

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 663**

51 Int. Cl.:

C25B 1/00 (2006.01)

C25B 3/04 (2006.01)

C25B 9/08 (2006.01)

C25B 15/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.01.2017 PCT/EP2017/051469**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.09.2017 WO17153081**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2017 E 17702563 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 3408429**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la utilización electroquímica de dióxido de carbono**

30 Prioridad:

10.03.2016 DE 102016203946

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

07.10.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**STARK, KATHARINA;
BALDAUF, MANFRED y
HANEUTH, MARC**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 785 663 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

Procedimiento y dispositivo para la utilización electroquímica de dióxido de carbono

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la utilización electroquímica de dióxido de carbono. El dióxido de carbono se introduce en una celda electrolítica y se reduce en un cátodo.

5 La demanda de electricidad fluctúa fuertemente en el transcurso de las horas del día. La generación de electricidad también fluctúa con el aumento de la cuota de electricidad de las energías renovables durante el día. Para poder compensar el exceso de oferta de electricidad en momentos con mucho sol y vientos fuertes con poca demanda de electricidad, se necesitan centrales eléctricas regulables o depósitos para almacenar esta energía.

10 Una de las soluciones actualmente consideradas es convertir la energía eléctrica en productos valiosos, que pueden servir en particular como productos químicos de plataforma, en particular eteno, metano o etano, o gas de síntesis, que comprende monóxido de carbono e hidrógeno. Una posible técnica para convertir la energía eléctrica en productos valiosos es la electrólisis.

15 La electrólisis del agua para formar hidrógeno y oxígeno representa un procedimiento conocido en el estado de la técnica. Sin embargo, la electrólisis de dióxido de carbono para formar monóxido de carbono también se ha investigado desde hace algunos años y hay esfuerzos para desarrollar un sistema electroquímico que pueda reducir una cantidad de dióxido de carbono correspondientemente a los intereses económicos. Actualmente, alrededor del 80 % de las necesidades energéticas mundiales se satisfacen mediante la quema de combustibles fósiles, cuyos procedimientos de combustión causan emisiones mundiales de alrededor de 34 000 millones de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera cada año. El dióxido de carbono pertenece a los denominados gases de efecto invernadero; se discuten sus efectos negativos sobre la atmósfera y el clima.

20

Por eso, es deseable una utilización de este dióxido de carbono.

Los documentos US 4.673.473 y US 3.959.094 revelan dispositivos para la electrólisis de dióxido de carbono.

25 Una forma constructiva ventajosa de una unidad de electrólisis es un electrolizador de baja temperatura en el que como gas de productos se dosifica dióxido de carbono en un compartimento catódico con ayuda de un electrodo de difusión gaseosa. El dióxido de carbono se reduce para formar monóxido de carbono en un cátodo de la celda electroquímica y el agua se oxida para formar oxígeno en un ánodo. A causa de las limitaciones de difusión en el cátodo, en el caso de la utilización de un electrolito acuoso, además de la formación de monóxido de carbono también puede producirse la formación de hidrógeno, puesto que el agua del electrolito acuoso se electroliza asimismo. En el estado actual de la técnica, como máximo el 70 % del dióxido de carbono utilizado se convierte electroquímicamente. Suponiendo un grado de conversión del 50 % de dióxido de carbono y si se observa que la eficiencia de Faraday para el monóxido de carbono y el hidrógeno se encuentra respectivamente al 50 %, se produce un gas de productos con una composición de monóxido de carbono respecto a hidrógeno respecto a dióxido de carbono en la relación de 1:1:1.

30

35 Sin embargo, es deseable el porcentaje más bajo posible de dióxido de carbono sin reaccionar en el gas de productos como producto valioso para almacenar energía eléctrica. Por eso, es necesario una separación del dióxido de carbono sin reaccionar. Esta separación, de manera desventajosa, consume mucha energía.

Por eso, el objetivo de la presente invención es indicar un procedimiento y un dispositivo en los que el dióxido de carbono sin reaccionar se separe del gas de productos de una unidad de electrólisis con bajo consumo energético.

40 El objetivo se resuelve con un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 y un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8.

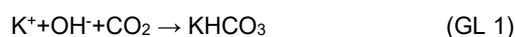
45 El procedimiento de acuerdo con la invención para la utilización electroquímica de dióxido de carbono comprende las siguientes etapas: En primer lugar, se proporciona una celda electrolítica de dióxido de carbono con un primer compartimento anódico y un primer compartimento catódico, separándose el primer compartimento anódico y el primer compartimento catódico por una primera membrana, estando dispuesto un cátodo en el primer compartimento catódico de tal manera que separa un primer subcompartimento catódico y un segundo subcompartimento catódico, siendo contiguo el primer subcompartimento catódico a la primera membrana. A continuación, se guía un primer electrolito como primer católito hacia el primer subcompartimento catódico. El dióxido de carbono se guía hacia el segundo subcompartimento catódico. En el segundo subcompartimento catódico, el dióxido de carbono se reduce para formar un primer gas de productos. El primer gas de productos abandona la celda electrolítica de dióxido de carbono por separado del primer católito que se ha vuelto básico durante la reducción del dióxido de carbono. Detrás de la celda electrolítica de dióxido de carbono, se reúnen el primer gas de productos y el primer católito básico. El dióxido de carbono no reducido se separa luego del primer gas de productos por medio del primer católito básico

50

como absorbente.

El dispositivo para la utilización electroquímica de dióxido de carbono comprende una celda electrolítica de dióxido de carbono con el fin de reducir el dióxido de carbono para formar un primer gas de productos, comprendiendo la celda electrolítica de dióxido de carbono un primer compartimento anódico y un primer compartimento catódico, estando dispuesta una membrana entre el primer compartimento anódico y el primer compartimento catódico y separando un cátodo plano, en el primer compartimento catódico, un primer subcompartimento catódico de un segundo subcompartimento catódico, siendo contiguo el primer subcompartimento catódico a la primera membrana. Además, el dispositivo comprende un primer conducto en el segundo subcompartimento catódico para guiar el dióxido de carbono hacia el segundo subcompartimento catódico. Además, el dispositivo comprende un segundo conducto en el primer subcompartimento catódico para guiar un primer electrolito como primer católito. Un cuarto conducto va desde el primer subcompartimento catódico hacia un dispositivo de lavado de gases para guiar el primer católito básico. Un quinto conducto va desde el segundo subcompartimento catódico hacia el dispositivo de lavado de gases para guiar el primer gas de productos y el dióxido de carbono no reducido en la celda electrolítica de dióxido de carbono. Además, el dispositivo comprende un dispositivo de lavado de gases para separar el dióxido de carbono no reducido del primer gas de productos por medio del primer católito.

Ventajosamente, en el procedimiento de acuerdo con la invención y en dispositivo de acuerdo con la invención se utiliza el hecho de que en la celda electrolítica de dióxido de carbono se realiza un cambio del valor de pH del católito y también de un anólito. Si, en el caso de la electrólisis de dióxido de carbono, se utiliza un electrolito acuoso con una sal conductora, en particular sulfato de potasio o una sal de amonio, durante la electrólisis se produce un transporte predominante de iones de potasio en lugar de iones de hidrógeno a través de la membrana. Los protones que quedan en el anólito dan como resultado una fuerte disminución del valor de pH en caso de que el anólito no presente una capacidad tampón. En el católito también se produce un cambio del valor de pH. Al guiar el dióxido de carbono hacia el segundo subcompartimento catódico sin contacto directo con el católito en el primer subcompartimento catódico, no se produce un equilibrio de carbonato en el católito, que surgiría si el dióxido de carbono se guiara a través del católito. Por lo tanto, no puede tener lugar el efecto tampón del bicarbonato de potasio según la ecuación 1. Los iones de hidróxido se acumulan por la reducción del dióxido de carbono, o agua en caso de la reacción secundaria, de manera que aumenta el valor de pH del católito, o se vuelve básico.



Si ahora el católito que se ha vuelto básico y el gas de productos se juntan con el dióxido de carbono no reducido en un dispositivo de lavado de gases, entonces el católito básico actúa como absorbente para el dióxido de carbono y lo absorbe de la fase gaseosa. El gas de productos, que comprende en particular monóxido de carbono y el hidrógeno que se produjo en una reacción secundaria electroquímica del agua del electrolito acuoso, ahora está purificado de dióxido de carbono.

Debido a la falta del efecto tampón del dióxido de carbono en el primer subcompartimento catódico en sí mismo, el efecto de pH se incrementa ventajosamente de manera considerable, de manera que el valor de pH se vuelve fuertemente básico. La combinación del católito básico con el gas de productos contaminado con dióxido de carbono sin reaccionar en el dispositivo de lavado de gases da como resultado entonces, ventajosamente, una absorción muy efectiva del dióxido de carbono en los católitos como absorbente. Dado que el católito y el gas de productos que va a purificarse se guían por separado uno de otro desde la celda electrolítica de dióxido de carbono hacia el dispositivo de lavado de gases, se establece ventajosamente un equilibrio termodinámico solamente en el dispositivo de lavado de gases. Por ello, se aumenta considerablemente la calidad de la separación en comparación con un guiado conjunto. Esto da como resultado un procedimiento energéticamente optimizado. Así, esta purificación del gas de productos es ventajosamente posible con muy bajo consumo energético, puesto que se evita el uso de dispositivos de calefacción o de refrigeración con mayor consumo de energía. De manera especialmente ventajosa, en este caso se evita el suministro de un absorbente adicional. Además, el absorbente puede regenerarse muy fácilmente, de manera que el dióxido de carbono unido se libere nuevamente y pueda reutilizarse en el procedimiento. Por lo tanto, el procedimiento también es muy favorable desde un aspecto económico. Por este motivo, también se ahorra energía, puesto que evitar el absorbente adicional ahorra más etapas de separación.

Es posible separar el católito del gas de productos y el gas de educto, puesto que el dióxido de carbono se guía haciéndose pasar por el cátodo hacia el segundo subcompartimento catódico, de manera separada del católito, que está presente en el primer subcompartimento catódico. La reacción del dióxido de carbono para formar monóxido de carbono tiene lugar en el cátodo en contacto con el católito. Debido a una pequeña diferencia de presión entre el dióxido de carbono y el católito, la presión relativa del dióxido de carbono es ligeramente mayor; el católito permanece casi completamente en el primer subcompartimento catódico. Típicamente, los componentes gaseosos de la reacción abandonan entonces la celda electrolítica a través de una salida desde el segundo subcompartimento catódico y el católito a través de una salida desde el primer subcompartimento catódico.

De manera especialmente ventajosa, el efecto de pH del cátodo y del ánodo puede apoyarse al estar ajustada la velocidad de trasvase por bomba del electrolito a un tiempo de permanencia bajo en la celda electrolítica de dióxido de carbono. Por ello, se aumenta aún más la diferencia de pH entre el ánodo y el cátodo.

5 Un aumento del valor de pH del cátodo puede aumentarse además mediante la elección de los parámetros de funcionamiento y mediante un diseño adecuado de la celda electrolítica de dióxido de carbono. Las posibles magnitudes de ajuste para aumentar el incremento del valor de pH en el cátodo pueden ser: la geometría de las celdas electrolíticas, la anchura de entrehierro en el compartimento catódico entre el cátodo y la membrana, las resistencias al transporte de los iones en solución acuosa mediante la selección de la sal conductora, así como la disponibilidad de dióxido de carbono en el cátodo.

10 Ventajosamente, la absorción del dióxido de carbono sin reaccionar se realiza en el dispositivo de lavado de gases. A este respecto, también es posible guiar el cátodo básico y el gas de productos desde los dos conductos separados hacia un conducto común, de manera que la absorción pueda tener lugar ya en este conducto común. En este caso, por consiguiente, el dispositivo de lavado de gases únicamente está configurado como un conducto, siendo convenientes diseños adicionales para mejorar el entremezclado de las dos fases, en particular un mezclador estático.

15 En un diseño y perfeccionamiento ventajosos de la invención, el primer electrolito se guía desde un tanque de regeneración como un primer ánodo hacia el compartimento anódico. El efecto de pH se apoya ventajosamente cuando el primer electrolito se usa como primer cátodo y también como primer ánodo. De manera conveniente, un tercer conducto va desde el tanque de regeneración hacia el primer compartimento anódico.

20 En un diseño y perfeccionamiento ventajosos adicionales de la invención, el cátodo y el ánodo se reúnen en el tanque de regeneración detrás de la celda electrolítica y del dispositivo de lavado de gases para compensar nuevamente la creciente discrepancia entre el valor de pH en el lado del cátodo y del ánodo. Así, es ventajosamente posible llevar a cabo un procedimiento de electrólisis estacionaria con un valor de pH constante en el tanque de regeneración. Ventajosamente, se evita el uso de un absorbente adicional en este procedimiento. En el tanque de regeneración, se libera nuevamente el dióxido de carbono unido y simultáneamente se regenera nuevamente el valor de pH. En este sentido, por regeneración se entiende que se realiza una compensación del valor de pH del primer cátodo y del primer ánodo. En particular, el valor de pH después de la regeneración asciende de 8 a 10.

25 De manera conveniente, el dispositivo comprende entonces un octavo conducto desde el dispositivo de lavado de gases hacia el tanque de regeneración para guiar el primer cátodo y un noveno conducto desde el primer compartimento anódico hacia el tanque de regeneración.

30 En un diseño y perfeccionamiento ventajosos adicionales de la invención, el gas de productos comprende monóxido de carbono y/o eteno y/o metano y/o etano. Ventajosamente, estos productos pueden usarse como materiales de partida para síntesis químicas. Así, ventajosamente, el dióxido de carbono se convierte electroquímicamente en una sustancia valiosa.

35 En un diseño y perfeccionamiento ventajosos adicionales de la invención, el dióxido de carbono liberado en el tanque de regeneración se devuelve a la celda electrolítica de dióxido de carbono como educto. Por lo tanto, se aumenta ventajosamente el grado de utilización de CO₂ de la celda electrolítica de dióxido de carbono, puesto que el dióxido de carbono que no ha reaccionado en un primer ciclo se puede hacerse reaccionar en el próximo ciclo.

40 En un diseño y perfeccionamiento ventajosos de la invención, se usa como electrolito un electrolito que contiene potasio y/o amonio, en particular un sulfato de potasio. Estos electrolitos aumentan ventajosamente la conductividad del cátodo o ánodo con casi ninguna propiedad de tamponamiento del pH. Por eso, posibilitan que los protones migren a través de la membrana y, por lo tanto, también cambien el valor de pH del ánodo y del cátodo en el respectivo compartimento anódico o catódico. Del mismo modo, pueden usarse otras clases de sustancias como electrolitos. En particular, también los metales alcalinos litio, sodio, rubidio o cesio puede usarse como electrolito.

45 Como aniones del electrolito, o de la sal conductora, pueden usarse en particular haluros o fosfatos.

En un diseño y perfeccionamiento ventajosos adicionales de la invención, el dispositivo comprende un sexto conducto hacia el tanque de regeneración hacia una entrada del segundo subcompartimento catódico, para devolver el dióxido de carbono desde el tanque de regeneración hacia la celda electrolítica de dióxido de carbono.

50 En un diseño y perfeccionamiento ventajosos adicionales, el cátodo es un electrodo de difusión gaseosa. Con el electrodo de difusión gaseosa, es posible de manera especialmente ventajosa permitir que la reacción del gas de educto dióxido de carbono con el cátodo líquido transcurra en la superficie del electrodo y, a continuación, guiar el gas y la fase líquida por separado uno de otro desde una celda electrolítica.

En un diseño y perfeccionamiento ventajosos adicionales de la invención, el dispositivo de lavado de gases comprende cuerpos llenadores o un relleno. A través de estos elementos fijos, la interfaz entre el dióxido de carbono que va a separarse y el absorbente, así, el católito, se aumenta ventajosamente, mediante lo cual el equilibrio termodinámico puede ajustarse más rápidamente. Del mismo modo, es concebible rociar el absorbente en una fase gaseosa para diseñar lo más grande posible la superficie entre las dos fases.

Formas de diseño adicionales y características adicionales de la invención se explican con más detalle mediante las siguientes figuras. A este respecto, se trata de formas de diseño y combinaciones de características puramente ejemplares que significan que no hay ninguna limitación del alcance de protección. Características con el mismo modo de acción y la misma denominación, pero en diferentes formas de diseño, se proveen a este respecto de las mismas referencias.

A este respecto, muestra:

figura 1 una celda electrolítica de dióxido de carbono con un dispositivo de lavado de gases y dos conductos separados.

En este ejemplo de realización, el dispositivo de electrólisis 1 comprende una celda electrolítica de dióxido de carbono 2. La celda electrolítica de dióxido de carbono 2 comprende una primera membrana 5, sobre la cual está aplicado directamente un primer ánodo 9. La membrana 5 divide la celda electrolítica en un primer compartimento anódico 3 y un primer compartimento catódico 4. El primer cátodo 6 está dispuesto entre un primer subcompartimento catódico 7 y un segundo subcompartimento catódico 8. El primer cátodo 6 separa completamente estos dos compartimentos uno de otro. En particular, el primer cátodo 6 está diseñado de manera plana para separar completamente los dos subcompartimentos catódicos 7 y 8 uno de otro.

Un electrolito acuoso EL está presente en un tanque de regeneración 10. Típicamente, este electrolito acuoso EL comprende una sal, en particular sulfato de potasio K_2SO_4 o bicarbonato de potasio $KHCO_3$. Sin embargo, el electrolito acuoso también puede contener sulfatos, bicarbonatos o fosfatos adicionales. En este ejemplo, el electrolito acuoso EL comprende 1 mol/l de bicarbonato de potasio.

El dióxido de carbono CO_2 se guía hacia el segundo subcompartimento catódico 8 a través de un primer conducto 11. Un primer católito K1 se guía desde el tanque de regeneración 10 hacia el primer subcompartimento catódico 7. Otra porción de este electrolito EL se guía como primer anólito A1 a través de un tercer conducto 13 hacia el primer compartimento anódico 3. De manera conveniente, la celda electrolítica de dióxido de carbono 2 dispone de una fuente de tensión.

Durante la electrólisis, el dióxido de carbono CO_2 se reduce en el primer cátodo 6 para formar monóxido de carbono CO. El primer cátodo 6 es típicamente un electrodo de difusión gaseosa. En este, el católito K1 puede entrar en contacto desde el primer subcompartimento catódico 7 con el dióxido de carbono CO_2 que va a reducirse. En el primer ánodo 9, el agua se oxida para formar oxígeno. Actualmente, solo del 30 al 70 % del dióxido de carbono CO_2 se convierte electroquímicamente. Por eso, el gas de productos PG contiene tanto monóxido de carbono CO como dióxido de carbono CO_2 no reducido.

Después de la electrólisis, el gas de productos se guía a través del quinto conducto 15 hacia un dispositivo de lavado de gases 32. El primer católito K1 se guía a través de un cuarto conducto desde la celda electrolítica de dióxido de carbono 2 hacia el dispositivo de lavado de gases 32. El guiado del primer católito K1 y el producto de gas PG se realiza por separado uno de otro. En el dispositivo de lavado de gases 32, el gas y la fase líquida se ponen en contacto entre sí. Para aumentar el intercambio de sustancias de las fases, el dispositivo de lavado de gases 32 puede estar llenado ventajosamente con cuerpos llenadores o comprender un relleno. Además, es posible rociar el primer católito K1 en el gas de productos PG.

En el dispositivo de lavado de gases 32, el católito K1 básico se usa como absorbente para el dióxido de carbono CO_2 no reducido. Debido al guiado separado del primer católito K1 básico y del gas de productos PG, solamente se ajusta un equilibrio termodinámico en el dispositivo de lavado de gases 32. En este, el dióxido de carbono CO_2 no reducido se enriquece en el católito K1. El católito K1 enriquecido con dióxido de carbono CO_2 abandona ahora el dispositivo de lavado de gases 32 a través de un octavo conducto 18 de regreso al tanque de regeneración 10.

El gas anódico que se produce en el primer ánodo A1, oxígeno, abandona el compartimento anódico 3 a través de un décimo conducto 20 hacia un segundo dispositivo de separación 33. En el segundo dispositivo de separación 33, el oxígeno O_2 se separa del anólito A1. El oxígeno abandona el dispositivo de electrólisis 1 a través de un duodécimo conducto 35. El primer anólito A1 se guía de regreso hacia el tanque de regeneración 10 a través de un noveno conducto 19. El gas de productos PG abandona el dispositivo de electrólisis 1 a través de un decimotercer conducto 36.

ES 2 785 663 T3

5 En el recipiente de regeneración 10 se realiza una regeneración del primer anolito A1 y del primer católito K1. A este respecto, se ajusta en particular un valor de pH en un intervalo entre 8 y 10. El dióxido de carbono CO_2 unido se libera del primer católito K1 durante la regeneración y puede guiarse de regreso hacia la celda electrolítica 2 a través de un sexto conducto 16. El electrolito EL regenerado se guía a continuación, a su vez, de regreso hacia el compartimiento anódico y catódico 7, 8 como primer católito K1 y segundo anolito A1.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la utilización electroquímica de dióxido de carbono (CO₂) que comprende las siguientes etapas:

- 5 - proporcionar una celda electrolítica de dióxido de carbono (2) con un primer compartimento anódico (3) y un primer compartimento catódico (4), separándose el primer compartimento anódico (3) y el primer compartimento catódico (4) por una primera membrana (5), estando dispuesto un primer cátodo (6) en el primer compartimento catódico (4) de tal manera que separa un primer subcompartimento catódico (7) y un segundo subcompartimento catódico (8), siendo contiguo el primer subcompartimento catódico (7) a la primera membrana (5),
- 10 - guiar un primer electrolito (EL) como primer católito (K1) hacia el primer subcompartimento catódico (7),
- guiar el dióxido de carbono (CO₂) en el segundo subcompartimento catódico (8),
- reducir el dióxido de carbono (CO₂) para formar un primer gas de productos (PG) en el segundo subcompartimento catódico (8),
- hacer salir el primer católito (K1) del primer subcompartimento catódico (7) y el gas de productos (PG) del segundo subcompartimento catódico (8) por separado el uno del otro,
- 15 - reunir el primer gas de productos (PG) y el primer católito (K1) detrás de la celda electrolítica de dióxido de carbono (2),
- separar dióxido de carbono (CO₂) no reducido del primer gas de productos (PG) por medio del primer católito (K1) como absorbente.

20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, reuniéndose el primer gas de productos (PG) y el primer católito (K1) en un dispositivo de lavado de gases (32).

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, guiándose el primer electrolito (EL) también como un primer anolito (A1) hacia el compartimento anódico (3) desde un tanque de regeneración (10).

25 4. Procedimiento según la reivindicación 3, devolviéndose al tanque de regeneración (10) el primer católito (K1) que se ha vuelto básico durante la reducción del dióxido de carbono (CO₂) y el primer anolito (A1) que se ha vuelto ácido durante la reducción del dióxido de carbono (CO₂).

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el gas de productos (PG) monóxido de carbono (CO) y/o eteno y/o metano y/o etano.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el dióxido de carbono (CO₂) liberado en el tanque de regeneración (10) se devuelve a la celda electrolítica de dióxido de carbono (2).

30 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, usándose como electrolito (EL) un electrolito (EL) que comprende potasio y/o amonio, en particular un sulfato de potasio.

8. Dispositivo (1) para la utilización electroquímica de dióxido de carbono (CO₂), que comprende:

- 35 - una celda electrolítica de dióxido de carbono (2) para reducir el dióxido de carbono (CO₂) para formar un primer gas de productos (PG), comprendiendo la celda electrolítica de dióxido de carbono (2) un primer compartimento anódico (3) y un primer compartimento catódico (4), estando dispuesta una primera membrana (5) entre el primer compartimento anódico (3) y el primer compartimento catódico (4) y separando un cátodo plano, en el primer compartimento catódico (4), un primer subcompartimento catódico (7) de un segundo subcompartimento catódico (8), siendo contiguo el primer subcompartimento catódico (7) a la primera membrana (5),
- 40 - un primer conducto (11) en el segundo subcompartimento catódico (8) para guiar el dióxido de carbono (CO₂) hacia el segundo subcompartimento catódico (8),
- un segundo conducto (12) en el primer subcompartimento catódico (7) para guiar un primer electrolito (EL) como primer católito (K1),
- un cuarto conducto (14) desde el primer subcompartimento catódico (7) hacia un dispositivo de lavado de gases (32) para guiar el primer católito (K1),
- 45 - un quinto conducto (15) desde el segundo subcompartimento catódico (8) hasta el dispositivo de lavado de gases (32) para guiar el primer gas de productos (PG) con dióxido de carbono (CO₂) no reducido por separado desde el primer católito (K1) hacia el dispositivo de lavado de gases (32),
- el dispositivo de lavado de gases (32) para separar el dióxido de carbono (CO₂) no reducido del primer gas de productos (PG) por medio del primer católito (K1).

50 9. Dispositivo (1) según la reivindicación 8 con un tercer conducto (13) desde un tanque de regeneración (10) hacia el primer compartimento anódico (3) para guiar el primer electrolito (EL) como primer anolito (A1) y el segundo conducto (12) desde el tanque de regeneración (10) hacia el primer subcompartimento catódico (7).

10. Dispositivo (1) según la reivindicación 9 con un octavo conducto (18) desde el dispositivo de lavado de gases (32) hacia el tanque de regeneración (10) para guiar el primer católito (K1) y/o un noveno conducto (19) desde el compartimento anódico (3) hacia el tanque de regeneración (10) para guiar el primer anólito (A1).
- 5 11. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 9 o 10 con un sexto conducto (16) desde el tanque de regeneración (10) hacia una entrada del segundo subcompartimento catódico (8) para devolver el dióxido de carbono (CO₂) desde el tanque de regeneración (10) hacia la celda electrolítica de dióxido de carbono (2).
12. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 8 a 11, siendo el primer cátodo (6) un electrodo de difusión gaseosa.
- 10 13. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 8 a 12, comprendiendo el dispositivo de lavado de gases (32) cuerpos llenadores o un relleno.

