



229590

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a una solicitud de Certificado de Adición a la patente principal nº 192.473 por "MEJORAS INTRODUCIDAS EN LA PATENTE PRINCIPAL NUMERO 192.473 POR PROCEDIMIENTO Y APARATO PARA LA ELECTRODIALISIS DE LIQUIDOS", a favor de NEDERLANDSE CENTRALE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK, de nacionalidad holandesa, residente en La Haya (Holanda) calle de Koninkskade 12.

El presente Certificado de Adición a la patente principal 192.473, se refiere a un procedimiento para la electrodialización de líquidos, mediante el cual, se apartan los iones de una solución, cuando ésta es conducida a través de, por lo menos, una cámara que, mediante membranas selectivas, está separada de otras cámaras confinantes conduciéndose una corriente continua a través de esta cámara y membranas.

Los aparatos para desmineralizar electrodiálíticamente, o concentrar soluciones, son conocidos y han sido descritos (por ejemplo, en la patente de Estados Unidos



229590

Nº 1.840.105 y en un tratado de Kurt H. Meyer y W Strauss publicado en "Helvetia Chimica Acta 23, 1940, páginas 795 a 800).

15 Se sabe que se producen fenómenos de polarización en la superficie de membranas que están en contacto con soluciones electrolíticas, cuando se conduce a través de ellas una corriente eléctrica continua , con el resultado de que i.a. puede alterar el pH; y también disminuir o crecer la
20 concentración de electrolitos en la película de líquido, encontrándose sobre la superficie de la membrana, por lo cual disminuye o crece la tensión sobre la cámara en cuestión; estos fenómenos de polarización están detalladamente tratados por Erich Manegold y Karl Kalauch en un artículo de
25 "Kolloid Zeitschrift, 86, edición 1939, páginas de 313 á 329.

 Por tanto, según el procedimiento descrito en la patente principal Nº 192.473, el líquido, dentro de la cámara de electrodiálisis, es conducido de manera turbulenta, siendo su resultado, una reducción considerable de la
30 polarización.

 Sin embargo, cuando la configuración geométrica de la pila, llega a ser complicada, de forma que no sea posible computar su número Reynold, ya no se puede averiguar
35 "a priori" a qué velocidad será turbulento el movimiento de flujo del líquido y a qué velocidad no lo será.

 Según la presente invención, la formación de películas polarizadas y cambios locales de pH, se reducen considerablemente, por emplear una determinada velocidad mínima de la solución, que está sometida a un tratamiento en
40 una cámara de un aparato de electrodiálisis, el cual está en contacto con dos membranas selectivas.

229590



45 El objeto esencial de esta invención, es conducir un líquido destinado a ser desalzado, a través de un aparato de electrodiálisis, con una velocidad tal, que sólo mediante el flujo, se logre una mezcla esmerada del líquido, dentro de las cámaras de electrodialización, para reducir en cada parte de las cámaras, los cambios de pH a un mínimo, y especialmente para limitar en las partículas de líquido que se encuentran al lado de las membranas, la formación de capas superficiales con una baja concentración electrolítica y alta resistencia. La velocidad mínima necesaria se determina a continuación como "la velocidad crítica de despolarización"

55 Si el movimiento del líquido es completamente laminar esta "velocidad crítica de despolarización" no puede lograrse.

60 Teóricamente se desprende que la velocidad crítica de despolarización se define mediante el siguiente desarrollo:

$$V_{crit} = K \cdot \left(\frac{\eta \cdot i \cdot \rho}{D \cdot F \cdot c_0} \right)^n \cdot \frac{L}{\rho^2} \cdot \frac{\eta}{c} \quad (I)$$

en la cual,

65 V_{crit} es la velocidad del flujo, el voltaje sobre la célula de electrodiálisis siendo el 125 % de la tensión calculada sin polarización ($\mu \infty$)

K es la constante sin dimensión

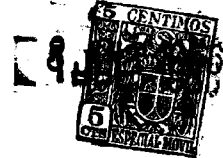
η es el rendimiento Coulomb

i es la densidad de la corriente

70 F es Faraday

D es la constante de difusión del electrólito en la solución.

c_0 es concentración en el electrólito en el lí-



223590

quido suministrado.

75

L Es el medio recorrido libre del líquido a lo largo de las membranas dentro de la cámara de electrodiálisis (1,5 cm)

§ es la anchura de dicha cámara.

80

η es la viscosidad del líquido a temperatura de trabajo.

n Apr. l (los experimentos dieron como resultado para el cloruro de sodio apr.0,8)

C es la densidad del líquido.

85

Según la invención, se evitan cambios locales del pH y se obra contra la formación de películas polarizadas en la superficie de las membranas, dentro de un aparato de electrodiálisis, es decir, electrolítico, empleando una corriente turbulenta a una velocidad superior a la definida antes como "velocidad crítica de despolarización"

90

Aunque el fondo teórico del desarrollo (I) sea relativamente complicado, la influencia de los varios términos de esta fórmula es, en efecto, plausible. Claro es que una alta intensidad de corriente fomenta la migración de los iones de las capas fronterizas cerca de las membranas, y por consecuencia, causará una reducción de la concentración en la capa fronteriza, y fomentará la polarización. También el rendimiento Coulomb tiene la misma influencia;

95

un rendimiento Coulomb bajo, significa que aniones y cationes de las respectivas cámaras de lavar, son conducidos a través de membranas en las cámaras de diálisis hacia la película polarizada de baja concentración, de modo que se obra contra la reducción de concentración de la película de superficie. Cuando la concentración de sales es más alta, el suministro de iones a la capa fronteriza,

100



229590

105 estará, debido a la difusión, en mayor proporción que cuando la concentración es baja; por ello, las altas concentraciones de sal impiden la aparición de los fenómenos de polarización. La influencia de la distancia de membranas, puede explicarse por la influencia que tiene esta distancia

110 en el estado de movimiento del líquido en la cámara; el recorrido libre del líquido a lo largo de la membrana, tiene influencia, porque las capas fronterizas se agotan más cuando el recorrido a través de la célula, es más largo, y, ciertamente, cuando el flujo no es turbulento.

115 La influencia de los otros factores (n , D , F , η , C) es de menor importancia, porque ellos son, en cada caso, constantes, variando sus valores muy poco en los diferentes casos. Estas cantidades se introdujeron, principalmente, para obtener una constante sin dimensión K .

120 Finalmente, queda para señalar que el valor K determinado mediante experimentos, no es completamente constante para distintos dispositivos, y densidades de corriente, y concentraciones que diverjan notoriamente.

Los valores calculados a base de los experimentos, se desvían aproximadamente del 10 % del valor medio.

125

Es, sin embargo, de importancia, utilizar una velocidad que no sea mucho más alta que la "crítica velocidad de despolarización", ya que significaría pérdida de energía.

130 Esto es particularmente importante, si se utilizan células muy estrechas, de anchura de 1 mm o menor, en las que es posible obtener un movimiento completamente turbulento del líquido, sólo mediante una fuerza muy elevada de impulsión de bomba.



229590

135 Teóricamente, el flujo de un líquido es completamente turbulento si el descenso de voltaje Δp en la dirección del flujo del líquido, es proporcional al cuadrado de la velocidad del líquido V , es decir, si $\Delta p \propto V^2$; para un flujo meramente laminar $\Delta p \propto V$.

140 Pero en la práctica, esta proporción cuadrada es apenas realizable, y cada flujo, en el cual el exponente de V es más alto que 1, se llama turbulento. Con un tubo redondo, de pared lisa se logra una turbulencia completa si el número Reynold es más alto que 4000, lo que corresponde, más o menos, a un exponente de V entre 1,8 y 2,0.

145 Si se utiliza una célula llana, muy estrecha, con una distancia de membranas, por ejemplo, de 1 mm. aproximadamente, como célula de electrodiálisis, la velocidad V tiene que ser muy alta para exceder el número crítico Reynolds.

150 Pero no es posible computar el número de Reynolds si en tal célula se han previsto cuerpos que influyan notablemente en el flujo.

155 En tal célula plana, que está prevista de dos cuerpos de soporte para las membranas, que influyen el flujo del líquido en la célula, la velocidad del líquido es en todo caso directamente proporcional a la diferencia de presión, es decir, $\Delta p \propto V$ mientras que la velocidad del líquido sea muy reducida. Si se aumenta esta velocidad, se alcanza un punto en el que la proporción entre la reducción de la velocidad, o la velocidad misma, y la reducción de presión en la célula, ya no es enteramente lineal, y a una velocidad muy alta, la proporción se acerca a una proporción cuadrada, es decir $\Delta p \propto V^2$.

160

3 JUL

229590



165 Si el líquido a desmineralizar es conducido a través de una cámara desalizador como un flujo meramente laminar. se producen siempre fenómenos de polarización cerca de la membrana. Estos fenómenos aumentan la tensión sobre la célula y alteran el pH de las capas fronterizas, causando, a veces, depósitos calcáreos o de sustancias coagulantes entre las membranas. Dichos fenómenos se traducen a una mínima parte, o desaparecen, si el dializato está en plena turbulencia, lo que se puede definir con una sencilla forma geométrica, como una velocidad más alta que el crítico número Reynolds; pero si la forma de la célula es compleja, no puede decirse que cada movimiento turbulento causado por una velocidad del flujo, en la cual la proporción entre la velocidad del líquido y la velocidad de la presión, ya no es lineal, sea capaz de reducir, de modo efectivo, estos fenómenos de polarización; pero la velocidad debe ser, por lo menos, igual a la crítica velocidad de despolarización, tal como se indica en ella.

175

180

185 La Tabla número I, señala el valor de K, que ha sido determinado, por vía de ensayo, en un número de experimentos con soluciones de cloruro de sodio en agua de diferentes concentraciones, con diferentes densidades de corriente y distintas anchuras de célula, tal como se expresa a continuación:

190

Nº experimento	Influencia concentr. mg CL/lit.	Densidad usual en mA/cm ²	Dist. entre Membranas	En Volts comp ²	V _k en Rendt ² cm/seg. medida	Rend. Cou- lomb	K comp ² s/fbr mula I ^a .
1	20.500	100	1.6	0.39	2,55	0.9	0.42
2	"	120	"	0.47	2.55	"	0.38
3	9.900	60	"	0.48	2.70	"	0,38
4	"	100	"	0,81	4.00	"	0,38

195

229590



	5	9.900	120	1.6	0.97	4.40	0.9	0,36
	6	5.700	60	1.6	0.84	4.40	0,85	0.42
200	7	"	100	"	1.40	5.55	"	0.36
	8	1.100	5	"	0.36	1.60	0.75	0.34
	9	1.100	25	"	1.80	6.40	0.75	0.36
	10	355	10	"	2.22	8.0	0.65	0.42
	11	5.000	25	"	0.35	3.12	0.85	0.46
205	12	1.000	10	"	0.71	4.36	0.75	0.42
	13	5.000	25	3.2	0.70	1.12	0.85	0.36

La Tabla número II, muestra el consumo de energía determinado por vía de ensayo, desalizando bajo las condiciones de los experimentos 1. 4, 6 y 10 antes indicados, así como el correspondiente consumo de energía, con otros valores de velocidad, pero bajo las mismas condiciones. Estos datos demuestran que no hay ninguna o apenas ninguna ventaja en cuanto a consumo de energía, cuando se aumenta considerablemente la velocidad del flujo sobre el valor de $V_{crit.}$, mientras que cuando una velocidad es considerablemente reducida bajo este límite, como consecuencia, aumenta el consumo de energía notablemente. Un aumento innecesario en la velocidad del flujo, tiene por consecuencia una pérdida de energía en bombas, etc.

Si se quiere lograr una reducción considerable de contenido de electrólito, la solución de éste debe ser conducida a través de una cámara de electrodiálisis, de un aparato de esta modalidad, más de una vez, a una velocidad no inferior a la crítica velocidad de despolarización para obtener una despolarización suficiente; esto puede ser resuelto de una forma conocida "per se" volviendo a conducir una parte de la solución de electrólito, siendo

13 JUL.



229590

230 superior a la cantidad que antes se llevó; en la tabla nº II se muestra el consumo de energía, a vía de ensayo, desalizando bajo las condiciones de los experimentos señalados con los números 1, 4, 6 y 10 de la Tabla I, como se aprecia a continuación en la Tabla II:

235	Nº experim.	Velocidad relativa (V/V _k)	Velocidad (V) cm/segundo	Energía (kWh/equivalencia NACL apartado).
	1	1/2	1.28	0.0477
	"	1	2.55	0.0151
240	"	2	5.10	0.0121
	"	6	15.3	0.0121
	4	1/2	2.00	0.0718
	"	1	4.00	0.0315
	"	2	8.00	0.0252
245	"	6	24.00	0.0252
	6	1/2	2.80	0.0873
	"	1	4.40	0.0346
	"	2	8.80	0.0277
	"	6	26.4	0.0277
250	10	1/2	4.-	0.277
	"	1	8.-	0.119
	"	2	16.-	0.0956
	"	6	48.-	0.0956

255 En muchos casos la nueva circulación de la solución de electrólito, a través de un aparato, se combina con una conexión en serie de aparatos, de tal modo que una corriente de solución de electrólito, se conduce a un primer aparato, y después de ser tratada en el mismo, se divide en

260 dos partes, una de las cuales se añade al suministro, y la otra, se conduce a un segundo aparato, para ser más

3 JUL



223590

265 desalizada; esta segunda parte, tras este tratamiento, se divide, a su vez, en tercera parte, que se añade a la segunda y se conduce nuevamente a través del segundo aparato, y así sucesivamente, hasta la total desalización del líquido.

270 En algunos casos en que se ha de obtener un considerable aumento o reducción del contenido del electrólito de la solución, se puede combinar un número más alto de dispositivos, en la forma antes indicada.

La solución de electrólito a desmineralizar, así como la solución de concentración aumentada, puede reconducirse, de esta forma, a través de una serie de aparatos.

275 Si se desea obtener agua potable del agua del mar, por ejemplo, una cantidad ulterior de ésta se utiliza como agua de lavar, no siendo, en este caso, necesaria la reconducción de este líquido; mas si se desea obtener agua potable de un agua salobre, es recomendable reconducir la parte de suministro a ser desmineralizada, así como la parte que se destine al uso de lavado, empleando la conexión en serie, de los aparatos.

280 La turbulencia del aparato puede ser fomentada por medios que influyan entre las membranas al estado de movimiento de la solución, que están en conexión con (y que se encuentran entre) dos membranas selectivas de una célula de electrodiálisis, y causan la turbulencia local del líquido.

290 Estos medios pueden consistir en órganos en forma de reja, descritos en la patente principal Nº 192.472, existiendo, empero, otros medios separadores para las membranas, que contribuyen a fomentar la turbulencia del líquido entre las células de diálisis, y reducir la forma-

73 JUL 1956
229590



295 ción de películas polarizadas al lado de las membranas, pudiendo menciinarse entre ellos, placas ondulantes de material aislante colocadas entre dos membranas, de tal manera que las ondas formen un ángulo con la dirección del flujo del dialisato, a través de las células.

- - - - -

300 NOTA: - Descrito suficientemente cuanto antecede, sólo resta consignar que lo que se declara como de propia y nueva invención del solicitante, es el contenido de las siguientes

REIVINDICACIONES

305 1 - Mejoras introducidas en la patente principal nº 192.473, por "Procedimiento y aparato para la electrodiálisis de líquidos" caracterizado por el hecho de que un líquido es mezclado, intensivamente, durante la electrodiálisis, conduciéndose el líquido a electrodializar, a través de un aparato electrodializador, de tal modo que el flujo de
310 las membranas del aparato, sea turbulento, siendo atravesado dicho líquido a una velocidad más alta que el desarrollo

$$V_{crit.} = K \left(\frac{\gamma i \delta}{D.F.c_0} \right)^n \cdot \frac{L}{\delta^2} \cdot \frac{\eta}{c}$$

que corresponde a la velocidad crítica de despolarización.

315 2 - Mejoras introducidas en la patente principal nº 192.473 por "Procedimiento y aparato para la electrodiálisis de líquidos".

- - - - -

Todo según queda descrito en la presente Memoria, que consta de once hojas foliadas y mecanografiadas por una sólo cara, con un total de trescientas diez y seis líneas.

Madrid, 3 de Julio de 1956.