

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 439 319**

51 Int. Cl.:

C25B 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2010 E 10762916 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2013 EP 2486171**

54 Título: **Cátodo para procedimientos electrolíticos**

30 Prioridad:

08.10.2009 IT MI20091719

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

22.01.2014

73 Titular/es:

**INDUSTRIE DE NORA S.P.A. (100.0%)
Via Bistolfi 35
20134 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**ANTOZZI, ANTONIO LORENZO;
BRICHESE, MARIANNA y
CALDERARA, ALICE**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 439 319 T3

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

DESCRIPCIÓN

Cátodo para procedimientos electrolíticos

Campo de la invención

5 La invención se refiere a un electrodo para su uso en procedimientos electrolíticos y a un método de fabricación del mismo.

Antecedentes de la invención

10 La invención se refiere a un cátodo para procedimientos electrolíticos, en particular a un cátodo adecuado para el desprendimiento de hidrógeno en un procedimiento electrolítico industrial. A continuación, se hará referencia a electrólisis de cloro-álcali como un procedimiento típico de electrólisis industrial con desprendimiento de hidrógeno catódico, pero la invención no está limitada a una aplicación particular. En la industria de los procedimientos electrolíticos, la competitividad está asociada a diversos factores, de los cuales el principal es la reducción del consumo de energía, correlacionado directamente con la tensión de funcionamiento; esto justifica los muchos esfuerzos dirigidos a reducir los diversos componentes de esto último, por ejemplo caídas óhmicas, que dependen de parámetros del procedimiento tales como temperatura, concentración de electrolitos y espacio entre electrodos, además de la sobretensión anódica y catódica. Por este motivo, aunque pueden usarse algunos materiales metálicos químicamente resistentes que carecen de actividad catalítica, tales como por ejemplo aceros al carbono, como cátodos que desprenden hidrógeno en diversos procedimientos electrolíticos, el uso de electrodos activados con un recubrimiento catalítico se ha extendido más con el fin de disminuir la sobretensión en cátodos de hidrógeno. Por tanto, pueden obtenerse buenos resultados usando sustratos metálicos, por ejemplo hechos de níquel, cobre o acero, provistos de recubrimientos catalíticos basados en óxido de rutenio o platino. Los ahorros energéticos que pueden obtenerse a través del uso de cátodos activados de hecho en ocasiones pueden compensar los costes que derivan del empleo de catalizadores basados en metales preciosos. En cualquier caso, la conveniencia económica del uso de cátodos activados depende básicamente de su vida útil operativa: con el fin de compensar el coste de instalación de estructuras catódicas activadas en una célula de cloro-álcali es necesario, por ejemplo, garantizar su funcionamiento durante un periodo de tiempo no menor de 2 ó 3 años. Sin embargo, la gran mayoría de recubrimientos catalíticos basados en metales nobles experimentan grandes daños tras las inversiones de corriente ocasionales que pueden producirse normalmente en caso de mal funcionamiento de las plantas industriales: el paso de corriente anódica, incluso de duración limitada, conduce a un desplazamiento del potencial a valores muy altos, que de alguna manera dan lugar a la disolución de óxido de rutenio o de platino. Se propuso una solución parcial de este problema en la solicitud de patente internacional WO 2008/043766 incorporada en el presente documento en su totalidad, que da a conocer un cátodo obtenido sobre un sustrato de níquel provisto de un recubrimiento que consiste en dos zonas diferenciadas, una de las cuales comprende paladio y opcionalmente plata, con una función protectora especialmente frente a fenómenos de inversión de corriente, y una zona de activación que comprende platino y/o rutenio, preferiblemente mezclados con un pequeño contenido de rodio, con una función de catalizador para el desprendimiento de hidrógeno catódico. El aumento en la tolerancia a los fenómenos de inversión de corriente puede atribuirse supuestamente al papel del paladio, que puede formar hidruros durante el funcionamiento catódico normal; durante las inversiones, los hidruros se ionizarán impidiendo que el potencial del electrodo se desplace a niveles peligrosos. Aunque la invención dada a conocer en el documento WO 2008/043766 demuestra ser útil en la ampliación de la vida útil de cátodos activados en procedimientos de electrólisis, sólo se proporcionan rendimientos adecuados mediante las formulaciones que contienen una cantidad significativa de rodio; debido al precio muy elevado del rodio y a la disponibilidad limitada de este metal, esto parece ser una gran limitación para el uso de este tipo de recubrimientos.

45 Por tanto, se ha puesto en evidencia la necesidad de una nueva composición de cátodo para procedimientos electrolíticos industriales, en particular para procedimientos electrolíticos con desprendimiento catódico de hidrógeno, caracterizados por una actividad catalítica más alta y por una duración y tolerancia equivalente o más alta a las inversiones de corriente accidentales en las condiciones de funcionamiento habituales con respecto a formulaciones de la técnica anterior.

Sumario de la invención

Se exponen diversos aspectos de la invención en las reivindicaciones adjuntas.

50 En una realización, un cátodo para procedimientos electrolíticos consiste en un sustrato metálico, por ejemplo hecho de níquel, cobre o acero al carbono, provisto de un recubrimiento catalítico que comprende al menos dos capas, conteniendo ambas paladio, elementos de tierras raras y al menos un componente seleccionado de platino y rutenio, en el que la cantidad en porcentaje de elementos de tierras raras es mayor en la capa interior, de manera indicativa superior al 45% en peso, y menor en la capa exterior, de manera indicativa del 10 al 45% en peso. En una realización, la cantidad en porcentaje del elemento de tierras raras es del 45 al 55% en peso en la capa catalítica

interior y del 30 al 40% en peso en la capa catalítica exterior. En la presente descripción y en las reivindicaciones de la presente solicitud, la cantidad en porcentaje en peso de los diversos elementos se refiere a los metales, excepto cuando se especifique lo contrario. Los elementos indicados pueden estar presentes como tales o en forma de óxidos u otros compuestos, por ejemplo el platino y el rutenio pueden estar presentes en forma de metales u óxidos, los elementos de tierras raras principalmente como óxidos, el paladio principalmente como óxido tras la fabricación del electrodo y principalmente como metal en condiciones de funcionamiento con desprendimiento de hidrógeno. Sorprendentemente, los inventores han observado que la cantidad de elementos de tierras raras dentro de la capa catalítica presenta su acción protectora frente al componente noble más eficazmente cuando se establece un determinado gradiente de composición, en particular cuando el contenido de elemento de tierras raras es menor en la capa más exterior. Sin querer limitar la invención a ninguna teoría particular, puede asumirse que la cantidad reducida de elemento de tierras raras en la capa exterior hace que los sitios catalíticos de platino o rutenio sean más accesibles al electrolito, sin alterar significativamente la estructura global del recubrimiento. En una realización, los elementos de tierras raras comprenden praseodimio, aunque los inventores descubrieron que otros elementos del mismo grupo, por ejemplo cerio y lantano, pueden presentar una acción análoga con resultados similares. En una realización, el recubrimiento catalítico está libre de rodio; la formulación de recubrimiento catalítico con una cantidad reducida de elementos de tierras raras en la capa más exterior se caracteriza por una sobretensión catódica de desprendimiento de hidrógeno extremadamente baja, de modo que el uso de rodio como catalizador se vuelve innecesario. Esto puede tener la ventaja de reducir el coste de fabricación del electrodo en un grado notable, dada la tendencia del precio de rodio a permanecer constantemente más alto que los de platino y rutenio. En una realización, la razón en peso de paladio con respecto a componente noble es de 0,5 a 2 en relación con los metales; esto puede tener la ventaja de proporcionar una actividad catalítica adecuada combinada con una protección adecuada del catalizador frente a fenómenos de inversión de corriente accidental. En una realización, el contenido de paladio en tal formulación puede sustituirse parcialmente por plata, por ejemplo con una razón molar de Ag/Pd de 0,15 a 0,25. Esto puede tener la ventaja de mejorar la capacidad del paladio para absorber hidrógeno durante el funcionamiento y oxidar el hidrógeno absorbido durante las inversiones de corriente accidentales.

En una realización, el electrodo descrito anteriormente se obtiene mediante pirólisis oxidativa de disoluciones precursoras, es decir mediante descomposición térmica de al menos dos disoluciones aplicadas secuencialmente; ambas disoluciones comprenden sales u otros compuestos solubles de paladio, de un elemento de tierras raras tal como praseodimio y de al menos un metal noble tal como platino o rutenio, con la condición de que la disolución aplicada en último lugar, dirigida a formar la capa catalítica más exterior, tenga una cantidad en porcentaje de elemento de tierras raras menor que la de la disolución aplicada en primer lugar. En una realización, las sales contenidas en las disoluciones precursoras son nitratos y su descomposición térmica se lleva a cabo a una temperatura de 430-500°C en presencia de aire.

Algunos de los resultados más significativos obtenidos por los inventores se presentan en los siguientes ejemplos, que no deben interpretarse como una limitación de la extensión de la invención.

EJEMPLO 1

Se sometió una malla de níquel 200 de 100 mm x 100 mm x 0,89 mm de tamaño a un tratamiento de chorro con corindón, entonces se atacó con ácido en HCl en ebullición al 20% durante 5 minutos. Entonces se pintó la malla con 5 revestimientos de una disolución acuosa de diamino-dinitrato de Pt (II) (30 g/l), nitrato de Pr (III) (50 g/l) y nitrato de Pd (II) (20 g/l) acidificada con ácido nítrico, con ejecución de un tratamiento térmico de 15 minutos a 450°C tras cada revestimiento hasta obtener la deposición de 1,90 g/m² de Pt, 1,24 g/m² de Pd y 3,17 g/m² de Pr (formación de la capa catalítica interior). Sobre la capa catalítica así obtenida, se aplicaron 4 revestimientos de una segunda disolución que contenía diamino-dinitrato de Pt (II) (30 g/l), nitrato de Pr (III) (27 g/l) y nitrato de Pd (II) (20 g/l) acidificada con ácido nítrico, con ejecución de un tratamiento térmico de 15 minutos a 450°C tras cada revestimiento hasta obtener la deposición de 1,77 g/m² de Pt, 1,18 g/m² de Pd y 1,59 g/m² de Pr (formación de la capa catalítica exterior).

Se sometió la muestra a una prueba de funcionamiento, presentando un potencial catódico promedio inicial corregido por ohmios de -924 mV/NHE a 3 kA/m² con desprendimiento de hidrógeno en NaOH al 33%, a una temperatura de 90°C, lo que corresponde a una excelente actividad catalítica.

Posteriormente se sometió la misma muestra a voltimetría cíclica en el intervalo de desde -1 hasta +0,5 V/NHE a una velocidad de barrido de 10 mV/s; la variación de potencial catódico promedio tras 25 ciclos era de 15 mV, lo que corresponde a una excelente tolerancia a la inversión de corriente.

EJEMPLO 2

Se sometió una malla de níquel 200 de 100 mm x 100 mm x 0,89 mm de tamaño a un tratamiento de chorro con corindón, entonces se atacó con ácido en HCl en ebullición al 20% durante 5 minutos. Entonces se pintó la malla con 3 revestimientos de una disolución acuosa de diamino-dinitrato de Pt (II) (30 g/l), nitrato de Pr (III) (50 g/l) y nitrato de Pd (II) (20 g/l) acidificada con ácido nítrico, con ejecución de un tratamiento térmico de 15 minutos a 460°C

5 tras cada revestimiento hasta obtener la deposición de 1,14 g/m² de Pt, 0,76 g/m² de Pd y 1,90 g/m² de Pr (formación de la capa catalítica interior). Sobre la capa catalítica así obtenida, se aplicaron 6 revestimientos de una segunda disolución que contenía diamino-dinitrato de Pt (II) (23,4 g/l), nitrato de Pr (III) (27 g/l) y nitrato de Pd (II) (20 g/l) acidificada con ácido nítrico, con ejecución de un tratamiento térmico de 15 minutos a 460°C tras cada revestimiento hasta obtener la deposición de 1,74 g/m² de Pt, 1,49 g/m² de Pd y 2,01 g/m² de Pr (formación de la capa catalítica exterior).

Se sometió la muestra a una prueba de funcionamiento, presentando un potencial catódico promedio inicial corregido por ohmios de -926 mV/NHE a 3 kA/m² con desprendimiento de hidrógeno en NaOH al 33%, a una temperatura de 90°C, lo que corresponde a una excelente actividad catalítica.

10 Posteriormente se sometió la misma muestra a voltimetría cíclica en el intervalo de desde -1 hasta +0,5 V/NHE a una velocidad de barrido de 10 mV/s; la variación de potencial catódico promedio tras 25 ciclos era de 28 mV, lo que corresponde a una tolerancia todavía aceptable a la inversión de corriente aunque un poco menor que el electrodo del ejemplo 1; esto se atribuyó al hecho de que la cantidad en porcentaje de elemento de tierras raras en la capa catalítica interior (65%) es un poco más alto que el valor identificado más tarde como óptimo (45-55%).

15 EJEMPLO 3

Se sometió una malla de níquel 200 de 100 mm x 100 mm x 0,89 mm de tamaño a un tratamiento de chorro con corindón, entonces se atacó con ácido en HCl en ebullición al 20% durante 5 minutos. Entonces se pintó la malla con 5 revestimientos de una disolución acuosa de nitrosilo-nitrato de Ru (III) (30 g/l), nitrato de Pr (III) (50 g/l), nitrato de Pd (II) (16 g/l) y AgNO₃ (4 g/l) acidificada con ácido nítrico, con ejecución de un tratamiento térmico de 15 minutos a 430°C tras cada revestimiento hasta obtener la deposición de 1,90 g/m² de Ru, 1,01 g/m² de Pd, 0,25 g/m² de Ag y 3,17 g/m² de Pr (formación de la capa catalítica interior). Sobre la capa catalítica así obtenida, se aplicaron 6 revestimientos de una segunda disolución que contenía nitrosilo-nitrato de Ru (III) (30 g/l), nitrato de Pr (III) (27 g/l), nitrato de Pd (II) (16 g/l) y AgNO₃ (4 g/l) acidificada con ácido nítrico, con ejecución de un tratamiento térmico de 15 minutos a 430°C tras cada revestimiento hasta obtener la deposición de 2,28 g/m² de Ru, 1,22 g/m² de Pd, 0,30 g/m² de Ag y 2,05 g/m² de Pr (formación de la capa catalítica exterior).

Se sometió la muestra a una prueba de funcionamiento, presentando un potencial catódico promedio inicial corregido por ohmios de -925 mV/NHE a 3 kA/m² con desprendimiento de hidrógeno en NaOH al 33%, a una temperatura de 90°C, lo que corresponde a una excelente actividad catalítica.

30 Posteriormente se sometió la misma muestra a voltimetría cíclica en el intervalo de desde -1 hasta +0,5 V/NHE a una velocidad de barrido de 10 mV/s; la variación de potencial catódico promedio tras 25 ciclos era de 12 mV, lo que corresponde a una excelente tolerancia a la inversión de corriente.

EJEMPLO 4

35 Se sometió una malla de níquel 200 de 100 mm x 100 mm x 0,89 mm de tamaño a un tratamiento de chorro con corindón, entonces se atacó con ácido en HCl en ebullición al 20% durante 5 minutos. Entonces se pintó la malla con 5 revestimientos de una disolución acuosa de diamino-dinitrato de Pt (II) (30 g/l), nitrato de La (III) (50 g/l) y nitrato de Pd (II) (20 g/l) acidificada con ácido nítrico, con ejecución de un tratamiento térmico de 15 minutos a 450°C tras cada revestimiento hasta obtener la deposición de 1,90 g/m² de Pt, 1,24 g/m² de Pd y 3,17 g/m² de La (formación de la capa catalítica interior). Sobre la capa catalítica así obtenida, se aplicaron 3 revestimientos de una segunda disolución que contenía diamino-dinitrato de Pt (II) (30 g/l), nitrato de La (III) (32 g/l) y nitrato de Pd (II) (20 g/l) acidificada con ácido nítrico, con ejecución de un tratamiento térmico de 15 minutos a 450°C tras cada revestimiento hasta obtener la deposición de 1,14 g/m² de Pt, 0,76 g/m² de Pd y 1,22 g/m² de La (formación de la capa catalítica exterior).

45 Se sometió la muestra a una prueba de funcionamiento, presentando un potencial catódico promedio inicial corregido por ohmios de -928 mV/NHE a 3 kA/m² con desprendimiento de hidrógeno en NaOH al 33%, a una temperatura de 90°C, lo que corresponde a una excelente actividad catalítica.

Posteriormente se sometió la misma muestra a voltimetría cíclica en el intervalo de desde -1 hasta +0,5 V/NHE a una velocidad de barrido de 10 mV/s; la variación de potencial catódico promedio tras 25 ciclos era de 22 mV, lo que corresponde a una excelente tolerancia a la inversión de corriente.

CONTRAEJEMPLO 1

50 Se sometió una malla de níquel 200 de 100 mm x 100 mm x 0,89 mm de tamaño a un tratamiento de chorro con corindón, entonces se atacó con ácido en HCl en ebullición al 20% durante 5 minutos. Entonces se pintó la malla con 7 revestimientos de una disolución acuosa de diamino-dinitrato de Pt (II) (30 g/l), nitrato de Pr (III) (50 g/l),

cloruro de Rh (III) (4 g/l) y nitrato de Pd (II) (20 g/l) acidificada con ácido nítrico, con ejecución de un tratamiento térmico de 15 minutos a 450°C tras cada revestimiento hasta obtener la deposición de 2,66 g/m² de Pt, 1,77 g/m² de Pd, 0,44 g/m² de Rh y 4,43 g/m² de Pr (formación de una capa catalítica según el documento WO 2008/043766).

5 Se sometió la muestra a una prueba de funcionamiento, presentando un potencial catódico promedio inicial corregido por ohmios de -930 mV/NHE a 3 kA/m² con desprendimiento de hidrógeno en NaOH al 33%, a una temperatura de 90°C, lo que corresponde a una buena actividad catalítica, aunque menor que la de los ejemplos anteriores a pesar de la presencia de rodio.

10 Posteriormente se sometió la misma muestra a voltimetría cíclica en el intervalo de desde -1 hasta +0,5 V/NHE a una velocidad de barrido de 10 mV/s; la variación de potencial catódico promedio tras 25 ciclos era de 13 mV, lo que corresponde a una excelente tolerancia a la inversión de corriente.

CONTRAEJEMPLO 2

15 Se sometió una malla de níquel 200 de 100 mm x 100 mm x 0,89 mm de tamaño a un tratamiento de chorro con corindón, entonces se atacó con ácido en HCl en ebullición al 20% durante 5 minutos. Entonces se pintó la malla con 7 revestimientos de una disolución acuosa de diamino-dinitrato de Pt (II) (30 g/l), nitrato de Pr (III) (50 g/l) y nitrato de Pd (II) (20 g/l) acidificada con ácido nítrico, con ejecución de un tratamiento térmico de 15 minutos a 460°C tras cada revestimiento hasta obtener la deposición de 2,80 g/m² de Pt, 1,84 g/m² de Pd y 4,70 g/m² de Pr (formación de la capa catalítica).

20 Se sometió la muestra a una prueba de funcionamiento, presentando un potencial catódico promedio inicial corregido por ohmios de -936 mV/NHE a 3 kA/m² con desprendimiento de hidrógeno en NaOH al 33%, a una temperatura de 90°C, lo que corresponde a un actividad catalítica de moderada a buena, menor que la del contraejemplo 1, posiblemente debido a la ausencia de rodio en la formulación catalítica.

Posteriormente se sometió la misma muestra a voltimetría cíclica en el intervalo de desde -1 hasta +0,5 V/NHE a una velocidad de barrido de 10 mV/s; la variación de potencial catódico promedio tras 25 ciclos era de 80 mV, lo que corresponde a una tolerancia escasa a la inversión de corriente.

25 CONTRAEJEMPLO 3

30 Se sometió una malla de níquel 200 de 100 mm x 100 mm x 0,89 mm de tamaño a un tratamiento de chorro con corindón, entonces se atacó con ácido en HCl en ebullición al 20% durante 5 minutos. Entonces se pintó la malla con 6 revestimientos de una disolución acuosa de diamino-dinitrato de Pt (II) (30 g/l), nitrato de Pr (III) (28 g/l) y nitrato de Pd (II) (20 g/l) acidificada con ácido nítrico, con ejecución de un tratamiento térmico de 15 minutos a 480°C tras cada revestimiento hasta obtener la deposición de 2,36 g/m² de Pt, 1,57 g/m² de Pd y 2,20 g/m² de Pr (formación de la capa catalítica).

35 Se sometió la muestra a una prueba de funcionamiento, presentando un potencial catódico promedio inicial corregido por ohmios de -937 mV/NHE a 3 kA/m² con desprendimiento de hidrógeno en NaOH al 33%, a una temperatura de 90°C, lo que corresponde a un actividad catalítica de moderada a buena, como en el contraejemplo 2.

40 Posteriormente se sometió la misma muestra a voltimetría cíclica en el intervalo de desde -1 hasta +0,5 V/NHE a una velocidad de barrido de 10 mV/s; la variación de potencial catódico promedio tras 25 ciclos era de 34 mV, lo que corresponde a una tolerancia a la inversión de corriente mejor que en el contraejemplo 2, lo más probablemente debido a la razón de metal noble con respecto elemento de tierras raras diferente en la activación, pero todavía insatisfactoria.

No se pretende que la descripción anterior limite la invención, que puede usarse según diferentes realizaciones sin apartarse del alcance de la misma, y cuya extensión se define inequívocamente mediante las reivindicaciones adjuntas.

45 A lo largo de toda la descripción y las reivindicaciones de la presente solicitud, no se pretende que el término "comprender" y variaciones del mismo tales como "que comprende" y "comprende", excluyan la presencia de otros elementos o aditivos.

50 La consideración de documentos, actos, materiales, dispositivos, artículos y similares se incluye en esta memoria descriptiva únicamente con el fin de proporcionar un contexto para la presente invención. No se sugiere o se representa que cualquiera o la totalidad de estas materias formen parte de la base de la técnica anterior o sean conocimiento general común en el campo relevante para la presente invención antes de la fecha de prioridad de cada reivindicación de esta solicitud.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cátodo para procedimientos electrolíticos que consiste en un sustrato metálico provisto de un recubrimiento catalítico de múltiples capas que comprende al menos una capa catalítica interna y una capa catalítica externa, conteniendo las capas catalíticas tanto interna como externa paladio, al menos un elemento de tierras raras y al menos un componente noble seleccionado de platino y rutenio, en el que dicha capa catalítica externa tiene un contenido de elemento de tierras raras del 10 al 45% en peso y dicha capa catalítica interna tiene un contenido de elemento de tierras raras mayor que el de dicha capa catalítica externa.
- 10 2. Cátodo según la reivindicación 1, en el que dicha capa catalítica externa tiene un contenido de elemento de tierras raras del 30 al 40% en peso y dicha capa catalítica interna tiene un contenido de elemento de tierras raras del 45 al 55% en peso.
3. Cátodo según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicho al menos un elemento de tierras raras es praseodimio.
4. Cátodo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho recubrimiento catalítico está libre de rodio.
- 15 5. Cátodo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho recubrimiento catalítico contiene plata.
6. Cátodo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la razón en peso de la suma de paladio y plata con respecto a dicho componente noble es de 0,5 a 2 en relación con los elementos.
- 20 7. Método para la fabricación de un cátodo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende la descomposición térmica de múltiples revestimientos de una primera disolución precursora que contiene al menos una sal de Pd, al menos una sal de Pr y al menos una sal de un metal noble seleccionado de Pt y Ru, seguido por la descomposición térmica de múltiples revestimientos de una segunda disolución precursora que contiene al menos una sal de Pd, al menos una sal de Pr y al menos una sal de un metal noble seleccionado de Pt y Ru, en el que dicha segunda disolución precursora tiene un contenido en porcentaje de Pr con respecto a la suma global de metales menor que el contenido en porcentaje de Pr en dicha primera disolución precursora.
- 25 8. Método según la reivindicación 7, en el que dichas sales de Pd, Pr, Pt y Ru son nitratos y dicha descomposición térmica se lleva a cabo a una temperatura de 430 a 500°C.
9. Célula para la electrólisis de una salmuera de cloruro de álcali que incluye al menos un cátodo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.