reacción de electrodo para su reacción posterior. En otra forma, las partículas del electrodo permanecen dentro de la parte de la célula que contiene el conductor de corriente, mientras que un electrolito se hace pasar a través de esta parte y luego en un circuito exte

20.

25.

30.



- rrior a la misma. Incluida en esta última forma se encuentran los electrodos que en funcionamiento comprenden un lecho de partículas a través de las cuales existe un flujo dirigido hacia arriba, distribuido regularmente, del electrolito; quedando suspendidas las partículas en el electrolito, el cual fluye en una proporción o velocidad tal que el lecho se expande en volumen, usualmente en más de 20% y generalmente en 40 a 50%. La forma del flujo de electrolito se dispone para que sea sustancialmente constante en una sección transversal horizontal dentro del lecho de partículas para conseguir la uniformidad sustancial de la concentración de partículas en el plano horizontal. La terminología de los lechos fluidificados se ha aplicado a esta forma de electrodos de partículas y muchas de las propiedades de los lechos fluidificados son evidentes en el comportamiento o funcionamiento de los llamados "electrodos de lecho fluidificado". La elevada superficie de un electrolito de lecho fluidificado hace posible ya bien sea la eficaz electrolisis de soluciones diluidas o la utilización de una elevada corriente por unidad de volumen de la célula y por unidad de volumen del electrolito; por ejemplo, en la deposición de cobre se han utilizado experimentalmente densidades de corriente hasta 3.000 A/ metro cuadrado y más elevadas. Últimamente los electrodos de partículas han sido objeto de considerable investigación y se han dado a conocer ejemplos de su constitución, incluyendo electrodos de lecho fluidificado así como su utilización en diferentes procesos electroquímicos por ejemplo en la Patente Inglesa nº 1.194.181 Patentes U.S.A. nºs. 3.180.810, 3.527.617, 3.551.207 y



3.703.446, Patente Francesa nº 1.500.269 y Patente Canadiense nº 700.933.

En muchos procesos electroquímicos que utilizan electrodos de partículas, la reacción en el electrodo

5. comprende el depósito de iones sobre las partículas o la disolución del material de las partículas. En estos procesos las dimensiones de las partículas cambian con el tiempo y se puede prever la extracción y reposición de las partículas. La elección de las condiciones de trabajo en tales procesos se puede ver influida por:

- 1.- La necesidad de evitar aglomeración de partículas del electrodo, particularmente las partículas de un cátodo sobre el cual está teniendo lugar la electrodeposición de metal y particularmente en diafragmas interpuestos entre el ánodo y el cátodo en los que ha tenido lugar anteriormente de modo muy frecuente la aglomeración o revestimiento electrolítico.
15. 2.- La necesidad de evitar electrodeposición excesiva del producto de una reacción de cátodo sobre el conductor de corriente o aglomeración de las partículas sobre el conductor de corriente.
20. 3.- Necesidad de asegurar una velocidad satisfactoria de avance de la reacción de electrodo.
25. 4.- La necesidad de obtener rendimientos de potencia aceptables.
30. Si bien la tendencia a la aglomeración de par-



tículas se puede reducir aumentando la proporción de flujo de electrolito a través del lecho de partículas, este aumento en velocidad de flujo a su vez puede reducir la proporción o velocidad de paso de carga desde el conductor de corriente a las partículas del electrodo pero aumenta la proporción o velocidad de paso de carga desde el conductor de corriente al electrolito y por este motivo puede aumentar la cantidad del producto de la reacción de electrodo depositado en el conductor de corriente.

5. Es una finalidad de la presente invención el proporcionar un proceso electroquímico que emplea un electrodo de partículas en el que se mejoran las desventajas de los electrodos de partículas anteriormente conocidos.

10. Otra finalidad de la presente Patente es proporcionar un método mejorado para la electrodeposición de metales.

15. Asimismo es otra finalidad de la presente invención el proporcionar un nuevo electrodo de partículas y una nueva célula electroquímica que incorpora dicho electrodo de partículas, apropiada para su utilización en procesos electroquímicos, comprendiendo el aprovechamiento de metales tales como cobre, cobalto y níquel.

#### COMPENDIO DE LA INVENCION

20. De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se prevé en un proceso electroquímico en el que se hace pasar un electrolito a través de un compartimiento de electrodo de una célula electroquímica, comprendiendo dicho electrodo un electrodo de partículas y siendo separado del segundo compartimiento de electrodo de dicha celda electroquímica que contiene un contraelectrodo,

25.

30.



- por un separador que tiene una pared permeable a los iones, consistiendo el perfeccionamiento o mejora en controlar la distribución de las partículas de dicho electrodo de partículas en el electrolito durante el proceso, de forma tal que se forme en el interior de dicho compartimiento primero de electrodo una primera zona o región que es adyacente a la pared permeable a los iones y dentro de cuya primera zona se encuentran sustancialmente la totalidad de las partículas durante una elevada proporción del tiempo en que se encuentran en dicha primera zona, separadas unas de otras, y una segunda zona que está separada de la pared permeable a los iones y dentro de la cual sustancialmente todas las partículas se encuentran durante una gran proporción del tiempo que permanecen en dicha segunda zona, en contacto con otras partículas y haciendo circular sustancialmente la totalidad de las partículas entre dicha primera y segunda zonas.

- De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se dispone un sistema de electrodo, apropiado para su utilización con un contraelectrodo, para llevar a cabo un proceso electroquímico de acuerdo con la presente invención, cuyo sistema de electrodo comprende un electrodo de partículas, un conductor de corriente, una cuba que contiene dicho electrodo de partículas y un conductor de corriente y que tiene una pared permeable a los iones por lo menos una parte de la cual está inclinada hacia el electrodo de partículas y medios para provocar el flujo de un medio fluido a través de dicha cuba, en contacto con dicho electrodo de partículas.



De acuerdo con un tercer aspecto o característica de la presente invención, se prevé una célula electroquímica que comprende por lo menos un sistema de electrodo de partículas de acuerdo con el segundo aspecto o característica de la presente invención y por lo menos un contraelectrodo separado de dicho electrodo de partículas por dicha pared permeable a los iones.

10. Cuando la distribución de las partículas es controlada de acuerdo con el proceso de la presente Patente, la densidad de partículas adyacentes a la pared permeable a los iones es reducida y se forma en la parte posterior de dicho compartimiento primero de electrodo, es decir, alejada de dicha pared permeable a los iones, una zona separada de la pared permeable a los iones en la que la densidad de partículas es elevada y se aproxima a la de un lecho depositado estáticamente de dichas partículas.

#### DESCRIPCION DE REALIZACIONES DE LA INVENCION

20. El conductor de corriente (o alimentador de corriente) queda dispuesto preferentemente en el interior de la segunda zona mencionada, es decir, la zona de alta densidad. La disposición del conductor de corriente en la zona de alta densidad posibilita que las cargas eléctricas sean conducidas rápida y eficazmente entre las partículas de los electrodos de partículas en la zona de alta densidad, con poca o ninguna deposición electrolítica de metal sobre el conductor de corriente, además, al estar adyacente la zona de baja densidad a la pared permeable a los iones, que puede ser una membrana frágil o diafragma, se puede esperar un menor riesgo de fallo de

25.

30.



la pared permeable a los iones debido a la aglomeración y adherencia de partículas a la pared permeable, con la electrodeposición subsiguiente sobre o dentro de la misma pared permeable a los iones.

5. Con el conductor de corriente dispuesto en una zona de alta densidad, su situación exacta es mucho menos crítica que en el caso, por ejemplo, de un electrodo de lecho fluidificado. Un conductor de corriente en forma de una sola o única varilla conductora situada en cualquier punto de la zona de alta densidad es generalmente suficiente para asegurar que se proporciona la corriente eléctrica a todas partes de esta zona o región. Sin embargo, dependiendo de la cantidad de corriente que se debe conducir a las partículas, puede ser deseable el pre-
10. ver diseños alternativos de conductores de corriente. Un diseño particularmente ventajoso de conductor de corriente comprende una placa plana dispuesta en un refundido de la pared del compartimiento de electrodo puesto a la pared permeable a los iones. Se suministra corriente a este conductor eléctrico por medio de una barra conductora desde la parte alta del compartimiento de electrodo. Se ha visto que con un electrodo de partículas que consiste en partículas de cobre, el área efectiva de la placa conductora de corriente necesita solamente un 5% del área
15. de la cara o superficie del lecho de partículas adyacente a la pared posterior del compartimiento pero que puede ser mayor, especialmente para partículas que consisten en material de conductividad eléctrica más baja.

La distribución deseada de las partículas de dicho electrodo de partículas en el electrolito se puede

20. 30.



- controlar por lo menos en parte, por el flujo apropiado de un fluido a través del electrodo de partículas. El electrolito que se hace pasar a través del compartimiento de electrodo que contiene el electrodo de partículas, se puede utilizar convenientemente como medio fluido. En este caso, es preferible que la electrolisis se haga pasar hacia arriba a través del electrodo de partículas de forma tal que de lugar a la circulación de partículas del electrodo de partículas hacia arriba, adyacente a la pared permeable a los iones y hacia abajo en la parte posterior del compartimiento del electrodo. De esta manera, la mayor parte de las partículas se hacen circular hacia arriba en una proporción principal de la altura de dicha primera zona y hacia abajo en una proporción asimismo principal de la altura de dicha segunda zona. El flujo deseado de electrolito se puede imponer o provocar inclinando la pared permeable a los iones hacia el electrodo de partículas, tal como se requiere en un sistema de electrodo de partículas, de acuerdo con el segundo aspecto o características de la presente Invención.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

El ángulo de inclinación de la pared permeable a los iones con respecto a la vertical y hacia el electrodo de partículas dependerá en cierto modo del diseño del resto del sistema de electrodo de partículas. El ángulo de inclinación quedará comprendido entre  $1^\circ$  y  $45^\circ$  de la vertical. Se ha observado que mientras algunos diseños funcionan bien con una inclinación por debajo de  $10^\circ$ , por ejemplo de  $3^\circ$  a  $6^\circ$ , otros funcionan satisfactoriamente con inclinaciones mayores, por ejemplo desde  $15^\circ$  a  $25^\circ$ .

- 25.
- 30.
- La distribución de las partículas es controlada de forma que la expansión total del volumen, es decir,



el volumen ocupado por el lecho de partículas dentro del compartimiento de electrodo, cuyo lecho incluye zonas de alta y de baja densidad, sea menos de un 25% mayor que la de un lecho de partículas depositado estáticamente. De ma

5. nera general, la expansión del volumen no excederá 20% y se supone que preferentemente se encontrará entre 3% y 13%, por ejemplo, entre 8% y 12%.

10. El compartimiento de electro que contiene el electrodo de partículas tiene más convenientemente una configuración en la que su altura y anchura son sustancialmente mayores que su grosor, es decir, la distancia entre la pared permeable a los iones y la pared opuesta a la misma, es decir, la pared posterior. La altura y anchura del compartimiento de electrodo puede ser del orden de 50 a 100 centímetros o superior, mientras que el
15. grosor del compartimiento es generalmente menor de 10 centímetros, por ejemplo 5 centímetros. El sistema de electrodo de partículas se ha comportado bien cuando el compartimiento de electrodo es de forma de cuña truncada.
20. Con esta forma de compartimiento, tanto la pared permeable a los iones, como la pared posterior del compartimiento son inclinadas con respecto a la vertical con la pared posterior afectada de mayor inclinación. También se ha encontrado que los compartimientos en los que la
25. pared posterior es paralela a la pared permeable a los iones dan buenos resultados. Los compartimientos de electrodos que comprenden una configuración superior plana y una configuración inferior de cuña y compartimientos que comprenden una zona superior en forma de cuña y una zona
30. inferior plana también han dado buenos resultados. Los



experimentos llevados a cabo con compartimientos fundamentalmente en forma de cuña han indicado que el ángulo preferente para dicha cuña se encuentra entre 1:20 y 1:5, siendo el ángulo preferible aproximadamente 1:10 y aún más reducido al aumentar la altura del compartimiento de electrodo. (Un ángulo de cuña de 1:10 significa que para cada diez centímetros hacia arriba de la pared permeable a los iones, la pared posterior se separa adicionalmente en un centímetro con respecto a la pared permeable a los iones). Sin embargo, el ángulo óptimo depende de la altura del electrodo de partículas durante el proceso.

En una realización de la invención, la célula electroquímica puede llevar añadido un segundo compartimiento idéntico de electrodo de partículas en el lado opuesto del compartimiento que contiene el contraelectrodo. En este caso, el compartimiento que contiene el contraelectrodo adoptaría una forma de cuña para asegurar una inclinación en direcciones opuestas igual para el compartimiento adicional de electrodo de partículas. En otra realización, el compartimiento del electrodo se repite o duplica verticalmente, es decir, se pueden apilar los compartimientos catódicos verticalmente.

El medio flúido, que puede ser el electrolito, se introduce en el compartimiento que contiene el electrodo de partículas a través de un distribuidor de flujo situado en la base de dicho compartimiento. Normalmente el distribuidor de flujo adopta la forma de un colector que alimenta a una serie de pasos de entrada dispuestos según la anchura de la base del compartimiento de electrodo. Dicha distribución de flujo puede comprender ade-



- más tuberías de predistribución debajo de los pasos de entrada y zonas en forma de cuña en la base del compartimiento de electrodo inmediatamente situado encima de los pasos de entrada. Los pasos de entrada pueden poseer zonas o partes cónicas. En otra forma de distribuidor de flujo, se prevé el situar un serpentín cónico a lo largo de la anchura de la base del compartimiento del electrodo. Esto proporciona un distribuidor de flujo cuya apertura se ajusta fácilmente y que se cierra asimismo fácilmente, simplemente cerrando el serpentín cuando el sistema de electrodo no está en funcionamiento. Puede ser preferible introducir un medio fluido adicional, por ejemplo, utilizando chorros en uno o más puntos por encima del distribuidor de flujo y adyacente a la pared permeable a los iones para ayudar en el control de la distribución de partículas.
- 5.
  - 10.
  - 15.

- Se puede reducir los disturbios no deseables en el flujo de partículas en el compartimiento de electrodo instalando uno o más deflectores de flujo dentro del compartimiento de electrodo. Estos deflectores de flujo comprenden preferentemente uno o más elementos planos dispuestos sustancialmente verticales y preferentemente paralelos, pero también pueden ser perpendiculares, a la pared permeable a los iones. Los deflectores de flujo no es necesario que dividan el compartimiento completamente y por lo tanto pueden adoptar la forma de una serie de elementos separados entre sí o pueden consistir en un material en forma de rejilla que separa la totalidad o una parte de la anchura del compartimiento.
- 20.
  - 25.
  - 30.



el compartimiento del electrodo es emplear una membrana corrugada permeable a los iones. Las involuciones o nervios de la membrana se disponen verticalmente y funcionan como deflectores cortos de flujo. Dicha membrana se puede emplear con o sin otros deflectores de flujo y tienen la ventaja adicional de una mayor rigidez y mayor superficie que una membrana plana.

10. Para separar las partículas grandes de las partículas pequeñas durante el curso del proceso, tal como puede ser deseable por ejemplo en los procesos de aprovechamientos de metales, se puede disponer una criba, por ejemplo en la parte alta del lecho de partículas, para aprisionar las partículas grandes. La criba o rejilla puede tener un tamaño de malla adecuado para devolver las partículas que tienen un tamaño inferior a un valor determinado al lecho de partículas y para retener las partículas más grandes para su extracción de la célula. De manera alternativa se pueden utilizar las propiedades hidráulicas del lecho de partículas. Un simple tubo de inmersión insertado inicialmente en la zona de baja densidad con su extremo dirigido hacia el fondo o base de dicha zona, conducirá un flujo de electrolito que lleva un cierto número de partículas claramente por encima del nivel superior medio del lecho de partículas en el compartimiento de electrodo y esto se puede utilizar para transferir partículas desde el compartimiento de electrodo. En otra forma, el tubo se puede posicionar con una cierta pendiente y se puede ramificar para devolver las partículas más finas directamente al compartimiento del electrodo. Otras maneras de llevar a cabo la eliminación
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



de partículas del compartimiento de electrodo comprenden la instalación de un simple sifón en el lecho de partículas o el drenaje de partículas desde la base del lecho por una válvula autolimpiante.

5. Los elementos estructurales del sistema de electrodo de partículas y células electroquímicas que comprenden dichos sistemas de electrodo se construyen preferentemente en un material aislante eléctrico impermeable a los flúidos tal como cloruro de polivinilo, goma o polimetilmetacrilato. De manera alternativa esos materiales pueden quedar dispuestos como revestimientos de otros materiales de construcción, tales como acero. Otros materiales a utilizar son el hormigón y materiales plásticos reforzados por fibra de vidrio.
10. Los materiales que se pueden utilizar para la pared permeable a los iones comprenden tejidos de "Terilene", materiales plásticos tales como cloruro de polivinilo que se pueden hacer microporosos, una tela de poliéster impregnada de resinas fenólicas, un material poroso cerámico y materiales de intercambio de iones.
15. Para proteger la pared permeable a los iones de la abrasión u otros daños producidos por las partículas, se puede situar una rejilla no conductora dotada de orificios tales como una malla de "terilene" adyacente a la pared permeable a los iones. Esta malla o red puede servir para proteger la pared permeable a los iones contra daños o depósitos sobre la misma y dicha red o la pared permeable a los iones serán extraídos para la limpieza periódica y para su sustitución.
20. Existe una amplia gama de materiales conducto-
- 25.
- 30.



res eléctricos apropiados para la construcción del contraelectrodo. Este electrodo puede ser dimensionalmente estable o se puede disolver al llevarse a cabo el proceso electrolítico. Los ánodos dimensionalmente estables

5. apropiados para su utilización en el proceso de aprovechamiento electrolítico adoptan preferentemente la forma de una placa, rejilla o red de titanio, activado en sus superficies por un revestimiento de metal noble o de un óxido de metal noble o una mezcla de óxido de metal noble y óxidos de metales básicos. Las células electroquímicas de acuerdo con la presente Patente pueden emplear como ánodo y como cátodo un sistema de electrodo de partículas de acuerdo con la presente Invención. Sin embargo, cuando la célula electroquímica comprende un electrodo

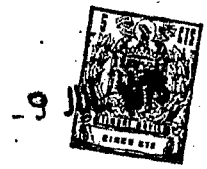
10. de partículas y un electrodo macizo, habrá una diferencia de presiones sustancial a través de la pared permeable a los iones entre esos dos electrodos. Solo en el caso en que la pared permeable a los iones tenga una resistencia sustancial, la diferencia de presión puede ser suficiente para romperla. Por lo tanto, es ventajoso el disponer medios para soportar la pared permeable a los iones para resistir esta diferencia de presiones. Además del soporte físico de la membrana, es decir, con una placa porosa resistente, una manera de alcanzar esta finalidad sería disponer medios para equilibrar las presiones

15. de funcionamiento en los dos compartimientos. Así por ejemplo, se puede disponer en el compartimiento que contiene el electrodo macizo un regulador de presión en forma de un inhibidor de flujo que comprende una serie de

20. deflectores, placas perforadas o una empaquetadura. Cuan

25.

30.



do el electrolito fluye a lo largo del compartimiento que contiene estos inhibidores de flujo, la presión hidrostática es mayor que la que existe en ausencia de los inhibidores de flujo y se puede hacer sustancialmente igual a la presión existente dentro del compartimiento de electrodo de partículas en el lado opuesto de la membrana.

Una ventaja adicional de la instalación de dichos inhibidores de flujo es que la tendencia a la emigración de electrolitos entre los compartimientos queda reducida. Esto puede hacer posible la sustitución de la pared permeable a los iones con un material más basto y más robusto, pero más permeable, por ejemplo una tela de filtro o una placa perforada.

La utilización de un sistema de electrodo de partículas según la presente Patente de Invención en una célula electroquímica hace fácil evitar el escape de la "niebla de ácido" que se libera en la superficie del electrolito al burbujear el gas en el transcurso de algunos procesos electroquímicos. Así pues, se puede disponer una tapa sobre la parte alta del compartimiento de electrodo y se puede disponer una salida para recoger gases desarrollados en el electrodo para su utilización, mientras que las nieblas de ácidos se pueden separar de los gases en el interior o en el exterior de dicha tapa.

El proceso, sistema de electrodo de partículas y célula electroquímica de la presente Patente de Invención son particularmente aplicables en la electrodeposición de metales. Más particularmente, ésta invención es especialmente aplicable a la electrodeposición de metales como oro, plata, cobre, hierro, metales del grupo pla



tino, cobalto, zinc, níquel y manganeso a partir de soluciones acuosas de sales de los mismos. Dichos procesos de electrodeposición pueden ser procesos de purificación o procesos de aprovechamiento de metales. En estos casos es

5. ventajoso que el sistema de electrodo de partículas forme o constituya el cátodo.

- Así pues, de acuerdo con una realización de la presente Patente de Invención, se prevé un procedimiento de aprovechamiento de un metal en el que un electrolito
10. que comprende una solución acuosa de una o más sales de dicho metal se hace pasar a través de un compartimiento de cátodo de una celda electroquímica, comprendiendo dicho compartimiento de cátodo un cátodo de partículas y quedando separado de un compartimiento de ánodo por un
15. separador que tiene una pared permeable a los iones, comprendiendo la mejora o perfeccionamiento la introducción de pequeñas partículas al interior de dicho compartimiento de cátodo en el que forman una parte del cátodo de partículas, extrayendo partículas sobre las que se ha de
20. positado electrolíticamente metal desde dicho compartimiento de cátodo, controlando la distribución de las partículas de dicho cátodo de partículas en el electrolito durante el proceso de forma tal que se constituya en el interior de dicho compartimiento de cátodo una primera
25. zona adyacente a la pared permeable a los iones y dentro de cuya primera zona prácticamente todas las partículas se encuentran, durante una gran proporción de tiempo en que se halla en dicha primera zona, separadas unas de otras y una segunda zona que está separada de la pared permeable a los iones y en cuyo interior sustancialmente
- 30.



la totalidad de las partículas se encuentran, durante la mayor parte del tiempo que permanecen en dicha primera zona, en contacto con otras partículas y haciendo circular sustancialmente a la totalidad de partículas entre dichas primera y segunda zonas.

Cuando la distribución de partículas es controlada por un flujo apropiado del electrolito a través del cátodo de partículas, del modo descrito anteriormente, se supone que se presenta una zona de transición difusa entre dichas primeras y segunda zonas, en cuya zona de transición la densidad de partículas se escalona desde la densidad de la primera zona a la de dicha segunda zona. Además, normalmente existen zonas turbulentas, tanto en la parte alta del lecho de partículas como en zona adyacente al distribuidor de flujo, en cuyas zonas turbulentas la densidad de partículas no es tan grande como en dicha segunda zona. Puesto que la electrodeposición en estas zonas turbulentas puede dar lugar a efectos no deseables, es preferible restringir el área activa de la pared permeable a los iones y/o el ánodo para hacer estas zonas turbulentas electroquímicamente inactivas. Preferentemente, la introducción de partículas pequeñas y la extracción de partículas en las que el metal se ha electrodepositado, se controla para que aparte de una pequeña flotación producida por dicha introducción y extracción, las condiciones en el compartimiento de electrodo no cambian significativamente durante el proceso.

Las células electroquímicas con un sistema de cátodo de partículas de acuerdo con la presente invención proporcionan una relación muy grande de superficie de cá-



todo a volumen de la célula en comparación con las células de aprovechamiento de metales convencionalmente utilizadas, las cuales tienen electrodos planos y por lo tanto, para una corriente de célula determinada, la densidad efectiva de cátodo es reducida en comparación con la de las células convencionales. Por esta razón, incluso para densidades de corriente de cátodo relativamente altas, de 1000 amperios por metro cuadrado, cuando se expresan con respecto al área activa electroquímicamente de la pared permeable a los iones o al área de ánodo proyectada, la verdadera densidad de corriente de cátodo y por lo tanto la proporción de transferencia de masas de los iones metálicos a la superficie de cátodo de partículas es muy baja. Por lo tanto, incluso con concentraciones bajas de iones metálicos en el electrolito es posible funcionar con elevado rendimiento de corriente y sin polarización del cátodo. Esto significa que cuando se utiliza una célula electroquímica realizada de acuerdo con la presente Patente para recuperar metal de electrolitos por aprovechamiento electrolítico, proporciona un proceso de recuperación mucho más flexible que en el caso de células convencionales, que frecuentemente son antieconómicas y por lo tanto no se utilizan para recuperar metales de las soluciones más diluídas. Por lo tanto es posible utilizando una célula electroquímica de acuerdo con la presente invención el agotar el metal de electrolitos normalmente concentrados hasta niveles mucho más bajos de los que es practicable con células convencionales de aprovechamiento electrolítico, manteniendo todavía un rendimiento de corriente aceptablemente alto. Esto sig



nifica que se puede extraer una cantidad mayor de metal de un volumen y concentración de electrolito determinados. Mientras que, por ejemplo, es práctica común el agotar el electrolito de cobre desde 40 gpl hasta 30 gpl de cobre en una planta convencional de aprovechamiento electrolítico, con una planta que utilice células electroquímicas de acuerdo con la presente invención es posible aumentar la extracción de cobre sin pérdida adicional de rendimiento de corriente o aumento de polarización de cátodo y agotar el electrolito de cobre desde 40 gpl hasta por ejemplo 5 gpl de cobre o a cualquier otra concentración deseada que sería más económica para este proceso determinado.

En un proceso de aprovechamiento electrolítico de metales que utiliza ánodos dimensionalmente estables o inertes, la reacción de ánodo con electrolitos de solución de sulfatos da como resultado la liberación de oxígeno, con electrolitos de solución de cloruros resulta la liberación de cloro y con electrolitos mezclados con sulfatos/cloruros tiene como resultado la liberación de una mezcla de estos gases dependiendo de la concentración relativa de iones sulfato y iones cloruro en el electrolito. En todos los casos, la liberación de estos gases y la explosión o rotura subsiguiente de las burbujas de gas al alcanzar éstas la superficie del electrolito, provoca que pequeñas cantidades del electrolito se dispersen en la atmósfera provocando el desarrollo de "niebla de ácido". La presencia de niebla de ácido, es poco deseable a causa de sus propiedades corrosivas, además de los peligros para la salud que presenta. En células de aprovechamiento



- electrolítico convencionales, se utilizan diferentes técnicas para hacer mínima la liberación de niebla de ácido a la atmósfera. Por ejemplo, se añaden bolas de plástico a la superficie del electrolito en la célula o supresores de niebla de tipo orgánico o agentes espumantes al electrolito. Es posible también recoger el gas del ánodo en pantallas de ánodo especialmente diseñadas o cubrir completamente la célula y aplicar una ligera succión a las cubiertas de ánodo o cubiertas de la célula para eliminar el gas de ánodo y la niebla de ácido. Todos estos sistemas son costosos, poco convenientes y no siempre son efectivos para suprimir la liberación de niebla de ácido a la atmósfera. Con el sistema de electrodo de partículas y con una célula electroquímica de acuerdo con la invención, se simplifica la recogida de gas de ánodo y por lo tanto la recogida de la niebla de ácido, tal como se ha indicado anteriormente. Así pues, el gas recogido se puede limpiar fácilmente de niebla de ácido mediante limpiadores convenientemente situados. Además, es muy sencillo el recoger el gas de ánodo en forma pura sin pérdida de gas o dilución del gas por entrada de aire. En el caso de electrolitos de solución de cloruros en los que se libera gas de cloro altamente tóxico, esto es una característica especialmente importante. El uso económico del gas de ánodo recogido se puede realizar de modo fácil.
5.  
10.  
15.  
20.  
25.

Con un proceso de acuerdo con la presente invención, se ha trabajado con densidades de corriente de hasta 10.000 amperios por metro cuadrado con respecto al área efectiva proyectada del ánodo durante la electrodeposición de cobre a partir de soluciones acuosas de sales

30.



- de cobre. Incluso para esta elevada densidad de corriente se puede obtener un depósito fuertemente adherente y debidamente regulado de cobre sobre las partículas del electrodo de partículas. En estos procesos, dependiendo
5. de la concentración del electrolito y de la densidad de la corriente, la diferencia de potencial entre el ánodo y el conductor de corriente ha de ser similar o ligeramente menor que los que se obtienen en las células convencionales de aprovechamiento electrolítico de metales.
10. Las concentraciones de los diferentes tipos de iones presentes en el electrolito pueden ser similares a las que se obtienen en los procesos de aprovechamiento electrolítico convencionales. Así pues, la concentración del tipo de ión metálico que se debe depositar electrolíticamente,
15. se encuentran alrededor de 50 gpl usualmente. La solución es normalmente ácida y el catión presente es frecuentemente el ión sulfato, de modo que frecuentemente existen una concentración entre 50 gpl y 150 gpl de  $H_2SO_4$ . Sin embargo, las propiedades del sistema de electrodo de partículas de la presente invención proporcionan una mayor flexibilidad en la elección de compuestos de catolito. Los iones metálicos se pueden eliminar del catolito hasta una concentración que llegue a unas pocas partes por millón (ppm).
- 20.
25. Preferentemente, se deposita electrolíticamente el metal sobre las partículas compuestas del mismo metal. Estas partículas metálicas tienen tamaños normalmente entre 100 y 3.000 micras. Preferentemente, las nuevas partículas introducidas al compartimiento de cátodo tienen tamaños que se encuentran en una gama más restringida,
- 30.



por ejemplo entre 200 y 1.000 micras, preferentemente en-  
tre 200 y 700 micras. Es posible depositar un metal so-  
bre las partículas de otro metal, por ejemplo cobalto o  
níquel sobre partículas de cobre y este procedimiento  
5. puede tener aplicación, por ejemplo, en la preparación  
de aleaciones.

El conductor de corriente o alimentador de co-  
rriente se puede construir a base de cualquier material  
buen conductor eléctrico resistente a la corrosión en el  
10. electrolito usado. Tal como se ha indicado antes, este  
catolito es frecuentemente ácido de bajo ph y se utiliza  
frecuentemente acero inoxidable u otro material apropia-  
do para preparar el conductor de corriente en estas con-  
diciones. Alternativamente, el conductor de corriente se  
15. puede construir a base del metal que se deposita electro-  
líticamente, de forma que cualquier deposición electrolí-  
tica sobre el conductor permite que éste se pueda vender  
como cátodo convencional si el metal depositado electro-  
líticamente se va recreciendo o va aumentando a lo largo  
20. del tiempo.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para la mejor comprensión de la presente inven-  
ción y para mostrar claramente la forma en que la misma  
puede ser llevada a cabo, se hace referencia a continua-  
25. ción, a título de ejemplo, a los dibujos adjuntos, en los  
que: --

Las figuras 1 y 2 muestran secciones verticales  
de dos realizaciones de células electroquímicas, cuyas  
secciones son normales o perpendiculares a la anchura de  
30. las células y muestran el grosor de las mismas.



La figura 3 es una sección parcial de una parte de otra realización de una célula electroquímica.

La figura 4 muestra una sección de la célula de la figura 2 según la línea de corte IV-IV de la figura 2 y mirando hacia la pared posterior del compartimiento del cátodo.

La figura 5 muestra una vista en perspectiva de la célula de las figuras 2 y 4.

La figura 6 muestra una vista en perspectiva de otra realización de otra célula electroquímica.

La figura 7 muestra una sección vertical de la célula de la figura 6, la cual es perpendicular a la anchura de la célula y muestra el grosor de la misma.

La figura 8 muestra esquemáticamente un proceso de deposición electrolítica.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

Con respecto inicialmente a las figuras 1 y 2, las células electroquímicas -1- comprenden cada una de ellas un compartimiento -2- de cátodo y un compartimiento -3- de ánodo separados por una pared -4- permeable a los iones. El compartimiento -3- de ánodo, está dotado de una entrada -5- de anolito y una salida -6- de anolito. Unos deflectores -7-, que restringen el flujo de anolito  $E_A$  a través del compartimiento de ánodo, quedan incluidos en el compartimiento de ánodo. Un ánodo que comprende una rejilla -8- de titanio expansionado revestido de platino, queda dispuesto en el interior del compartimiento de ánodo. Se conduce corriente eléctrica al ánodo por medio de un elemento conductor -9- soldado al ánodo -8-. El catolito  $E_C$  se puede introducir al compartimiento



de cátodo por medio de unos conductos de entrada -10- situados en la base del compartimiento -2- de cátodo. Estos conductos de entrada -10- desembocan en una cámara -11- situada debajo de un distribuidor de flujo -12-. En la realización mostrada en la figura 2, el distribuidor de flujo -12- comprende una serie de pasos cónicos -13-. El catolito puede abandonar el compartimiento por los conductos -14-. Dentro del compartimiento de cátodo -2- se dispone un lecho de partículas que comprende una zona -15- de elevada densidad y una zona -16- de baja densidad. Unas varillas o barras -17- conductoras de corriente de cátodo se prolongan al interior de la zona de elevada densidad -15-.

La figura 3 muestra un conductor de corriente utilizado alternativamente para el compartimiento de cátodo de una célula electroquímica constituida por otra parte tal como se muestra en la figura 2. El conductor de corriente comprende una placa -19- dispuesta de forma refundida en el interior de la pared posterior del compartimiento de cátodo. La corriente es conducida a la placa -19- por un elemento conductor -20-.

Con referencia a la figura 4, la disposición de las varillas -17- conductoras de corriente y de los pasos -13- en el interior del distribuidor de flujo -12- de la célula mostrada en la figura 2 se puede apreciar más claramente. Un conducto -21- queda dispuesto en la base del compartimiento de cátodo para la eliminación de partículas contenidas en su interior. En la figura 5 se muestran más claramente las características externas de la célula electroquímica de las figuras 2 y 4. En la



unión del compartimiento -3- de ánodo y del compartimen-  
to -2- de cátodo se disponen unas valonas -23- y -22- res-  
pectivamente. Comprendida en forma de "sandwich" entre es-  
tas dos valonas se encuentra la pared -4- permeable a los  
5. iones. La figura 5 muestra también elementos -9- y -24-  
conductores de corriente catódica y anódica.

La figura 6 muestra una vista en perspectiva de  
otra realización de una célula electroquímica de acuerdo  
con la presente invención. Una célula electroquímica -101-  
10. comprende un compartimiento de cátodo -102- y un comparti-  
miento de ánodo -103-. Se suministra catolito al compar-  
timiento de cátodo por un conducto único de entrada -110-  
y abandona el compartimiento a través de un colector -125-  
y un conducto de salida -114-. Una sola varilla conducto-  
15. ra de corriente -117- queda dispuesta en el interior del  
compartimiento de cátodo y la célula tiene una tapa -151-  
a través de la cual pasa la varilla -117- conductora de  
corriente a un elemento conductor -124-.

En la figura 7 el compartimiento de cátodo -102-  
20. y el compartimiento de ánodo -103- se aprecian separados  
por una membrana -104- permeable a los iones. Se admite  
anolito al compartimiento de ánodo por un solo conducto  
-105- de entrada y abandona el compartimiento por un so-  
lo conducto de salida -106-. Un ánodo -108- construido de  
25. materiales similares al ánodo -8- queda dispuesto en for-  
ma refundida en la pared posterior del compartimiento  
-103- de ánodo. El catolito pasa a través de una tubería  
de predistribución -156- hacía el interior de la cámara  
-111- y luego a través de una serie de pasos -113- y de  
30. una zona en forma de cuña -154- a un compartimiento -102-



de cátodo. En el compartimiento de cátodo se encuentra un lecho de partículas que comprende una zona de alta densidad -115- y una zona de baja densidad -116-. Una varilla conductora de corriente -117- se prolonga hacia el interior de la zona -115- de alta densidad.

La figura 8 muestra esquemáticamente un aparato para llevar a cabo un proceso de aprovechamiento electrolítico de acuerdo con la presente invención. El catolito es suministrado continuamente a una célula -70- por un conducto -71- y abandona la célula por otro conducto -72-. El catolito es almacenado en un tanque de almacenamiento -73- y es bombeado por el circuito que incluye el tanque y la célula por medio de una bomba -74-. Una válvula de aislamiento o separación -75- y una válvula de control de flujo -76- quedan dispuestas en este circuito. Otro circuito similar que comprende unas piezas parecidas -77- hasta -82- queda dispuesto para el anolito. Se aplica una diferencia de potencial a los electrodos de la célula, proporcionándose corriente por medio de un rectificador de corriente continua -83-. Las partículas son suministradas a partir de un tanque -84- y se eliminan periódicamente de la célula por el conducto -85-.

Durante el funcionamiento de la célula mostrada en las figuras 2, 4 y 5, se hace pasar catolito a través del distribuidor de flujo -12- a velocidad suficiente para levantar las partículas más pesadas del lecho de partículas. El catolito tiende a desplazarse principalmente en una primera zona -16- del lecho de partículas adyacente a la membrana -4- permeable a los iones, creando una baja densidad de partículas y un elevado flujo de catoli-



- to. La densidad de partículas y el flujo de catolito en esta primera zona -16- son bajo y alto respectivamente con respecto a la zona -15- situada alrededor del conductor -17- de corriente, cuya zona -15- tiende a permanecer menos sometida a disturbios o alteraciones por el catolito que fluye hacia arriba más lentamente en su interior y por lo tanto a contener una densidad de partículas más grande que la de la zona -16- adyacente a la membrana -4- permeable a los iones. En la zona -15- que rodea al conductor -17- de corriente, las partículas tienden a deslizar o rodar hacia abajo sobre la pared posterior muy inclinada del compartimiento -2-, generalmente en contacto entre sí. Las flechas mostradas en las figuras 1 y 6 indican la forma del flujo de movimiento de partículas que se supone que tiene lugar. Parece que las partículas son transportadas desde las proximidades del distribuidor de flujo -12- por medio del catolito hacia arriba hacia la zona -16- de baja densidad adyacente a la membrana -4- permeable a los iones, cayendo eventualmente desde esta zona bajo la fuerza de la gravedad para transferirse a la zona de alta densidad -15- que rodea al conductor -17- de corriente.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

El flujo de catolito hacia arriba a través de la zona de alta densidad -15- es insuficiente para transportar las partículas con él y las partículas de esta zona tienden por lo tanto a deslizar o rodar hacia abajo sustancialmente paralelas a la pared posterior del compartimiento, para sustituir las que se han eliminado en las proximidades del distribuidor de flujo -12-. Se supone que no todas las partículas son llevadas por el flujo

25.

30.



de catolito hacia la parte alta -16- de baja densidad del lecho de partículas. Se cree que algunas partículas abandonan la zona de baja densidad para añadirse o unirse a la zona -15- de alta densidad en varios niveles de la célula. También se cree que algunas partículas pueden abandonar la franja -15- de alta densidad antes de alcanzar el distribuidor -12- de flujo en la base del compartimiento.

El flujo de catolito será tal, en general, que la expansión de volumen total del lecho de partículas dentro del compartimiento de cátodo no supera el 20%. La expansión óptima de volumen total del lecho de partículas para cualquier caso particular dependerá también de una serie de factores tales como la densidad del material de las partículas, la densidad del electrolito, el flujo de electrolito, etc.

Para conducir un proceso electrolítico en el interior de la célula se hace pasar anolito  $E_A$  a través del compartimiento de ánodo -3-, de forma que el ánodo quede inmerso en anolito y aplicando una diferencia de potencial en el conductor de corriente -17- y ánodo -8-. Se deposita electrolíticamente metal sobre las partículas del cátodo de partículas y éstas se pueden eliminar periódicamente al hacerse más grandes. La distribución de tamaño de las partículas del electrodo de partículas se mantiene por la añadidura de pequeñas partículas alimentadas al electrodo de partículas. El funcionamiento de un proceso electrolítico de deposición de metales de acuerdo con la presente Patente es una célula electroquímica tal como se muestra en las figuras 6 y 7 es similar



al que se describe anteriormente con referencia a la célula electroquímica de las figuras 2, 4 y 5.

- El sistema de electrodo de partículas y célula electroquímica de la presente invención dan lugar a una serie de importantes ventajas en su funcionamiento. Tal como se ha mencionado antes, la presencia de una zona de baja densidad adyacente a la membrana permeable a los iones impide la electrodeposición en esta zona. Además, la inclinación de la membrana permeable a los iones separándose de la vertical, ayuda a impedir que las partículas se depositen sobre ella y la acción del flujo de electrolito contra ella la mantiene limpia. El depósito electro-lítico sobre el conductor de corriente es evitado sustancialmente por la alta densidad de partículas que rodean al mismo. Sin embargo, la suficiente cantidad de electrolito parece pasar a través de esta zona de alta densidad para impedir polarización de concentración bajo condiciones de funcionamiento típicas. El flujo de electrolito a través del compartimiento del electrodo de partículas en su interior da lugar a los deseados efectos de mezcla. Además, tal como se ha mencionado antes, las partículas en la zona de alta densidad adyacente al conductor de corriente se encuentran en contacto íntimo, proporcionando un rendimiento mejorado en la conducción eléctrica.
5. Tal como se ha mencionado antes, la presencia de una zona de baja densidad adyacente a la membrana permeable a los iones impide la electrodeposición en esta zona. Además, la inclinación de la membrana permeable a los iones separándose de la vertical, ayuda a impedir que las partículas se depositen sobre ella y la acción del flujo de electrolito contra ella la mantiene limpia. El depósito electro-lítico sobre el conductor de corriente es evitado sustancialmente por la alta densidad de partículas que rodean al mismo. Sin embargo, la suficiente cantidad de electrolito parece pasar a través de esta zona de alta densidad para impedir polarización de concentración bajo condiciones de funcionamiento típicas. El flujo de electrolito a través del compartimiento del electrodo de partículas en su interior da lugar a los deseados efectos de mezcla. Además, tal como se ha mencionado antes, las partículas en la zona de alta densidad adyacente al conductor de corriente se encuentran en contacto íntimo, proporcionando un rendimiento mejorado en la conducción eléctrica.
10. El depósito electro-lítico sobre el conductor de corriente es evitado sustancialmente por la alta densidad de partículas que rodean al mismo. Sin embargo, la suficiente cantidad de electrolito parece pasar a través de esta zona de alta densidad para impedir polarización de concentración bajo condiciones de funcionamiento típicas. El flujo de electrolito a través del compartimiento del electrodo de partículas en su interior da lugar a los deseados efectos de mezcla. Además, tal como se ha mencionado antes, las partículas en la zona de alta densidad adyacente al conductor de corriente se encuentran en contacto íntimo, proporcionando un rendimiento mejorado en la conducción eléctrica.
15. Sin embargo, la suficiente cantidad de electrolito parece pasar a través de esta zona de alta densidad para impedir polarización de concentración bajo condiciones de funcionamiento típicas. El flujo de electrolito a través del compartimiento del electrodo de partículas en su interior da lugar a los deseados efectos de mezcla. Además, tal como se ha mencionado antes, las partículas en la zona de alta densidad adyacente al conductor de corriente se encuentran en contacto íntimo, proporcionando un rendimiento mejorado en la conducción eléctrica.
20. Además, tal como se ha mencionado antes, las partículas en la zona de alta densidad adyacente al conductor de corriente se encuentran en contacto íntimo, proporcionando un rendimiento mejorado en la conducción eléctrica.
25. La presente invención se muestra por medio de los ejemplos siguientes, en los que los ejemplos I a VII se refieren a procesos catódicos referentes a la electrodeposición de metales. Y el ejemplo VIII se refiere a un proceso anódico de disolución de un metal procedente de una mata.
30. de una mata.



EJEMPLO I

Una célula electroquímica realizada de acuerdo con la presente invención, dotada de una membrana de intercambio iónico "IONAC" que constituye la pared permeable a los iones, se utilizó para el aprovechamiento de cobre a partir de una solución de cobre en ácido sulfúrico. La membrana se inclinó hacia el cátodo de partículas separándose de la vertical en ángulo de 4°. La célula tenía un compartimiento de cátodo con una zona inferior en forma de cuña que se extiende hasta una altura de 19 cm. y una parte paralela superior que se extiende otros 20cm. El ángulo de la cuña de la parte o zona baja era de 5,5° (es decir, un ángulo de cuña de 1:10). La anchura de la célula era de 20 cm. El cátodo de partículas se formó a partir de partículas de cobre con tamaños comprendidos entre 300 micras y 800 micras y se empleó un conductor de corriente o alimentador de corriente de cobre.

El catolito inicialmente dotado de 50 grs. por litro (gpl) de cobre como iones cúpricos y 50 gpl de ácido sulfúrico, se hizo pasar a una velocidad de 350 ml/cm<sup>2</sup>/minuto con respecto a la sección transversal media a través del compartimiento de cátodo de la célula. Mientras tanto se hizo pasar ácido sulfúrico con una concentración de 50 gpl a través del compartimiento de ánodo. La electrodeposición tuvo lugar con una densidad de corriente de 2.800 A/m<sup>2</sup> con respecto al área efectivamente expuesta de la membrana.

En estas condiciones de funcionamiento, la concentración de cobre en la solución se redujo a 0,04 gpl. Se obtuvo un rendimiento global de corriente mayor del



90%, sin producción perceptible de hidrógeno en el cátodo.

Se llevaron a cabo otros experimentos con una densidad de corriente de  $7.500 \text{ A/m}^2$  para los cuales se midieron rendimientos similares de corriente.

#### EJEMPLO II

Una célula electroquímica similar a la del ejemplo I se utilizó para el aprovechamiento de cobre a partir de una solución de cobre en ácido sulfúrico en un lote continuo que duraba 16 horas.

El anolito comprendía inicialmente 45 gpl de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mientras que el catolito contenía 40 gpl de cobre y 56 gpl de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Al final del lote continuo el anolito comprendía 69 gpl de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  con 10 ppm de cobre, mientras que el catolito contenía 0,01 de gpl de cobre y .91 gpl de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

En este caso la membrana estaba inclinada en  $3^\circ$  con respecto a la vertical y el flujo de catolito era inicialmente de 13 litros por minuto, aumentando hasta 16 litros por minuto para mantener una expansión de volumen total del lecho de partículas entre 8% y 12% al disminuir la viscosidad del catolito que pasaba a través del lecho con una composición cambiante de catolito desde 1,035 centipoises hasta 0,768 centipoises a una temperatura de  $40^\circ \pm 1^\circ\text{C}$ .

Durante el experimento la densidad de corriente tuvo un promedio de  $1500 \text{ A/m}^2$  con respecto al área de membrana proyectada efectiva. El rendimiento total de corriente del proceso de electrodeposición de cobre fue superior al 90%. El potencial del cátodo fue de 220 mv con



respecto a un electrodo normal de hidrógeno.

EJEMPLO III

5. Se utilizó la misma célula del ejemplo II continuamente en un lote que duraba 125 horas. En este caso, la membrana permeable a los iones se inclinó en 40° con respecto a la vertical.

10. El anolito comprendía inicialmente 50 gpl de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> con 2 ppm de cobre mientras que el catolito comprendía 50 gpl de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y cobre. Al final del lote, el anolito contenía 103 gpl H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> con 58 ppm de cobre mientras que el catolito contenía 29 gpl de cobre con 49 gpl de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

15. Las partículas de cobre del cátodo de partículas tenían tamaños comprendidos entre 212 micras y 1200 micras y el lecho de éstas partículas se mantuvo con una expansión de volumen total entre 8% y 12% por un flujo de catolito a una velocidad desde 13,7 litros/minuto hasta 17,0 litros/minuto.

20. La producción de cobre era de 124 grs/hora, quitándose las partículas desarrolladas periódicamente. El promedio de densidad de corriente era de 3000 A/m<sup>2</sup> (con respecto al área de membrana efectivamente proyectada), mientras que el rendimiento de corriente del proceso de electrodeposición era de 95% aproximadamente. El potencial de cátodo en comparación con un electrodo estándar de hidrógeno era de 210 mv.

EJEMPLO IV

30. Una célula en forma de cuña parecida a la mostrada en las figuras 2 a 5 se utilizó para el aprovechamiento de cobre a partir de una solución de sulfato de



cobre. La célula tenía un ángulo de cuña de  $5^\circ$ , una anchura de 20 cm y una altura de 50 cm. Se utilizó una membrana de intercambio iónico "IONAC", que constituía la pared permeable a los iones, para separar los compartimientos de ánodo y de cátodo. Esta membrana se inclinó con respecto a la principal en un ángulo de  $6^\circ$ . El cátodo de partículas comprendía partículas de cobre con tamaños comprendidos entre 250 micras y 900 micras.

Se hizo pasar catolito que contenía 3,26 gpl de cobre y 22 gpl de ácido sulfúrico a través del compartimiento de cátodo con una velocidad de 18 litros/minuto para producir una expansión total de volumen del cátodo de partículas comprendida entre 11% y 13%. El catolito contenía una concentración total de impurezas catiónicas de 10 gpl, siendo la mayor parte de impurezas Co 1,88 gpl Fe (total), 0,78 gpl; magnesio 5,84 gpl. La temperatura del catolito se mantuvo a  $40^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ .

Se hizo pasar anolito que contenía inicialmente 30 ppm de cobre por 54 gpl de ácido sulfúrico a través del compartimiento de ánodo. Se hizo pasar corriente a través de la célula con una densidad de corriente promedio de  $2000 \text{ A/m}^2$  (con respecto al área proyectada activa de la membrana) hasta que la composición final del catolito fue de 0,24 gpl de cobre y 25 gpl de ácido sulfúrico. En este punto, la composición del anolito era de 36 ppm de cobre y 58 gpl de ácido sulfúrico. El rendimiento total de corriente del proceso de electrodeposición de cobre fue de 99,6%. El potencial de cátodo con respecto al electrodo normal de hidrógeno era de 250 mv.



#### EJEMPLO V

Se utilizó una célula similar a la descrita en el ejemplo IV para reducir la concentración de iones cobre en un catolito a unas pocas partes por millón. El cátodo de partículas tenía partículas de cobre idénticas en tamaño a las del ejemplo IV y funcionaba con expansiones de volumen totales parecidas.

Inicialmente el catolito contenía 1,6l de gpl de cobre y 22,4 de gpl de ácido sulfúrico. La concentración de impurezas catiónicas en el catolito llegaba al total de 30 gpl, siendo la mayor parte de impurezas Co, 7,06 gpl. Fe (total) 2,94 gpl; Mg 17,75 gpl. Inicialmente el anolito comprendía menos de 1 ppm de cobre y 95 gpl de ácido sulfúrico.

La densidad de corriente inicial era aproximadamente de  $2500 \text{ A/m}^2$  con respecto al área disponible de membrana, pero al disminuir la concentración de cobre en el catolito con electrodeposición de cobre, disminuyendo la densidad de corriente para estimular una situación de montaje escalonado controlado. Al final del experimento la concentración de iones cobre en el catolito era de 12 ppm, juntamente con 26 gpl de ácido sulfúrico. La correspondiente composición de anolito comprendía 6 ppm de cobre y 117 gpl de ácido sulfúrico. El rendimiento de corriente de la totalidad del proceso se situó alrededor de 60% y este valor relativamente bajo se creyó que era debido a la presencia de iones  $\text{Fe}^{3+}$ . El rendimiento de corriente del aprovechamiento de cobre se calculó alrededor de 90%, siendo debida la pérdida de 10% aproximadamente a la generación de hidrógeno en el cátodo de partí



culas. Durante el experimento la proporción o velocidad de flujo de catolito aumentó desde 19,1 litros/minuto hasta 23 litros/minuto al disminuir la viscosidad del catolito con los cambios de composición. El potencial del cátodo con respecto al electrodo de hidrógeno normal varió entre los límites de 260 y 223 mV.

#### EJEMPLO VI

Se utilizó una célula similar a las de las figuras 6 y 7 para un aprovechamiento de cobalto a partir de una solución de sulfato de cobalto.

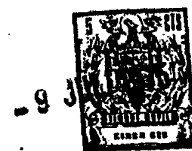
La pared permeable a los iones de la célula comprende una membrana porosa "DARAK 5000" material fabricado por W.R. Grace y Compañía. La membrana se inclinó en 15° con respecto a la vertical. Se utilizaron un conductor de corriente de acero inoxidable y partículas de cobre con tamaños entre 300 micras y 1200 micras.

En este experimento, tanto el anolito como el catolito tenían la misma solución, la cual era inicialmente de 30 gpl de cobalto en una solución de sulfato de pH 2,7.

Con un promedio de diferencia de potencial impuesta de 9,5 V, se midió un promedio de densidad de corriente de 2500 A/m<sup>2</sup> con respecto al área activa de la membrana.

El flujo catolito a través del compartimiento de cátodo fué del orden de 3,8 litros/minuto, dando ello como resultado una expansión total de volumen del lecho de partículas de aproximadamente 10%.

Las concentraciones finales de iones dentro del electrolito, es decir, tanto anolito como catolito, fue-



ron de 15 gpl de cobalto a pH 0,3.

#### EJEMPLO VII

Se llevó a cabo un experimento similar al del ejemplo VI utilizando una solución de sulfato ácido de cobre como electrolito. La composición del electrolito se mantuvo a 50 gpl de cobre y 100 gpl de  $H_2SO_4$ .

Se obtuvo una electrodeposición satisfactoria de cobre con una densidad de corriente de  $8000 A/m^2$ , nuevamente con respecto al área activa de la membrana.

Se utilizaron partículas de cobre del tamaño de 420-1000 micras y al eliminar partículas, se añadieron partículas nuevas de tamaños comprendidos entre 420 y 500 micras.

#### EJEMPLO VIII

Se utilizó una célula electroquímica similar a la mostrada en las figuras 2 a 5, pero en la cual el electrodo de partículas se utilizó como ánodo de la célula, para la corrosión anódica de una mata de sulfuro de níquel/cobre. El ánodo de partículas comprendía partículas de mata machacada de tamaños comprendidos entre 500 y 1650 micras. Se hacía pasar un electrolito que comprendía sulfato de cobre y ácido sulfúrico a través del ánodo de partículas. Se suministró corriente eléctrica al ánodo de partículas mediante un conductor de corriente formado por una lámina de platino de superficie de  $30 cm^2$ . Se utilizó una lámina de cobre en el cátodo. Durante el experimento se utilizó una densidad de corriente aproximada de  $300 A/m^2$ , escogiéndose esta densidad de corriente relativamente baja para asegurar un buen revestimiento sobre el cátodo plano de cobre. Solamente se di-



fundieron trazas de iones metálicos a través de la membrana permeable a los iones, de forma que el catolito se agotó progresivamente de iones cobre. El rendimiento de la corriente de cátodo fué de 95%.

5. La mata se disolvió más rápidamente que la corriente equivalente que pasaba, indicando que tenía lugar la disolución química de la mata. El rendimiento de la corriente de ánodo fué de 145% en base al número de culombios pasados.

10. Durante el experimento la mata se desintegró rápidamente. Como promedio, un tercio del peso del metal presente en la mata se disolvió antes de que las partículas de la misma fueran demasiado pequeñas para facilitar un buen contacto eléctrico. Los posos producidos por las partículas finas se eliminaron de la célula.

15. Todo cuanto no afecte, altere, cambie o modifique la esencia del proceso descrito, será variable a los efectos de la actual Patente.

N O T A.

20. - Se reivindica como objeto de esta Patente de Invencción:

1.- Un proceso electroquímico, en el que un electrolito se hace pasar a través de un compartimiento de electrodo de una célula electroquímica, comprendiendo dicho compartimiento de electrodo, un electrodo de partículas y quedando separado de un segundo compartimiento de electrodo de dicha célula electroquímica que contiene un contraelectrodo por un separador dotado de una pared permeable a los iones, caracterizado por las fases de controlar la distribución de las partículas de dicho elec

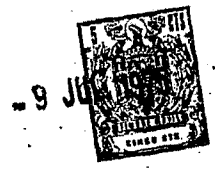
30.



trodo de partículas en el electrolito durante el proceso, de forma que se constituya dentro de dicho primer compartimiento de electrodo una primera zona adyacente a la pared permeable a los iones y dentro de cuya primera zona, sustancialmente todas las partículas están, en una gran proporción del tiempo que transcurren en dicha primera zona, separadas entre sí y una segunda zona separada de la pared permeable a los iones dentro de la cual todas las partículas se encuentran, durante una gran proporción del tiempo en que permanecen en dicha segunda zona, en contacto con otras partículas y circulando sustancialmente todas las partículas entre dichas primera y segunda zonas.

2.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 1, caracterizado porque la distribución de partículas de dicho electrodo de partículas se controla de forma tal que se forme una región de transición dispuesta entre dichas primera y segunda zonas y dotada de una intercara recta difusa con respecto a ellas, en cuya zona de transición el número de partículas presentes por unidad de volumen de la zona es intermedia con respecto al número de partículas presentes por unidad de volumen en dicha primera zona y el número de partículas por unidad de volumen de la segunda zona.

3.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la mayor parte de partículas se hacen circular entre dicha primera y segunda zonas de forma tal que fluyen hacia arriba a través de una proporción mayoritaria de la altura de dicha primera zona y hacia abajo a través de otra proporción así-



mismo mayoritaria de la altura de la segunda zona:

4.- Un proceso electroquímico, según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque la distribución de partículas se controla, por lo menos en parte, introduciendo un medio fluido en una parte baja del electrodo de partículas y haciendo fluir dicho medio fluido hacia arriba adyacente a la pared permeable a los iones.

5.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 4, caracterizado porque dicho medio fluido es forzado hacia arriba a una velocidad suficiente para levantar sustancialmente todas las partículas de dicho electrodo de partículas.

6.- Un proceso electroquímico, según las reivindicaciones 4 ó 5, caracterizado porque dicho medio fluido comprende un electrolito líquido.

7.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 6, caracterizado porque dicho medio fluido es un electrolito acuoso.

8.- Un proceso electroquímico, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el volumen de un compartimiento de electrodo que contiene un electrodo de partículas, que está ocupado por las partículas durante el proceso, es menos de un 20% mayor que el volumen que sería ocupado por un lecho estático de dichas partículas.

9.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 8, caracterizado porque el volumen ocupado por dichas partículas es de 8% a 12% mayor que el volumen ocupado por un lecho estático de dichas partículas.

10.- Un proceso electroquímico, según cualquiera



ra de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el ánodo de dicha célula electroquímica es un electrodo de partículas.

5. 11.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 10, caracterizado porque el proceso electroquímico comprende la disolución de iones metálicos en el ánodo.

10. 12.- Un proceso electroquímico, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el cátodo de dicha célula electroquímica es un electrodo de partículas.

15. 13.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 12, caracterizado porque el proceso electroquímico comprende la electrodeposición por lo menos de un tipo de ión metálico sobre las partículas del electrodo de partículas.

20. 14.- Un proceso electroquímico, para el aprovechamiento electrolítico de un metal, en el que un electrolito que comprende una solución acuosa de una o más sales de dicho metal se hace pasar a través de un compartimiento de cátodo de una célula electroquímica, comprendiendo dicho compartimiento de cátodo, un cátodo de partículas y estando separado de un compartimiento de ánodo por un separador que tiene una pared permeable a los iones,  
25. caracterizado porque se introducen pequeñas partículas en dicho compartimiento de cátodo en el que forman parte del cátodo de partículas, extrayendo partículas sobre las cuales se ha electrodepositado metal de dicho compartimiento de cátodo, controlando la distribución de  
30. las partículas de dicho cátodo de partículas en el elec-



trolito durante el proceso, de forma tal que se constituya dentro de dicho compartimiento de cátodo una primera zona adyacente a la pared permeable a los iones y en cuya primera zona sustancialmente todas las partículas se encuentran durante la mayor parte del tiempo que transcurren en ella, separadas entre sí y una segunda zona separada de la pared permeable a los iones dentro de la cual sustancialmente todas las partículas se encuentran durante una parte principal del tiempo que transcurren en ella, en contacto con otras partículas y haciendo circular sustancialmente todas las partículas entre dichas primera y segunda zonas.

15.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 14, caracterizado porque la distribución de las partículas de dicho cátodo de partículas se controla de forma tal que existe una zona de transición entre ellas y poseyendo una interzona vertical difusa entre dichas primera y segunda zonas, en cuya zona de transición el número de partículas presente por unidad de volumen de la zona es intermedio con respecto al número de partículas presente por unidad de volumen en dichas primera y segunda zonas.

16.- Un proceso electroquímico, de acuerdo con la reivindicación 14 ó 15, caracterizado porque la mayor parte de las partículas se hacen circular entre dichas primera y segunda zonas de forma tal que fluyen hacia arriba en una proporción mayoritaria de la altura de dicha primera zona y hacia abajo según una proporción mayoritaria de la altura de dicha segunda zona.

17.- Un proceso electroquímico, según las rei-



vindicaciones 14, 15 ó 16, caracterizado porque la distribución de las partículas es controlada por lo menos en parte introduciendo el electrolito en una zona baja del cátodo de partículas y haciendo fluir dicho electrolito

5. hacia arriba adyacente a la pared permeable a los iones.

18.- Un proceso electroquímico, según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, caracterizado porque el volumen que está ocupado por las partículas del cátodo de partículas durante el proceso es menos del 20% mayor que el volumen que sería ocupado por un lecho estático de dichas partículas.

10.

19.- Un proceso electroquímico, según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, caracterizado porque el cátodo de partículas comprende una serie de partículas sustancialmente compuestas de un metal cuyos iones se están electrodepositando.

15.

20.- Un proceso electroquímico, según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 19, caracterizado porque el proceso comprende la electrodeposición por lo menos de un elemento del grupo de iones que comprenden los metales del grupo platino, cobre, cobalto, níquel, zinc, manganeso, plata, oro y hierro.

20.

21.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 20, caracterizado porque comprende la electrodeposición de iones cobre.

25.

22.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 21, caracterizado porque el electrolito comprende iones cúpricos, iones sulfato e iones hidroxonio.

23.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 21, caracterizado porque el electrolito com-

30.



prende iones cúpricos, iones cloruro e iones hidroxonio.

24.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 20, caracterizado por comprender la electrodeposición de iones cobalto.

5. 25.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 24, caracterizado porque el electrolito comprende iones cobalto, iones sulfato, e iones hidroxonio.

26.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 24, caracterizado porque el electrolito comprende iones cobalto, iones cloruro e iones hidroxonio.

10. 27.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 20, caracterizado porque comprende la electrodeposición de iones de níquel.

28.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 27, caracterizado porque el electrolito comprende iones níquel, iones sulfato e iones hidroxonio.

29.- Un proceso electroquímico, según la reivindicación 27, caracterizado porque el electrolito comprende iones níquel, iones cloruro e iones hidroxonio.

20. 30.- Un proceso electroquímico, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el electrodo de partículas consiste sustancialmente en partículas que tienen una dimensión máxima comprendida entre 100 y 3000 micras.

25. 31.- Un proceso electroquímico, según las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la etapa de control de la presión de trabajo en el compartimiento de un electrodo y la presión de trabajo en el compartimiento del segundo electrodo se realiza de manera que no existe diferencia importante de presión entre las caras de la

30.



pared permeable a los iones.

5. 32.- Un sistema de electrodo, adecuado para su utilización con un contraelectrodo para llevar a cabo un proceso electroquímico de acuerdo con la presente Inven-  
10. ción, cuyo sistema de electrodo, comprende un electrodo de partículas, un conductor de corriente, un receptáculo que contiene dicho electrodo de partículas y un conduc-  
tor de corriente así como medios para hacer fluir un me-  
dio flúido a través de dicho receptáculo en contacto con  
dicho electrodo de partículas, caracterizado porque di-  
cho recēptáculo tiene una pared permeable a los iones  
por lo menos una parte de la cual está inclinada hacia el  
electrodo de partículas.

15. 33.- Un sistema de electrodo, según la reivin-  
dicación 32, caracterizado porque dicha pared permeable  
a los iones está inclinada con respecto a la vertical con  
un ángulo entre  $1^\circ$  y  $45^\circ$ .

20. 34.- Un sistema de electrodo, según la reivin-  
dicación 33, caracterizado porque dicha pared permeable  
a los iones está inclinada con respecto a la vertical se-  
gún un ángulo comprendido entre  $3^\circ$  y  $25^\circ$ .

25. 35.- Un sistema de electrodo, según cualquiera  
de las reivindicaciones 32 a 34, caracterizado porque di-  
cho receptáculo comprende una pared posterior sustancial-  
mente paralela a la pared permeable a los iones.

30. 36.- Un sistema de electrodo, según cualquiera  
de las reivindicaciones 32 a 34, caracterizado porque di-  
cho receptáculo comprende una zona en forma de cuña trun-  
cada que tiene una pared posterior la cual está, por lo  
menos en parte, inclinada en separación del mismo lado y



con un mayor ángulo con respecto a la vertical, que la pared permeable a los iones.

5. 37.- Un sistema de electrodo, según la reivindicación 36, caracterizado porque la parte superior de dicha pared posterior es paralela al plano de dicha pared permeable a los iones.

10. 38.- Un sistema de electrodo, según la reivindicación 36, caracterizado porque dicha parte superior de la pared posterior constituye una proporción mayoritaria de la altura de dicha pared posterior.

15. 39.- Un sistema de electrodo, según cualquiera de las reivindicaciones 36 a 38, caracterizado porque dicha zona en forma de cuña troncada del receptáculo tiene un ángulo de cuña entre 1:20 y 1:5.

20. 40.- Un sistema de electrodo, según la reivindicación 39, caracterizado porque dicho ángulo de cuña tiene un valor aproximado de 1:10.

25. 41.- Un sistema de electrodo, según cualquiera de las reivindicaciones 32 a 40, caracterizado porque el mencionado conductor de corriente comprende un elemento en forma de placa dispuesto a tope contra una pared posterior de dicho receptáculo.

30. 42.- Un sistema de electrodo, según cualquiera de las reivindicaciones 32 a 41, caracterizado porque el conductor de corriente está compuesto sustancialmente del mismo material que las partículas del electrodo de partículas.

35. 43.- Un sistema de electrodo, según cualquiera de las reivindicaciones 32 a 42, caracterizado porque dichos medios para hacer pasar un fluido a través de dicho



receptáculo están construídos y dispuestos para que en su utilización, el medio flúido quede introducido en una zona baja de dicho receptáculo.

44.- Un sistema de electrodo, según la reivin-  
5. dicación 43, caracterizado porque dichos medios para pro-  
ducir el flujo del medio flúido comprenden un distribui-  
dor de flujo que tiene una serie de entradas separadas de  
sección transversal sustancialmente cilíndrica a través  
de las cuales, en su utilización, puede pasar un medio  
10. flúido hacia el interior del receptáculo.

45.- Una célula electroquímica, que comprende  
un primer compartimiento de electrodo que contiene un con  
traelectrodo, un segundo compartimiento de electrodo que  
contiene un sistema de electrodo que comprende un electro-  
15. do de partículas y un conductor de corriente y medios pa-  
ra hacer pasar un flúido a través de dicho segundo compar-  
timiento de electrodo en contacto con dicho electrodo de  
partículas, caracterizada porque dichos primero y segun-  
do compartimiento de electrodo están separados por un se  
20. parador que tiene una pared permeable a los iones, por lo  
menos una parte de la cual está inclinada hacia el elec-  
trodo de partículas.

46.- Una célula electroquímica, según la reivin-  
dicación 45, caracterizada por comprender medios para la  
25. circulación de un electrolito a través del compartimiento  
de un electrodo y medios para controlar la presión de tra-  
bajo en el propio compartimiento, así como la presión de  
trabajo en el compartimiento del segundo electrodo, de ma  
nera que no existe diferencia considerable de presión en-  
30. tre las caras de la membrana permeable a los iones cuando



la célula electroquímica se halla en funcionamiento.

5. 47.- Una célula electroquímica, según la reivindicación 46, caracterizada porque dichos medios de control de la presión de trabajo comprenden un impedor de flujo contenido en uno de los compartimientos de los electrodos.

10. 48.- Una célula electroquímica, según la reivindicación 47, caracterizada porque el impedor de flujo está constituido por un lecho de partículas estáticas que ocupan la mayor parte del citado compartimiento del electrodo.

15. 49.- Una célula electroquímica, según la reivindicación 47, caracterizada porque el impedor de flujo queda constituido por una pluralidad de placas perforadas dispuestas en el interior del citado compartimiento del electrodo.

20. 50.- Una célula electroquímica, según la reivindicación 47, caracterizada porque el impedor de flujo queda constituido por una pluralidad de pantallas dispuestas en el interior del citado compartimiento de electrodo.

51.- Una célula electroquímica, según la reivindicación 45, caracterizada porque dicho contraelectrodo es un electrodo de partículas.

25. 52.- Una célula electroquímica, según la reivindicación 45, caracterizada porque dicho contraelectrodo comprende un elemento en forma de placa maciza de titanio, revestido con un agente de recubrimiento electroquímicamente activo.

30.

53.- Una célula electroquímica, según la rei-



vindicación 52, caracterizada porque dicho elemento de placa de titanio está formado por una rejilla metálica expandida.

Sean cuales fueren las circunstancias que concurran en la esencialidad de la Patente de Invención, definida en las anteriores reivindicaciones, cuyo objeto es:

54.- "UN PROCESO ELECTROQUIMICO".

Consta la presente memoria de cincuenta y una hojas foliadas, mecanografiadas por una sola cara y de los dibujos unidos a la misma.


Barcelona, - 9 JUL. 1975

P.A. de PAREL SOCIETE ANONYME,

ALFONSO DURÁN  
P. P.

  
Fdo. Luis Durán Benejam

JR/pc.



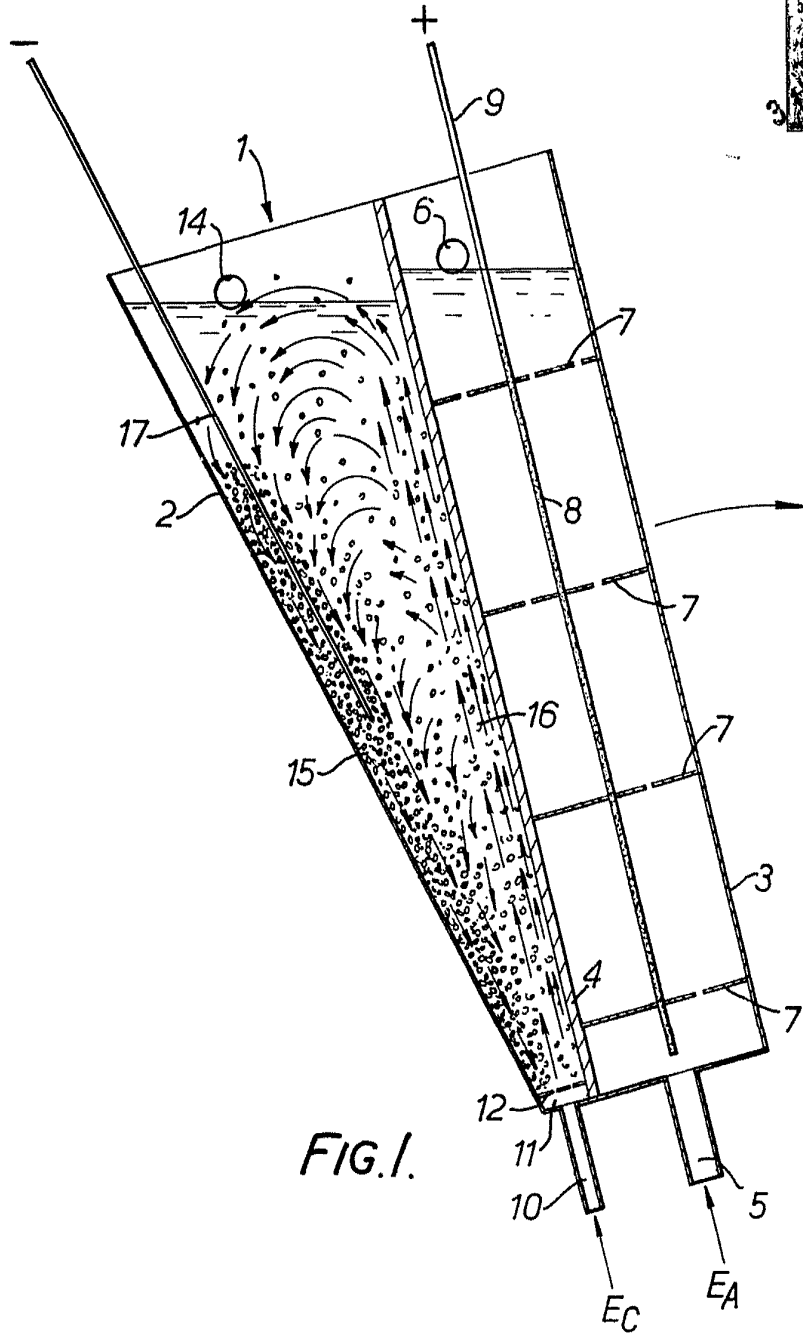


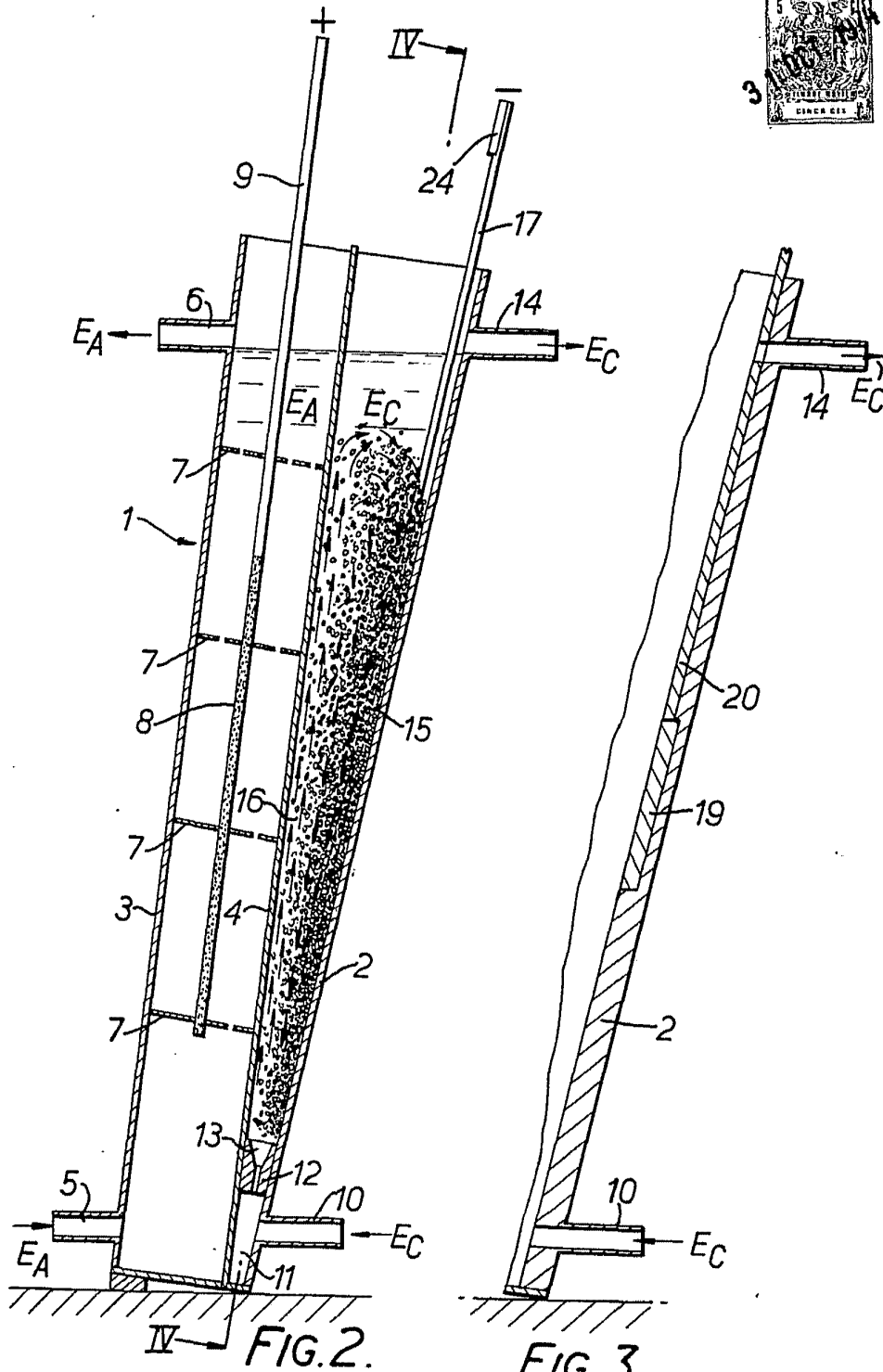
FIG. 1.

BARCELONA, 31 OCT. 1974  
P. A.

ALFONSO DURÁN  
P. P.

Fdo.: Luis Durán Benaïm

ESCALA VARIABLE



BARCELONA, 31 OCT. 1974  
P.A.  
ALFONSO DURAN  
P. P.

*[Handwritten signature]*  
Fdo.: Luis Durán Benezam

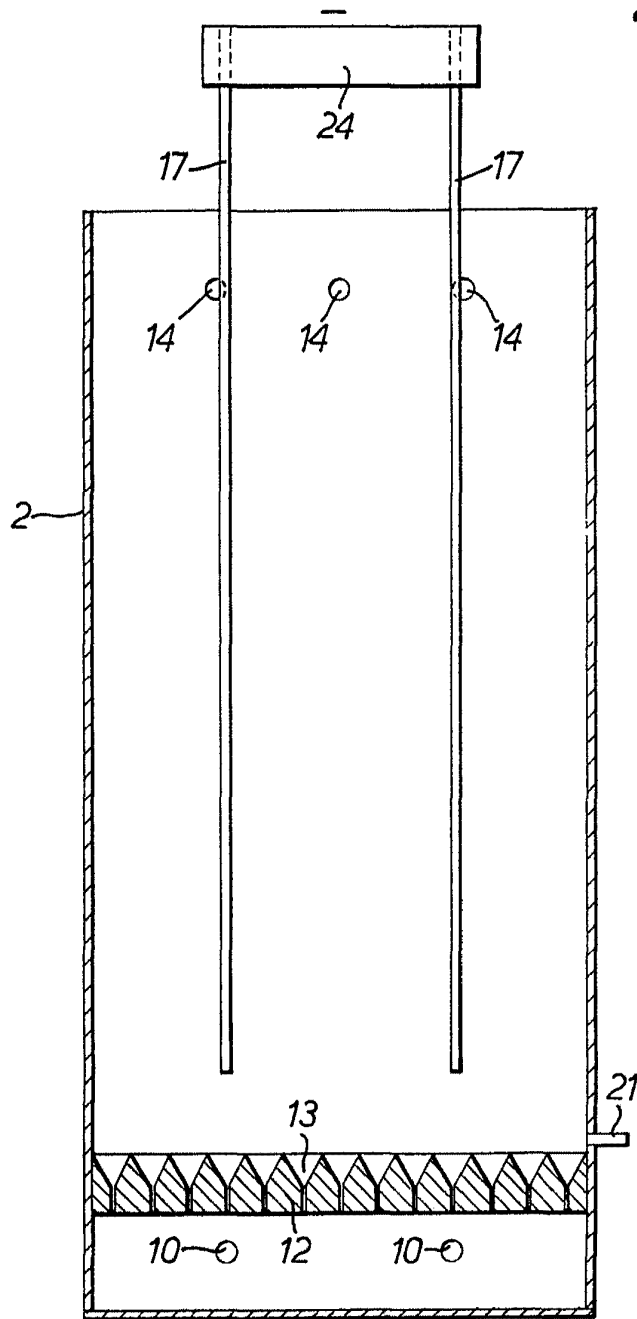


FIG.4.

BARCELONA, 31 OCT. 1974

P.A. ALFONSO DURÁN

P. P.

Fdo: Luis Durán Benéfam

ESCALA VARIABLE

31 OCT 1974  
E. I. P. A.  
C/IBERIA 111  
08002 BARCELONA

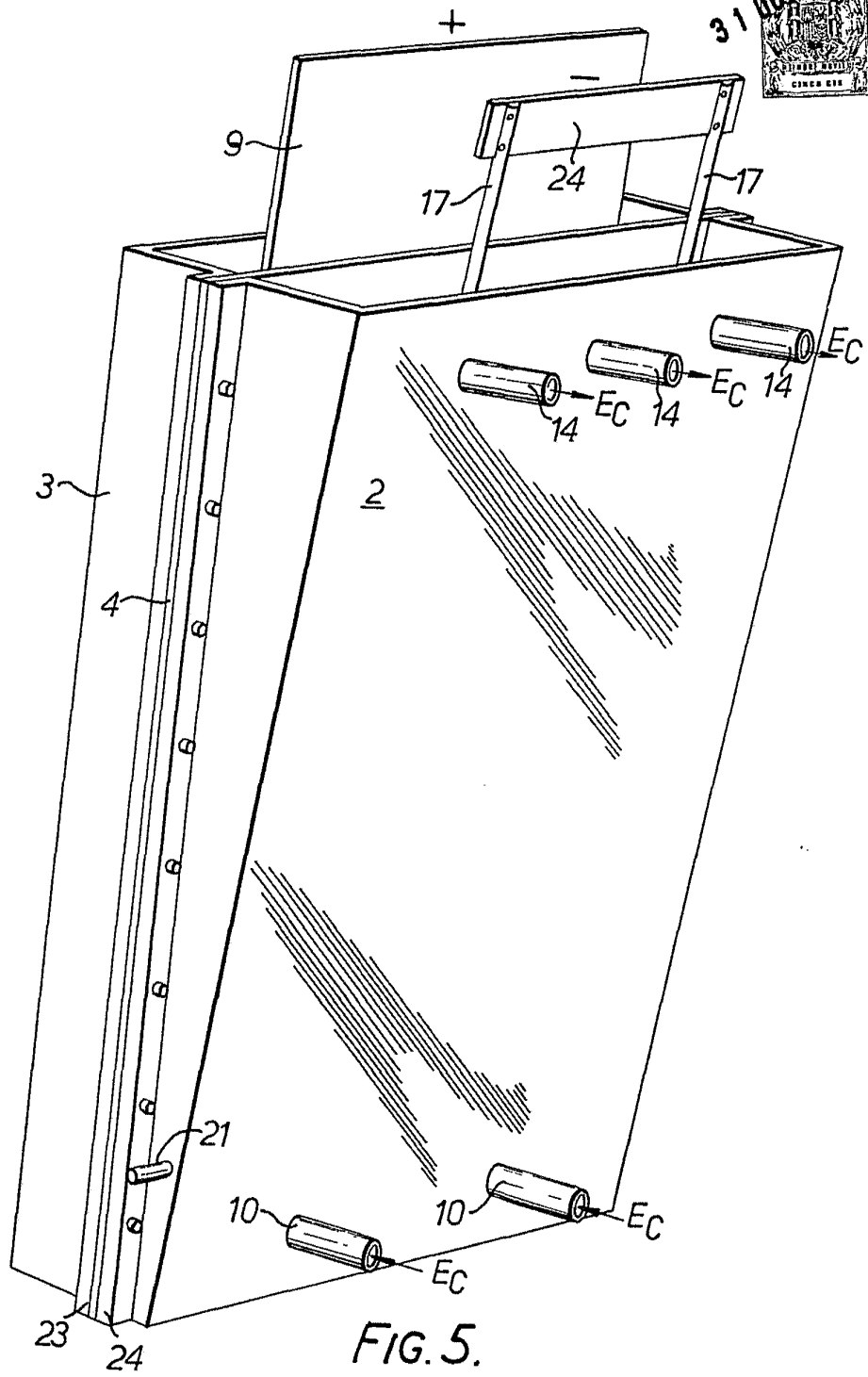


FIG. 5.

BARCELONA, 31 OCT. 1974  
P. A.  
ALFONSO DURAN  
P. P.

*[Signature]*  
Fdo.: Luis Durán Benetam

ESCALA VARIABLE

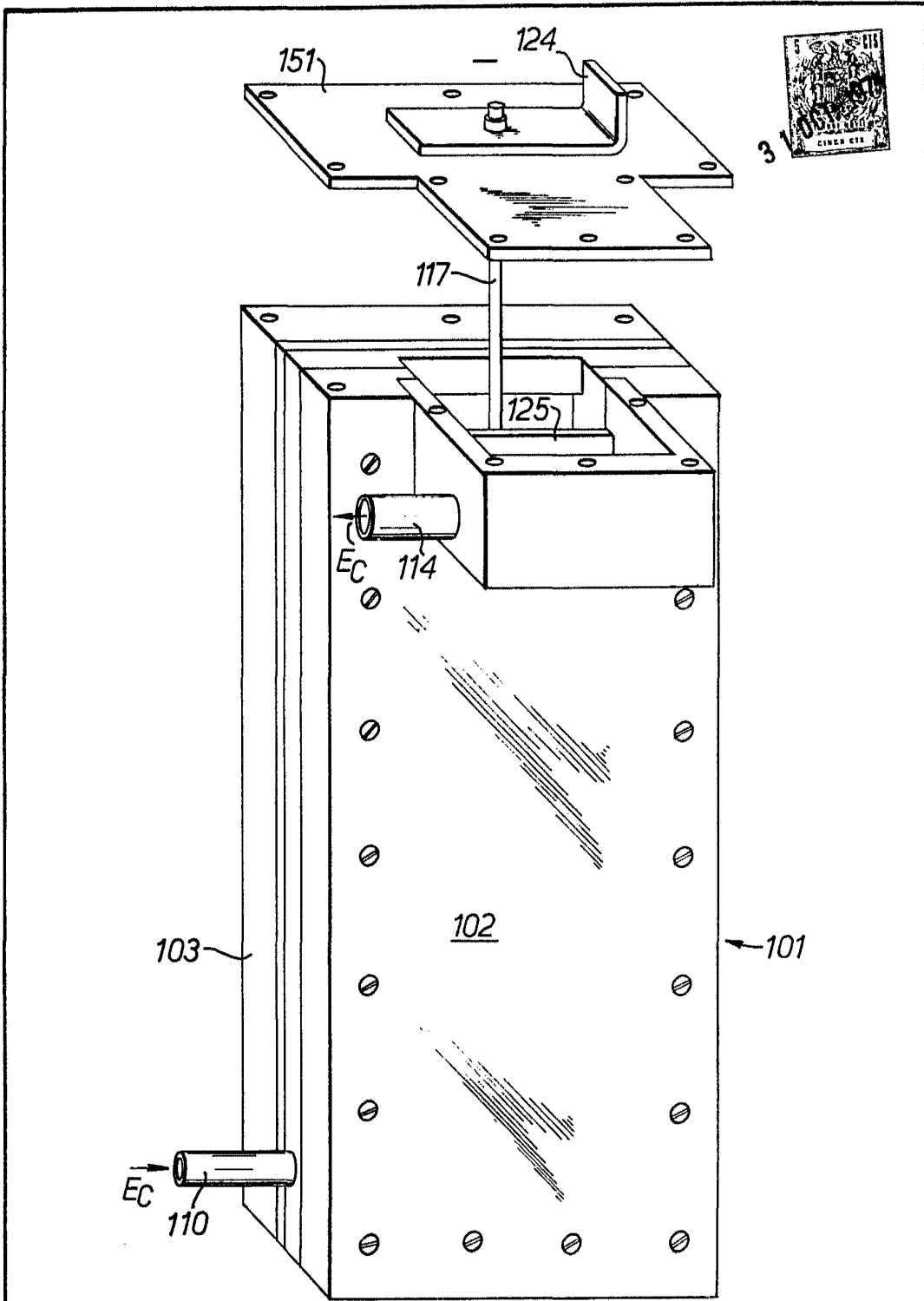


FIG. 6.

BARCELONA 31 OCT 1974  
P. A. ALFONSO DURAN  
p. p.

ESCALA VARIABLE

Fdo: Luis Durán Benéfam

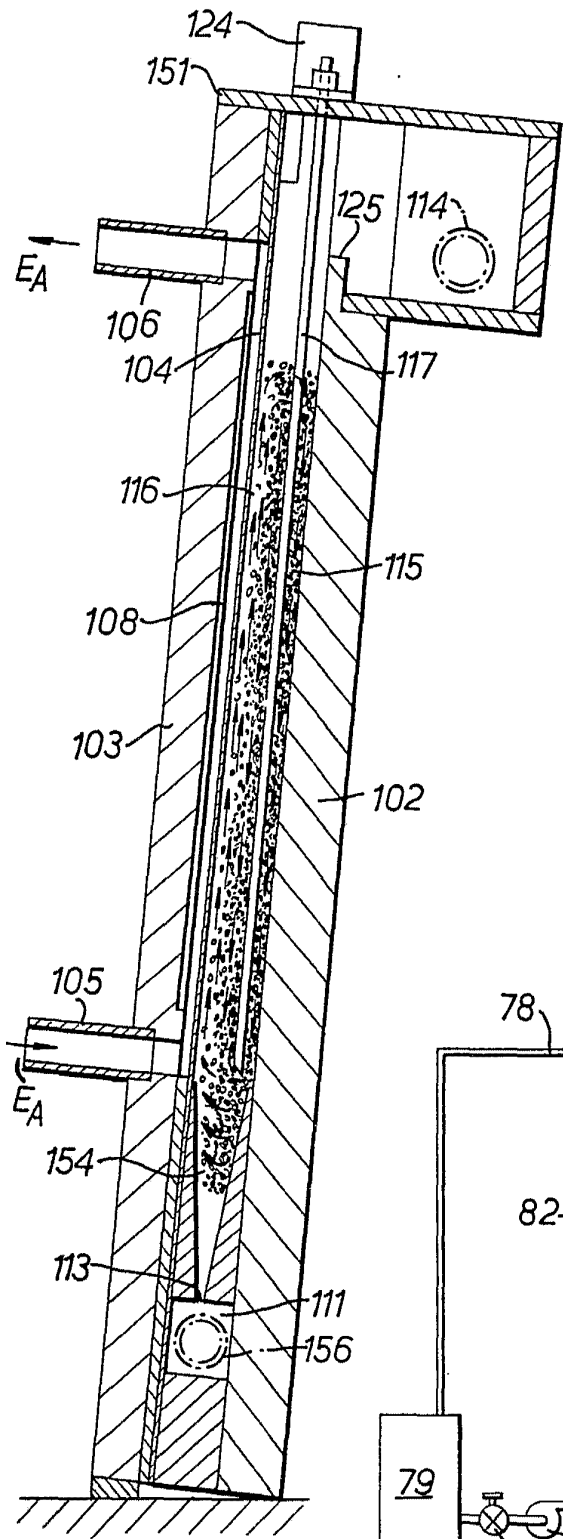


FIG. 7.

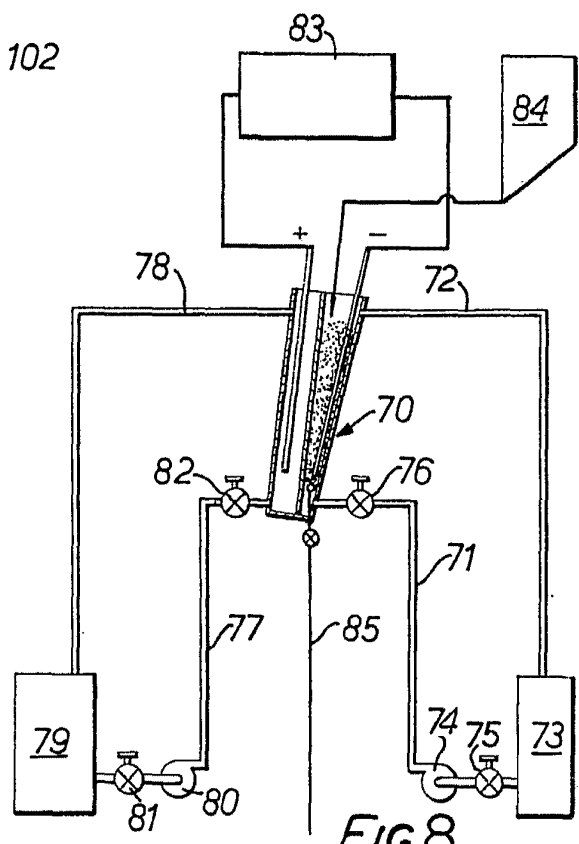


FIG. 8.

BARCELONA, 31 OCT 1974  
P.A. ALFONSO DURAN  
P. P.

*[Handwritten signature]*  
Fdo.: Luis Durán Benéfam

ESCALA VARIABLE