



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 275 861**

51 Int. Cl.:  
**C25B 11/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02726226 .0**

86 Fecha de presentación : **27.03.2002**

87 Número de publicación de la solicitud: **1373601**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **02.01.2004**

54 Título: **Estructura anódica para celdas electrolíticas de cátodo de mercurio.**

30 Prioridad: **27.03.2001 IT MI01A0643**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.06.2007**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.06.2007**

73 Titular/es: **Industrie de Nora S.p.A.**  
**Via Bistolfi 35**  
**20134 Milan, IT**

72 Inventor/es: **Meneghini, Giovanni**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 275 861 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

# ES 2 275 861 T3

## DESCRIPCIÓN

Estructura anódica para celdas electrolíticas de cátodo de mercurio.

5 La presente invención está dirigida a un nuevo tipo de estructura metálica (a continuación llamada rejilla) para reacciones electroquímicas que evolucionan gas, y en particular para la reacción anódica de evolución de cloro en una celda de cátodo de mercurio para la electrólisis de cloruro de sodio con producción de cloro y de hidróxido de sodio. El objetivo de la invención es por un lado la reducción en el consumo energético de la celda de electrólisis, y por otro lado la reducción del costo para restablecer el revestimiento electrocatalítico para la evolución de cloro cuando este último resulte desactivado.

10 La producción de cloro y de hidróxido de sodio (cloro-álcali), cerca de 45 millones de toneladas de cloro al año, es efectuada en celdas electrolíticas de tipos diferentes, entre las cuales la celda electrolítica de cátodo de mercurio es de particular relevancia, por realizar una producción de aproximadamente 12 millones de toneladas de cloro al año.

15 En la fig. 1 está esbozada una típica estructura de una celda de este tipo, que consiste en una caja de hierro (1) sobre cuyo fondo (2) fluye la amalgama de mercurio (3) que constituye el cátodo. El ánodo está hecho de una multiplicidad de electrodos en forma de rejilla (4), soportados por armazones móviles (5), preferiblemente controlados por microprocesadores que tienen el objetivo de regular la distancia interpolar, que puede variar en el curso de la marcha de la celda.

20 Ya que se producen 12 millones de toneladas de cloro al año en celdas con las siguientes condiciones operativas medianas:

25	Densidad de corriente:	10 kA/m <sup>2</sup>
	Tensión ánodo/cátodo:	4.05 V
	Rendimiento farádico:	96%
	Consumo de energía:	3185 kWh/ton Cl <sub>2</sub>

30 este tipo de tecnología comporta un consumo de aproximadamente 38 millones de MWh/año.

35 En consideración de la alta cantidad de energía involucrada y del continuo aumento del costo de la electricidad, la tecnología de celda fue notablemente mejorada en el curso de los años, con el propósito de reducir el consumo energético, que representa el factor más relevante en los costos de producción.

40 Entre las numerosas innovaciones tecnológicas que más han contribuido en reducir el consumo energético, se debe enfatizar la sustitución de los ánodos consumibles de grafito con ánodos metálicos: estos últimos están típicamente hechos de titanio o de otro metal válvula, revestido con material electrocatalítico generalmente a base de metales nobles y/o de óxidos de estos últimos. Este tipo de ánodo, del que un ejemplo es dado en US 3,711,385, es todavía comercializado bajo la marca DSA<sup>®</sup> por De Nora Elettrodi S.p.A, Italia.

45 Éste consiste en una estructura metálica que comprende un armazón y una rejilla, superpuestos y recíprocamente soldados o fijados de alguna manera; el armazón cumple la función de soporte mecánico y de elemento de distribución de la corriente eléctrica a la superficie de la rejilla, que está revestida con una película electrocatalítica específica para la reacción de evolución de cloro, y constituye la superficie activa anódica.

50 La geometría de la rejilla juega un papel de grande importancia en la eficiencia del proceso de electrólisis y en el consumo energético de una celda ya que afecta, en manera determinante, su tensión y su rendimiento farádico.

En efecto, la tensión ánodo/cátodo de una celda, expresada en Voltios, puede ser calculada por medio de la relación:

$$V \text{ ánodo/cátodo} = 3.15 + K_f \times J$$

55 en donde J es la densidad de corriente aplicada para ejecutar el proceso electrolítico, expresada como kA/m<sup>2</sup>, y el término K<sub>f</sub> (o "factor K") incorpora todos los términos de origen resistivo. Los factores más importantes de dichos términos resistivos, o sea la caída óhmica entre la estructura anódica, la caída óhmica en el electrolito debida al efecto burbuja, y la caída óhmica en el electrolito debida a la distancia interpolar, dependen todos de la geometría anódica; es uno de los objetivos más importantes de la invención, en particular, minimizar los dos últimos factores.

60 El efecto burbuja es un índice del incremento de la resistencia óhmica en el electrolito debida a las burbujas de gas que se desarrollan sobre la superficie anódica de la rejilla interrumpiendo la continuidad eléctrica al interior del mismo electrolito. En particular, el efecto burbuja depende principalmente del número y del tamaño de las burbujas de gas generadas sobre la superficie anódica de la rejilla y que estancan en la inmediata cercanía de esta última entre el ánodo y el cátodo; además depende de la velocidad ascensional de las burbujas, y de la velocidad descendente del electrolito desgasado.

## ES 2 275 861 T3

En resumen, el efecto burbuja depende de la densidad de corriente real sobre la superficie anódica (que determina la cantidad de burbujas que se desarrollan por unidad de tiempo), de la geometría de la rejilla (que determina la razón entre superficie de trabajo real en donde se evoluciona el gas y superficie proyectada, tan como la resistencia a la expulsión del gas), y de los eventuales aparatos accesorios dirigidos a mejorar la fluidodinámica. En particular, es un primer objetivo de la presente invención proveer una geometría de rejilla anódica que produce una minimización del efecto burbuja.

Aún en ausencia de efecto burbuja, la caída óhmica al interior del electrolito es directamente proporcional a la distancia interpolar, así que es extremadamente importante llevar la superficie anódica lo más cerca posible al cátodo de mercurio, ajustando la distancia entre las superficies anódica y catódica en modo progresivo. Es necesario sin embargo mantener un cierto margen de seguridad, para evitar que el mercurio toque en algunos puntos la superficie anódica, causando peligrosos fenómenos de cortocircuito. Por este motivo, será posible mantener una distancia interpolar tanto más reducida cuanto mejor es la planeidad de la estructura anódica. Es otro objetivo de la presente invención proveer una geometría de rejilla anódica con características de planeidad mejoradas con respecto a la técnica anterior.

En las celdas industriales más recientes, que marchan en condiciones ideales, el  $K_f$  es normalmente comprendido entre 0.065 y 0.085 V m<sup>2</sup>/kA, según el tamaño de la celda, el tipo de ánodo y el sistema de regulación de la distancia interpolar con que la celda está equipada, de los cuales:

~ 0.0070 - 0.0080 V m<sup>2</sup>/kA son atribuibles a la caída óhmica al interior de la estructura anódica.

~ 0.0310 - 0.0410 V m<sup>2</sup>/kA son atribuibles al efecto burbuja en correspondencia de la superficie anódica.

~ 0.0270 - 0.0360 V m<sup>2</sup>/kA son atribuibles a la caída óhmica en el electrolito, en función de la distancia interpolar.

En otros términos, cerca de 10% del  $K_f$  es atribuible a la estructura anódica, cerca de 50% al efecto burbuja, y el restante 40% a la distancia interpolar.

Para una dada celda en determinadas condiciones de proceso, el  $K_f$  mínimo obtenible es por lo tanto una propiedad del ánodo, en gran parte atribuible a las características de la rejilla (aproximadamente 90%), ya que depende de la amplitud de la región afectada por el efecto burbuja y por la planeidad de la misma rejilla.

Por este motivo, desde la introducción de los ánodos metálicos, la rejilla ha sido el objeto de varias invenciones, entre las cuales se recuerdan por su relevancia industrial:

- El mencionado ánodo metálico de US 3,711,385, que en sus primeras realizaciones industriales comprendía una rejilla hecha de mallas, o más comúnmente de una multiplicidad de barras de titanio con un diámetro de cerca de 3 mm y una luz de paso de 4.5 mm, dispuestas paralelamente, y soportadas por un armazón distribuidor de corriente, a su vez hecho de conductores rectangulares de titanio. Aún gozando de un éxito notable al tiempo de su introducción, esta configuración presentaba algunas grandes limitaciones, debidas al efecto burbuja tan como al efecto de ocultamiento de las barras hacia la superficie catódica, con consecuentes dificultades de circulación del electrolito y de eliminación del gas en condiciones de marcha a alta densidad de corriente y con distancia interpolar reducida. Los mejores resultados industriales conocidos con este tipo de ánodo, comúnmente llamado "ánodo de barras", en marcha a 10 kA/m<sup>2</sup>, son los siguientes:

Tensión ánodo/cátodo:	4.00 V
$K_f$ :	0.085 V m <sup>2</sup> /kA
Rendimiento farádico:	~ 96%
Consumo de energía:	3146 kWh/ton Cl <sub>2</sub>

Con el propósito de superar estos inconvenientes, la Patente US 4,263,107 describe deflectores hidrodinámicos, armados en la parte superior de la rejilla, que generan movimientos convectivos para reducir el efecto burbuja, mejoran la fluidodinámica y aseguran una renovación eficaz del electrolito.

El efecto de ocultamiento de las barras fue posteriormente reducido con la introducción de la invención descrita en US 4,364,811, de acuerdo con la cual una rejilla hecha de una multiplicidad de tiras rectangulares, de aproximadamente 1.5 mm de espesor, 5 mm de altura y distanciadas 4.0 mm, definidas como cuchillas, dispuesta verticalmente con respecto al cátodo, fue acoplada a un armazón de la técnica anterior. Los mejores resultados industriales conocidos con este tipo de ánodo, en marcha a 10 kA/m<sup>2</sup>, son los siguientes:

Tensión ánodo/cátodo:	3.90 V
$K_f$ :	0.075 V m <sup>2</sup> /kA
Rendimiento farádico:	~ 96%
Consumo de energía:	3067 kWh/ton Cl <sub>2</sub>

## ES 2 275 861 T3

Se obtuvieron resultados todavía mejores acoplando los sistemas hidrodinámicos de US 4,263,107 a una rejilla hecha de tiras triangulares, con su vértex orientado hacia el cátodo de mercurio, como descrito en la Patente Italiana n° 1.194.397. Esta nueva configuración, en la que dichas tiras triangulares tienen, como dimensiones típicas, una base de 2.2 mm, una altura de 3.7 mm, un vértex redondeado de 0.5 mm y paso (definido como la distancia entre los ejes de dos tiras consecutivas) de 3.5 mm, ha llevado a una significativa reducción del efecto burbuja y del efecto de ocultamiento de las barras, y a un sensible mejoramiento de la fluidodinámica.

Los mejores resultados industriales obtenidos con este tipo de ánodo, todavía comercializado por De Nora Elettrodi S.p.A. bajo la marca RUNNER®, operando a 10 kA/m<sup>2</sup>, son los siguientes:

Tensión ánodo/cátodo:	3.80 V
K <sub>f</sub> :	0.065 m <sup>2</sup> /kA
Rendimiento farádico:	~ 96%
Consumo de energía:	2988 kWh/ton Cl <sub>2</sub>

Una solución alternativa fue propuesta en la Patente US 5,589,044, que describe un armazón similar a los precedentes, acoplado a una rejilla hecha de una multiplicidad de tiras rectangulares y especialmente configurada con el propósito de aumentar la superficie efectiva en correspondencia de los costados verticales, y de reducir el efecto de estancamiento de las burbujas sobre la superficie que mira hacia el cátodo. Pese a que los resultados obtenidos con este tipo de rejilla sean mejores que aquellos obtenidos con la rejilla de US 4,364,811, todavía permanecen por debajo de aquellos obtenidos con la rejilla de IT 1.194.397.

Las configuraciones de rejilla de la técnica anterior descritas más arriba, diferentes en términos de propiedades hidrodinámicas, efecto burbuja y efecto de ocultamiento del cátodo, tienen todavía dos diferentes aspectos en común:

- la planeidad general de la superficie anódica es obstaculizada por el hecho que las tolerancias relativas a la multiplicidad de elementos que constituyen la rejilla (barras, cuchillas o tiras) y a las soldaduras necesarias a fijar estos últimos al armazón se suman a las tolerancias relativas al mismo armazón. Para todas las rejillas de la técnica anterior, las tolerancias típicas a lo largo de la superficie anódica se sitúan entre 0.5 y 1 mm, aún recurriendo a maquinarias bastante controladas y sofisticadas (y por lo tanto costosas).

- la restauración de las propiedades catalíticas de las estructuras electródicas agotadas (que hay que repetir en ciclos que varían de 2 a 5 años, según las condiciones operativas de la planta) involucra labores complejas y muy costosas que consisten en remover el revestimiento agotado con medios mecánicos (arenado) y químicos (decapado), muchas veces produciendo distorsiones mecánicas; en ciertos casos, por lo tanto, se requiere un trabajo adicional para restablecer la planeidad de la rejilla, antes (o después) de la aplicación de un nuevo revestimiento catalítico. Las prestaciones de un ánodo reactivado no son prácticamente nunca equivalentes a las de un ánodo de nueva construcción, por un lado porque el restablecimiento de la planeidad no es nunca perfecto, y por otro lado porque la remoción del revestimiento agotado a veces no puede ser completada, o porque el material que constituye la rejilla está sujeto a modificaciones morfológicas no siempre reversibles. Finalmente, es obligatorio remover el entero revestimiento catalítico aún en el caso en que parte de ello no se haya gastado, para recuperar la completa operatividad de la superficie activa. Todo esto implica un considerable e inútil gasto de materia que consiste en metales preciosos extremadamente costosos, tales como rutenio, iridio, platino etc.

Es un objetivo de la invención proporcionar una nueva configuración de rejilla que vuelve posible superar los problemas de la técnica anterior que surgen del efecto burbuja, de la fluidodinámica, de la planeidad de la superficie anódica, de los defectos asociados a la reactivación de los elementos agotados.

La invención será descrita refiriéndose a la fig. 2, que representa una vista axonométrica de una rejilla anódica.

Esta última comprende una multiplicidad de cuchillas (6) de un metal válvula, por ejemplo titanio puro o en aleación, generalmente recíprocamente paralelas, sujetadas ortogonalmente a una multiplicidad de elementos de soporte, por ejemplo barras (7), preferiblemente hechas del mismo metal válvula de las cuchillas (6); sobre estas últimas, se aplica preferiblemente un revestimiento electrocatalítico específico para la reacción de evolución de cloro. En una forma de realización preferida, el revestimiento electrocatalítico es aplicado al menos sobre las paredes verticales de dichas cuchillas, o al menos sobre una porción de ellas. El revestimiento electrocatalítico es aplicado sólo sobre una parte de la superficie de la rejilla o sobre la entera superficie de esta última, como conocido en la técnica.

La rejilla de la invención debe ser sujeta a un armazón nuevo o usado, que tiene la función de soporte mecánico y de conductor/distribuidor de corriente a la misma rejilla. El tamaño de la nueva rejilla puede variar según las dimensiones del armazón al que tiene que ser sujeta y según el tamaño de la celda en la que debe ser instalada. Como mero ejemplo, un tipo de armazón según la técnica anterior prevé el uso de superficies de rejilla de cerca de 700 mm x 800 mm.

El espesor de las cuchillas (6) está comprendido entre 0.2 y 1 mm, y un valor particularmente preferido es 0.3 - 0.5 mm. La altura de las cuchillas está comprendida entre 8 y 20 mm, preferiblemente 12 mm. La distancia

## ES 2 275 861 T3

entre dos cuchillas adyacentes está comprendida entre 1.5 y 2.5 mm, y preferiblemente 2.0 mm. En una forma de realización preferida, para una rejilla con una superficie de 700 mm x 800 mm, las cuchillas (6) están sujetadas por medio de 4 barras de titanio de 2-3 mm de diámetro soldadas ortogonalmente en la parte superior, que actúan como elementos de soporte (7). El número, las dimensiones y la naturaleza de los elementos de soporte (7) pueden de todas maneras variar según las dimensiones de la rejilla, el tipo de armazón distribuidor de corriente y otras consideraciones asociadas a los parámetros de proceso.

La configuración descrita se ha demostrado sorprendentemente eficaz en términos de minimización del efecto burbuja y de incremento de la fluidodinámica. Además, la particular geometría de las cuchillas tiene un efecto positivo sobre la planeidad del electrodo, eliminando al mismo tiempo la necesidad de proveer a reactivaciones costosas y peligrosas. En efecto:

- El tipo particular de rejilla, con cuchillas largas y distanciadas activadas catalíticamente en las paredes verticales, permite el rectificado de su superficie después del ensamblaje y de la activación. En otras palabras, en vez de sumar las tolerancias del armazón, de los elementos constituyentes de la rejilla y de las relativas soldaduras para determinar la tolerancia total, es ahora posible ensamblar la rejilla preactivada al armazón y proceder al rectificado (u otro trabajo mecánico equivalente) del conjunto general en la superficie que debe mirar hacia el cátodo, con tolerancias totales que no exceden 0.2 mm ( $\pm 0.1$  mm). Esto permite mantener distancias interpolares extremadamente reducidas sin el riesgo de fenómenos peligrosos y dañinos de cortocircuito local. La operación descrita comporta la abrasión del material de la cuchilla con eliminación del revestimiento catalítico en la superficie que mira hacia el cátodo de mercurio (correspondiente al espesor de las cuchillas). Esta eliminación no comporta algún problema, ya que el revestimiento catalítico eficaz es prácticamente sólo aquél que está depositado sobre las paredes verticales de las cuchillas.

- La longitud de las cuchillas comporta el hecho de que sólo una parte de la superficie vertical activada constituye la superficie activa de trabajo, y por lo tanto sólo parte del revestimiento catalítico está sujeta a deterioro; una vez agotada dicha parte del revestimiento, que corresponde a algunos milímetros de cuchilla, en vez de someter el ánodo a reactivación, con todos los inconvenientes relativos descritos más arriba, es suficiente proveer a un nuevo rectificado que remueva la porción agotada. Este procedimiento permite apreciables ahorros de revestimiento electrocatalítico y una sensible reducción en el tiempo de preparación, en particular tomando en cuenta que éste puede repetirse más de una vez, resultando en un consistente aumento de la duración total del ánodo, en costos de producción extremadamente reducidos, y en tensiones de celda ánodo/cátodo casi invariadas en el curso del entero ciclo de vida.

A una densidad de corriente de 10 kA/m<sup>2</sup>, una rejilla de 700 mm x 800 mm que tenía las dimensiones preferidas mencionadas más arriba (cuchillas altas 12 mm, espesas 0.3 mm y distanciadas 2.0 mm), acoplada a los aparatos hidrodinámicos para generación de movimientos convectivos descritos en US 4,263,107, dio los siguientes resultados:

Tensión ánodo/cátodo:	3.60 V
K <sub>f</sub> :	0.045 m <sup>2</sup> /kA
Rendimiento farádico:	~ 96%
Consumo de energía:	2832 kWh/ton Cl <sub>2</sub>

con un ahorro energético total de cerca de 150 kWh/ton Cl<sub>2</sub> con respecto a las mejores prestaciones del electrodo RUNNER<sup>®</sup> y de cerca de 250 kWh/ton Cl<sub>2</sub> con respecto a los ánodos de cuchillas de la técnica anterior (según la descripción de US 4,364,811). Sin querer vincular la invención a alguna teoría particular, se pueden hipotizar las siguientes razones para estas prestaciones absolutamente sorprendentes:

- Una menor superficie de cuchilla está situada en frente del mercurio: 0.3 mm, según el ejemplo de la invención, en vez de 1.5 y 0.5 mm respectivamente de la rejilla de US 4,364,811 y del electrodo RUNNER<sup>®</sup> en sus realizaciones industriales conocidas; este factor permite la disminución radical del estancamiento de burbujas en la porción de superficie anódica que mira hacia el cátodo, mejorando así el rendimiento farádico a la mínima distancia interpolar.

- Se padece una caída óhmica menor en el electrolito ya que se puede mantener una menor distancia interpolar, debido a la superior planeidad de la superficie de rejilla, delimitada por las partes longitudinales de las cuchillas, que está en frente del cátodo, la cual tiene una tolerancia máxima de 0.2 mm frente a 0.5 - 1 mm obtenibles, en los casos más favorables, con las rejillas de la técnica anterior.

- Una superficie anódica superior está proporcionada por un lado por el aumentado número de cuchillas por unidad de superficie proyectada (2.3 mm de paso de rejilla según el ejemplo citado, frente a 3.5 - 4 mm de la técnica anterior), y por otro lado por el reducido efecto de estancamiento de las burbujas, que también afecta este factor.

- Fluidodinámica mejorada debido a la altura de las cuchillas: 12 mm según el ejemplo, frente a 5.0 y 3.7 mm respectivamente típicos de las rejillas de US 4,364,811 y de IT 1.194.397 (RUNNER<sup>®</sup>). El incremento en la altura provoca un "efecto chimenea" eficaz con una rápida renovación del electrolito sobre la superficie electródica, y una ulterior reducción del efecto burbuja debido a una aumentada velocidad ascensional de las burbujas.

# ES 2 275 861 T3

## REIVINDICACIONES

5 1. Un ánodo para evolución de cloro en un proceso electrolítico cloro-álcali de cátodo de mercurio, que consiste en un armazón distribuidor de corriente y en una rejilla de titanio o aleación de titanio u otro metal válvula o aleación de metal válvula que comprende una multiplicidad de cuchillas generalmente paralelas sujetadas a una multiplicidad de elementos de soporte, las cuchillas teniendo un espesor comprendido entre 0.2 y 1 milímetros y una altura comprendida entre 8 y 20 milímetros, la distancia entre una cuchilla y la sucesiva estando comprendida entre 1.5 y 2.5 milímetros, en donde al menos las superficies verticales principales de las cuchillas están provistas de un revestimiento electrocatalítico para evolución de cloro y en donde las superficies de las cuchillas enfrentadas al cátodo de mercurio están trabajadas mecánicamente definiendo un plano que tiene una tolerancia no superior a 0.2 milímetros.

10 2. El ánodo según la reivindicación 1 en donde las cuchillas tienen un espesor comprendido entre 0.3 y 0.5 milímetros.

15 3. El ánodo según la reivindicación 1 o 2 en donde la superficie superior de la rejilla comprende aparatos hidrodinámicos para la generación de movimientos convectivos.

20 4. El ánodo según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3 en donde los elementos de soporte están hechos de barras.

25 5. El ánodo según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3 en donde las cuchillas tienen una altura de 12 milímetros, la distancia entre cuchillas adyacentes es de 2.0 milímetros, y los elementos de soporte son barras de diámetro comprendido entre 2 y 3 milímetros sujetadas ortogonalmente a la superficie superior de dichas cuchillas.

30 6. El ánodo según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5 en donde la multiplicidad de cuchillas está sujeta a la multiplicidad de elementos de soporte por soldadura.

35 7. Método para la producción del ánodo según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 6 que comprende la activación de las cuchillas con dicho revestimiento electrocatalítico, el ensamblaje de la rejilla al armazón, y un trabajo mecánico final de la superficie de dicha rejilla que debe ser puesta en frente del cátodo de mercurio apto a asegurar la planeidad de dicha superficie.

40 8. El método según la reivindicación 7 en donde dicho trabajo mecánico es un rectificado.

45 9. Método para la reactivación del ánodo según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 6, que comprende remover mecánicamente una porción de dichas cuchillas en correspondencia de la cual dicho revestimiento electrocatalítico está agotado.

50 10. El método según la reivindicación 9 en donde dicha remoción mecánica es efectuada por rectificado.

55 11. Uso de un ánodo según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 6 en una celda de electrólisis de cloruro sódico de cátodo de mercurio para la producción de cloro.

60

65

70

75

80