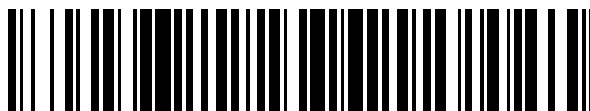


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 906**

51 Int. Cl.:

C25B 1/00 (2006.01)

C25B 1/10 (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: **20.02.2017 PCT/EP2017/053742**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.08.2017 WO17144395**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2017 E 17707780 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2019 EP 3384069**

54 Título: **Procedimiento y un dispositivo para el aprovechamiento electroquímico del dióxido de carbono**

30 Prioridad:

24.02.2016 DE 102016202840

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

02.04.2020

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 2 751 906 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 un dispositivo para el aprovechamiento electroquímico del dióxido de carbono

La presente invención se relaciona con un procedimiento y un dispositivo para el aprovechamiento electroquímico del dióxido de carbono. El dióxido de carbono se introduce en una célula de electrólisis y se reduce en un cátodo.

5 La demanda de electricidad fluctúa fuertemente a lo largo del día. La generación de electricidad también fluctúa con el aumento de la cuota de electricidad de las energías renovables durante el transcurso del día. Para poder compensar un exceso de oferta de corriente en tiempos con mucho sol y fuerte viento con baja demanda de corriente, se necesitan plantas de energía controlables o acumuladores, para almacenar esta energía.

10 Una de las soluciones actualmente contempladas es la transformación de la energía eléctrica en productos de valor, que puedan servir particularmente como productos químicos de plataforma o gas de síntesis, que comprenda monóxido de carbono e hidrógeno. Una posible técnica para convertir la energía eléctrica en productos de valor es la electrólisis.

15 La electrólisis de agua a hidrógeno y oxígeno representa un método conocido en el estado actual de la técnica. Sin embargo, también la electrólisis de dióxido de carbono a monóxido de carbono se investiga desde hace algunos años y existen esfuerzos para desarrollar un sistema electroquímico, que pueda reducir una cantidad de dióxido de carbono correspondientemente al interés económico. Actualmente, aproximadamente el 80 % de las necesidades energéticas mundiales se satisfacen con la quema de combustibles fósiles, cuyos procesos de combustión originan una emisión mundial de aproximadamente 34.000 millones de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera al año. El dióxido de carbono pertenece a los llamados gases de efecto invernadero, cuyos efectos negativos sobre la atmósfera y el clima se discuten. Un aprovechamiento de este dióxido de carbono es, por tanto, deseable.

20 Las US 2013/199937 A1, US 2013/118909 A1, JP 2015 168836 A, JP 2002 302784 A y US 2012/090989 A1 revelan determinados procedimientos de electrólisis.

25 Un diseño favorable de una unidad de electrólisis es un electrolizador de baja temperatura, en el que como gas educto se dosifica dióxido de carbono con la ayuda de un electrodo de difusión gaseosa en un espacio catódico. En un cátodo de la célula electroquímica se reduce el dióxido de carbono a monóxido de carbono y en un ánodo se oxida agua a oxígeno. Debido a las limitaciones de difusión en el cátodo, puede, al emplear un electrolito acuoso, además de la formación de monóxido de carbono, producirse también la formación de hidrógeno, pues el agua del electrolito acuoso asimismo se electroliza. El espacio catódico y el espacio anódico se separan ventajosamente a través de una membrana, para conducir los gases producto surgidos, por el lado del cátodo el monóxido de carbono y/o hidrógeno y por el lado del ánodo oxígeno, por separado desde la célula de electrólisis, para evitar la contaminación mutua.

35 Durante la electrólisis se produce con el transporte de los cationes, particularmente de los iones hidrógeno, a través de la membrana, un transporte simultáneo de moléculas de agua. Permean además por catión de tres a diez moléculas de agua desde el lado del ánodo al lado del cátodo. El electrolito acuoso se empobrece, por tanto, del lado del ánodo en agua, mientras que el electrolito acuoso del lado del cátodo se diluye cada vez más con agua, de forma que aquí la conductividad disminuye de manera considerablemente desfavorable. Como desventaja, las pérdidas de potencial óhmico aumentan en el catolito, lo que evita una operación continua duradera.

40 Un objeto de la presente invención es, por tanto, especificar un procedimiento y un dispositivo, que posibilite una operación continua duradera del electrolizador de dióxido de carbono con una conductividad suficientemente alta del electrolito, particularmente del catolito.

El objeto se resuelve con el procedimiento según la reivindicación 1 para el aprovechamiento electroquímico del dióxido de carbono y con un dispositivo de electrólisis según la reivindicación 8.

45 El procedimiento conforme a la invención para el aprovechamiento electroquímico del dióxido de carbono comprende los siguientes pasos: Primero se proporciona una célula de electrólisis, donde la célula de electrólisis comprende una membrana, que separa un espacio anódico de un espacio catódico. Entonces se conducen un primer electrolito acuoso como catolito al espacio catódico y un segundo electrolito acuoso como anolito al espacio anódico.

50 El dióxido de carbono se reduce entonces a un gas producto comprendiendo monóxido de carbono en el espacio catódico. El gas producto y el catolito se llevan entonces a un primer dispositivo de separación. En el primer dispositivo de separación se separa el gas producto del catolito. El catolito se lleva entonces a un segundo dispositivo de separación. Allí se separa el catolito enriquecido durante la reducción de dióxido de carbono con agua del anolito por medio de un gas de extracción en el segundo dispositivo de separación de esa agua excedente. En

un tercer dispositivo de separación se separa a continuación el agua del gas de extracción. Ese agua se devuelve a continuación desde el tercer dispositivo de separación al espacio anódico. Como gas de extracción se usa un gas educto comprendiendo dióxido de carbono y/o el gas producto de la célula de electrólisis.

5 El dispositivo de electrólisis conforme a la invención para reducir el dióxido de carbono a monóxido de carbono comprende una célula de electrólisis, donde la célula de electrólisis comprende una membrana, que separa un espacio anódico de un espacio catódico. Comprende además una primera línea en el espacio catódico para conducir un primer electrolito como catolito al espacio catódico. Comprende además una segunda línea en el espacio anódico para conducir un segundo electrolito como anolito al espacio anódico. El dispositivo de electrólisis comprende además un primer dispositivo de separación para separar un gas producto, comprendiendo monóxido de carbono,
10 del catolito. Comprende además un segundo dispositivo de separación para separar el agua excedente del catolito por medio de un gas de extracción en un segundo dispositivo de separación. Comprende además un tercer dispositivo de separación para separar el agua del gas de extracción. Además, el dispositivo de electrólisis comprende una tercera línea desde el tercer dispositivo de separación al espacio anódico de la célula de electrólisis para devolver el agua al espacio anódico. El segundo dispositivo de separación está conectado con una sexta línea para conducir el gas educto como gas de extracción al segundo dispositivo de separación o con una decimocuarta línea para conducir el gas producto como gas de extracción al segundo dispositivo de separación.

El primer dispositivo de separación es además típicamente un recipiente de separación. En el recipiente de separación se separan los componentes gaseosos de los líquidos. El tercer dispositivo de separación es típicamente un condensador, en que se condensa el agua del gas de extracción. Particularmente se emplean al menos dos
20 membranas como pila de membranas en la célula de electrólisis.

Ventajosamente, en el procedimiento, el catolito diluido con agua se separa del agua excedente con la ayuda de un gas de extracción. El catolito se concentra así nuevamente, por lo que su conductividad aumenta ventajosamente. Una operación continua del electrolizador del dióxido de carbono es de este modo posible. Además, el funcionamiento del electrolizador de dióxido de carbono es más económico en comparación con una operación no
25 continua. Los efectos de la dilución por el agua se evitan ventajosamente, de forma que la conductividad del catolito permanezca a un nivel suficientemente alto para garantizar la operación continua. Una única eliminación de agua en el primer dispositivo de separación, en que el gas producto se separa del catolito, no es suficiente. Además, aproximadamente sólo como máximo un octavo de la cantidad necesaria de agua se evacúa del proceso. Con ello permanece aún en el catolito una parte sustancial del agua, que ha pasado a través de la membrana.

30 Un segundo dispositivo de separación posibilita ventajosamente la separación de una cantidad suficientemente grande de agua del catolito, para mantener la conductividad del catolito a un valor suficientemente alto. El tercer dispositivo de separación permite ventajosamente la recuperación del agua del gas de extracción, para devolverla al proceso de electrólisis y reutilizarla particularmente en el espacio anódico. También el gas de extracción se seca y puede reutilizarse en el proceso.

35 Como gas de extracción se utiliza un gas educto comprendiendo dióxido de carbono y/o el gas producto comprendiendo asimismo dióxido de carbono aún no transformado de la célula de electrólisis. Ventajosamente se evita además el empleo de otro gas de extracción. El dióxido de carbono se encuentra tanto en el gas educto como también en el gas producto y puede usarse idealmente como gas de extracción para el agua.

40 El gas educto o gas producto como gas de extracción puede llevarse ventajosamente al círculo, es decir, de vuelta a la célula de electrólisis tras la extracción, de forma que cualquier componente del gas producto, que haya escapado a la fase gaseosa, se recicle de nuevo al electrolizador y, por consiguiente, ventajosamente no se pierda. Además, al emplear el gas educto o gas producto como gas de extracción, ventajosamente no es necesario ningún enfriamiento adicional del catolito tras la célula de electrólisis o alternativamente sólo un dispositivo de enfriamiento con baja potencia para refrigerar el catolito de la célula de electrólisis. El gas de extracción saturado con agua abandona el
45 segundo dispositivo y se separa en el tercer dispositivo, particularmente un separador gas-líquido, en condensado y una fase gaseosa. El calor del catolito se descarga, por consiguiente, ventajosamente a través del gas de extracción y este condensador.

En otra ordenación y perfeccionamiento favorables de la invención, el flujo volumétrico del gas de extracción se eleva con la ayuda de al menos una unidad de ventilación. Una unidad de ventilación eleva ventajosamente el flujo volumétrico, de forma que el flujo volumétrico del gas educto y/o del gas producto aumente de tal forma, que este
50 flujo volumétrico solo como gas de extracción separe el agua en cantidad suficiente del catolito.

La unidad de ventilación está dispuesta típicamente en una línea que conduce el gas de extracción. El ventilador está dispuesto ventajosamente de tal forma que una parte del dióxido de carbono del gas educto o gas producto se extraiga y se lleve al circuito. La unidad de ventilación está situada, por consiguiente, convenientemente dentro de
55 este ciclo de material.

5 En otra ordenación y perfeccionamiento favorables de la invención, el gas de extracción se devuelve al menos parcialmente como gas educto a la célula de electrólisis tras separar el agua. Con ello, los componentes, que han pasado a la fase gaseosa durante la extracción, pero representan productos de valor, se reciclan favorablemente a la célula de electrólisis. Tanto los componentes del gas producto como también del gas educto pueden devolverse como gas educto a la célula de electrólisis. Incluso cuando un retorno de gas producto a una corriente de educto pueda tener como consecuencia efectos de dilución, existirán, sin embargo, ventajas, que superen estos inconvenientes. Por ejemplo, con tal medida se puede elevar la selectividad de los electrolizadores de dióxido de carbono respecto al monóxido de carbono y suprimir la reacción secundaria para formar hidrógeno. Ventajosamente se evita de este modo también la pérdida de, por ejemplo, monóxido de carbono o dióxido de carbono, que se utiliza como educto.

10 En otra ordenación y perfeccionamiento favorables de la invención, el gas de extracción se calienta antes de la entrada en el segundo dispositivo de separación. Esto es particularmente necesario cuando la temperatura del catolito tras la célula de electrólisis no sea lo suficientemente alta para precalentar el gas de extracción de tal forma que el agua pase del catolito al gas de extracción.

15 En otra ordenación y perfeccionamiento favorables de la invención, el catolito separado del agua excedente se recicla desde el segundo dispositivo de separación al espacio catódico. Ventajosamente, por consiguiente, el catolito se reutiliza, de forma que se evite la alimentación continua de nuevo catolito adicional en la célula de electrólisis.

20 En otra ordenación y perfeccionamiento favorables de la invención, del gas producto, que se lleva desde el primer dispositivo de separación, se separa una proporción de como máximo un octavo del agua excedente por medio de un condensador. Este agua puede devolverse ventajosamente al espacio anódico. Además, se aprovecha que, debido al equilibrio de fases en el primer dispositivo de separación, la fase gaseosa, además del gas producto, comprende también agua. Así puede reducirse ventajosamente la cantidad requerida de gas de separación en el segundo dispositivo de separación. Se puede o bien disponer un condensador adicional en la línea del gas producto después del primer dispositivo de separación, o conducir el gas del producto con el agua a un condensador tras el segundo dispositivo de separación. Además, las dos corrientes, la corriente de gas producto y el gas de extracción cargado de agua, se hacen pasar por separado en paralelo a través del condensador, de forma que no haya intercambio de materiales.

25 En otra ordenación y perfeccionamiento favorables de la invención, el segundo dispositivo de separación es una unidad de pervaporación, un evaporador de película descendente o una columna de burbujas. Una columna de burbujas es más favorablemente apropiada cuando sólo se use el gas producto como gas de extracción. En este caso, el primer dispositivo de separación y el segundo dispositivo de separación están entonces combinados. En este dispositivo simultáneamente se separa el gas producto y se extrae una parte del agua del catolito. Más favorablemente, esta construcción ahorra componentes en el dispositivo, lo que contribuye a la simplicidad del dispositivo y ahorra energía.

30 La unidad de pervaporación es particularmente ventajosa, cuando se empleen tanto el gas producto como también el gas educto para extraer el agua del catolito. La unidad de pervaporación ofrece la ventaja de que en un volumen relativamente pequeño puede proporcionarse una gran superficie para el contacto entre el gas de extracción y el catolito.

35 Otras formas de configuración y otras características de la invención se describen más a fondo en base a las siguientes Figuras. Además, se trata de formas de configuración y combinaciones de características puramente ejemplares, que no suponen ninguna limitación del alcance. Las características con el mismo modo de acción y la misma denominación, aunque en diferentes formas de configuración están provistas además de los mismos símbolos de referencia. Todas las características del dispositivo se designan con cifras, todos los componentes con letras.

40 Además muestran:

- 45
- Figura 1 una distribución esquemática del dispositivo de electrólisis, donde como gas de extracción se utiliza el gas educto,
 - Figura 2 una distribución esquemática del dispositivo de electrólisis, donde como gas de extracción se utiliza el gas producto,
 - 50 Figura 3 una distribución esquemática del dispositivo de electrólisis, donde como gas de extracción se emplea tanto el gas educto como también el gas producto

Durante la electrólisis se produce el transporte de cationes, particularmente protones, y un transporte simultáneo de agua a través de la membrana 3. Se transfieren por catión de tres a diez moléculas de agua del espacio anódico 16 al espacio catódico 15. Por consiguiente, el anolito A se empobrece en agua W, mientras que el catolito K se diluye con el tiempo. La conductividad del catolito K se reduce claramente mediante la dilución con agua W, por lo cual se elevan las pérdidas de tensión óhmicas. Para poder garantizar, sin embargo, una operación duradera del electrolizador de dióxido de carbono, se tiene que separar el agua del catolito K. En base a los tres ejemplos de ejecución se muestra, cómo puede separarse el agua W efectivamente.

La Figura 1 muestra esquemáticamente un dispositivo de electrólisis con una célula de electrólisis 2. El dispositivo de electrólisis comprende una membrana 3, donde la membrana 3 separa un espacio catódico 15 de un espacio anódico 16. Comprende además un ánodo 4 y un cátodo 5. El ánodo 4 está aplicado en esta ordenación sobre la membrana 3. Favorablemente se reduce de este modo la cantidad de anolito A necesaria en el espacio anódico 16. El cátodo 5 es más favorablemente un electrodo de difusión gaseosa.

Además, el dispositivo de electrólisis 1 comprende un primer dispositivo de separación 6. La cuarta línea 23 conduce del espacio catódico 15 al primer dispositivo de separación 6. En la cuarta línea 23 se llevan el catolito K, el gas producto PG y el agua W. El primer dispositivo de separación 6 es de manera especialmente preferente un dispositivo separador. Aquí se separa el gas producto PG gaseoso del catolito K y agua W. La décima línea 29 conduce entonces el gas producto PG fuera del dispositivo de electrólisis 1. La séptima línea 26 conduce el catolito K separado en el primer dispositivo de separación 6 y el agua KW al segundo dispositivo de separación 7.

El segundo dispositivo de separación 7 está configurado en este ejemplo como un evaporador de película descendente. La sexta línea 25 conduce, divergiendo de la quinta línea 24, el gas educto EG al segundo dispositivo de separación 7. El gas educto EG funciona en este contexto como gas de extracción. El gas educto EG se carga en el segundo dispositivo de separación con agua W y abandona el segundo dispositivo de separación 7 posteriormente a través de la octava línea 27. Los componentes húmedos se condensan primero del gas educto EG en un intercambiador de calor 11. En otro tercer dispositivo de separación 8, particularmente un separador gas-líquido, se separa ahora el agua W del gas educto EG. El agua W se recicla a través de la tercera línea 22 al espacio anódico 16. El gas educto EG se lleva en la novena línea 28 desde el tercer dispositivo de separación 8 a la quinta línea que conduce gas educto 24.

En la novena línea 28 hay una unidad de ventilación 9. Ventajosamente, esta unidad de ventilación 9 eleva el flujo volumétrico del gas educto EG, de forma que el gas educto EG separe suficiente agua W del catolito K. También el gas anódico AG se separa del anolito A en un cuarto dispositivo de separación 10.

En esta célula de electrólisis de dióxido de carbono 2 se reduce el dióxido de carbono CO_2 , que es el componente principal del gas educto EG, a monóxido de carbono CO. El gas producto PG comprende particularmente monóxido de carbono CO y dióxido de carbono no reducido CO_2 . En el ánodo A se produce oxígeno O_2 como gas anódico AG. Como catolito se usan particularmente disoluciones acuosas de sulfato potásico, bicarbonato potásico o fosfato potásico. También pueden utilizarse otros sulfatos, bicarbonatos y fosfatos. También son posibles mezclas de estas sustancias. Generalmente tiene que existir una conductividad lo más alta posible del catolito acuoso, sin que precipiten sales. Típicamente, estas disoluciones acuosas están presentes con concentraciones de sal de 0,5 mol/l a 1 mol/l.

Mediante la aplicación directa del ánodo sobre la membrana, se utiliza agua como anolito. Sin embargo, es asimismo posible emplear las sales mencionadas anteriormente para el catolito.

La Figura 2 muestra una ordenación de la invención con un dispositivo de electrólisis 1, en que el gas producto PG se emplea para extraer el agua W del catolito K. Como se muestra en la Figura 1, el dispositivo de electrólisis 1 comprende un dispositivo de electrólisis 2 con una membrana 3, un ánodo 4, un cátodo 5 y un espacio anódico 16, separada por la membrana 3 del espacio catódico 15.

El gas educto EG se introduce a través de una quinta línea 24 en la célula de electrólisis 2. El gas educto EG comprende dióxido de carbono CO_2 , que se reduce en el espacio catódico 15 a monóxido de carbono CO. El catolito K enriquecido con agua W abandona, junto con el gas producto PG, comprendiendo monóxido de carbono CO y dióxido de carbono no reducido CO_2 , a través de la cuarta línea 23 la célula de electrólisis 2 al segundo dispositivo de separación 7.

En este ejemplo de ejecución, el primer dispositivo de separación 6 y el segundo dispositivo de separación 7 están fusionados en un dispositivo. De manera especialmente favorable, el segundo dispositivo de separación 7 es en este caso una columna de burbujas. El gas producto PG comprendiendo monóxido de carbono CO y dióxido de carbono CO_2 se lleva en este contexto por medio de la cuarta línea 23 al segundo dispositivo de separación 7. Allí se enriquece el gas producto PG con agua W y abandona a través de la octava línea 27 el segundo dispositivo de separación 7. El gas producto PG y el agua W se llevan ahora a través de un primer intercambiador de calor 11,

donde se condensa ya una proporción de agua W. ambas fases se separan a continuación entre sí en el tercer dispositivo de separación 8. El agua W se recicla a través de la tercera línea 22 al espacio anódico 16. El gas producto PG se extrae a través de la décima línea 29 parcialmente del sistema. Una segunda proporción se recicla a través de la decimocuarta línea 33 al segundo dispositivo de separación 7.

5 Para elevar el flujo volumétrico se introduce en la decimocuarta línea 33 una unidad de ventilación 9. Ventajosamente, el gas de extracción está entonces disponible en cantidad suficiente para separar el agua
excedente W del catolito K. El catolito K puede reciclarse entonces a través de la primera línea 20 al espacio
catódico 15. La bomba 13 se encarga del transporte del catolito K. El gas oxígeno producido en el ánodo, gas
anódico AG, se lleva a través de la undécima línea 30 al cuarto dispositivo de separación 10. En el cuarto dispositivo
10 de separación 10 se separa el gas anódico AG oxígeno del anolito A. el anolito A se recicla a través de una
duodécima línea 31 al espacio anódico 16. El gas anódico AG oxígeno abandona a través de una decimotercera
línea 32 el dispositivo de electrólisis 1.

15 La Figura 3 muestra un dispositivo de electrólisis 1, en el que como gas de extracción se emplea tanto el gas
producto PG como también el gas educto EG. De manera especialmente ventajosa, el segundo dispositivo de
separación 7 es entonces una unidad de pervaporación. La célula de electrólisis 2 comprende, como se especifica
ya en ambos primeros ejemplos, una membrana 3, un ánodo 4, un cátodo 5, un espacio anódico 16 y un espacio
catódico 15.

20 El catolito K enriquecido con agua W durante la electrólisis del dióxido de carbono CO₂ a monóxido de carbono CO
se lleva a través de la cuarta línea 23 al primer dispositivo de separación 6. Allí se lleva a cabo primero el gas
producto a través de la décima línea 29. El catolito K y el agua W abandonan a través de la séptima línea 26 el
primer dispositivo de separación 6 y llegan al segundo dispositivo de separación 7. En el segundo dispositivo de
separación 7, la unidad de pervaporación, se lleva el gas educto EG y una proporción del gas producto PG, que se
recicló a través de la decimocuarta línea 33, a la unidad de pervaporación. A través de la membrana se transforma
ahora el agua W del catolito K en el gas educto y el gas producto EG, PG.

25 El gas educto y gas producto EG, PG y el agua W se conducen ahora a través de la decimoquinta línea 34 primero a
través de un primer intercambiador de calor 11 y a continuación se separan en el tercer dispositivo de separación 8
los componentes líquidos de los componentes gaseosos. El agua W se recicla a través de la tercera línea 22 al
espacio anódico 16. El gas educto y el gas producto EG, PG se reciclan a través de la decimosexta línea 35 al
espacio catódico 15. En el intercambiador de calor 12 se enfría el anolito de tal forma que se devuelva con una
30 temperatura de 20°C a 95°C al espacio anódico 16. De manera especialmente preferente se devuelve al espacio
anódico 16 con una temperatura de 70°C.

REIVINDICACIONES

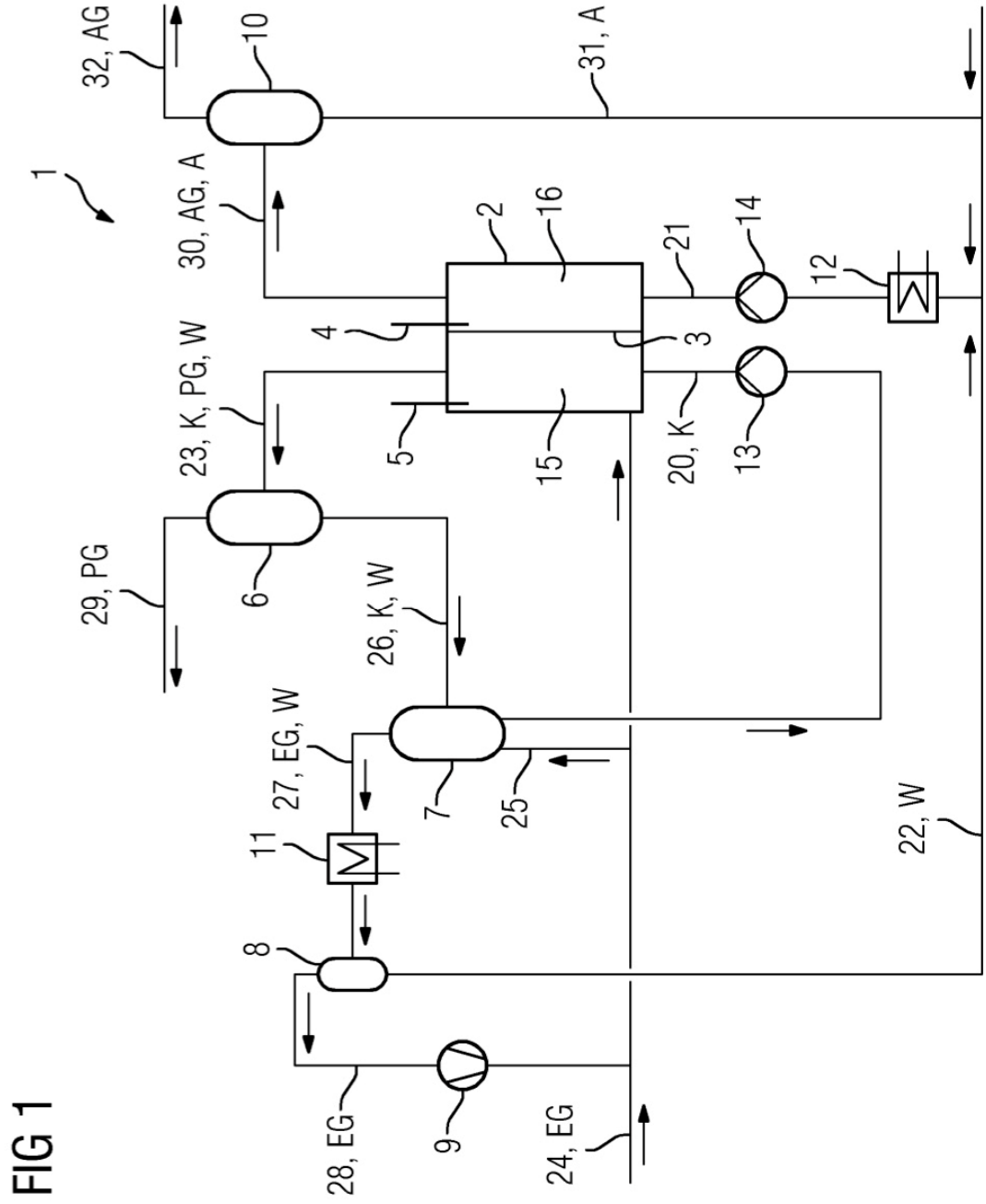
1. Procedimiento para el aprovechamiento electroquímico del dióxido de carbono (CO₂) con los siguientes pasos:
 - Proporcionar una célula de electrólisis (2), donde la célula de electrólisis (2) comprende una membrana (3), que separa un espacio anódico (16) de un espacio catódico (15),
 - 5 - Conducir un primer electrolito acuoso como catolito (K) en el espacio catódico (15) y conducir un segundo electrolito acuoso como anolito (A) en el espacio anódico (16),
 - Reducir el dióxido de carbono (CO₂) a un gas producto (PG) comprendiendo monóxido de carbono (CO),
 - Separar el gas producto (PG) del catolito (K) en un primer dispositivo de separación (6),
 - 10 - Separar el agua excedente del catolito (K) enriquecido durante la reducción del dióxido de carbono (CO₂) con agua (W) del anolito (A) por medio de un gas de extracción en un segundo dispositivo de separación (7),
 - Separar el agua (W) del gas de extracción en un tercer dispositivo de separación (8),
 - Reciclar el agua (W) del tercer dispositivo de separación (8) al espacio anódico (16), donde como gas de extracción se emplea un gas educto (EG) comprendiendo dióxido de carbono (CO₂) y/o el gas producto (PG) de la célula de electrólisis (2).
 - 15
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde el flujo volumétrico del gas de extracción se eleva con la ayuda de al menos una unidad de ventilación (9).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, donde el gas de extracción se devuelve al menos parcialmente tras la separación del agua (W) como gas educto (EG) a la célula de electrólisis (2).
- 20 4. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde el gas de extracción se calienta antes de la entrada en el segundo dispositivo de separación (7).
5. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde el catolito (K) separado del agua excedente se recicla desde el segundo dispositivo de separación (7) al espacio catódico (15).
- 25 6. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde del gas producto (PG) se separa, tras el primer dispositivo de separación (6), una proporción de como máximo un octavo del agua excedente (W) por medio de un condensador.
7. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde el primer dispositivo de separación (6) y el segundo dispositivo de separación (7) se agrupan y el gas producto (EG) se emplea como gas de extracción
8. Dispositivo de electrólisis (1) para reducir el dióxido de carbono (CO₂) a monóxido de carbono (CO) con:
 - 30 - una célula de electrólisis (2), donde la célula de electrólisis (2) comprende una membrana (3), que separa un espacio anódico (16) de un espacio catódico (15),
 - una primera línea (20) para conducir un primer electrolito como catolito (K) en el espacio catódico (15),
 - una segunda línea (21) para conducir un segundo electrolito como anolito (A) en el espacio anódico (16),
 - 35 - un primer dispositivo de separación (6) para separar un gas producto (PG) comprendiendo monóxido de carbono (CO) del catolito (K),
 - un segundo dispositivo de separación (7) para separar el agua excedente del catolito (K) por medio de un gas de extracción,
 - un tercer dispositivo de separación (8) para separar el agua (W) del gas de extracción,
 - 40 - una tercera línea (22) del tercer dispositivo de separación (8) al espacio anódico (16) de la célula de electrólisis (2) para devolver el agua (W) al espacio anódico (16), donde el segundo dispositivo de

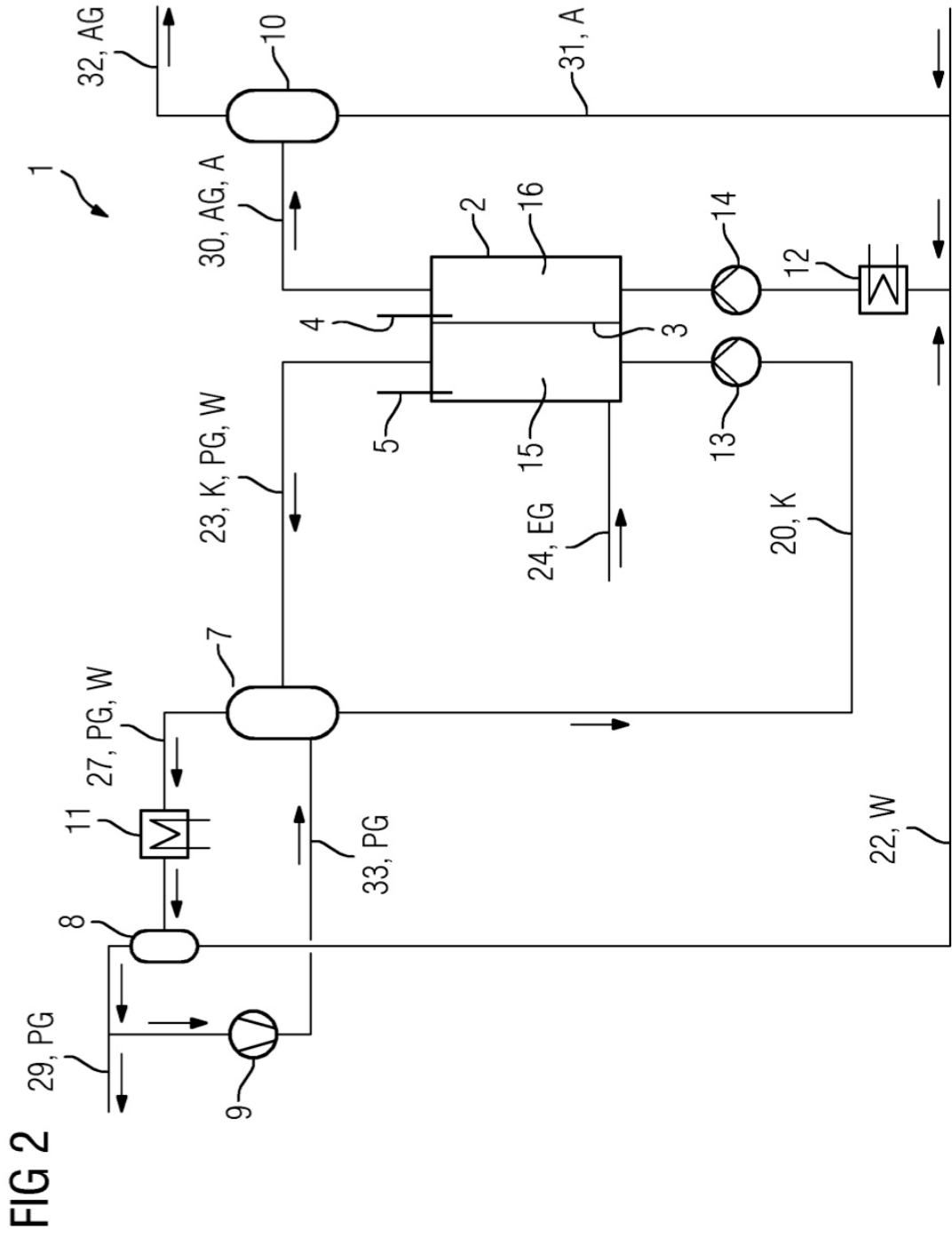
separación (7) está conectado con una sexta línea (25) para conducir el gas educto (EG) como gas de extracción en el segundo dispositivo de separación (7) o con una decimocuarta línea (33) para conducir el gas producto (PG) como gas de extracción en el segundo dispositivo de separación (7)

5 9. Dispositivo de electrólisis (1) según la reivindicación 8, donde el segundo dispositivo de separación (7) comprende una unidad de pervaporación, un evaporador de película descendente o una columna de burbujas.

10. Dispositivo de electrólisis (1) según una de las reivindicaciones 8 ó 9, donde la membrana (3) comprende un ánodo (A).

10 11. Dispositivo de electrólisis (1) según una de las reivindicaciones 8 a 10 con al menos una unidad de ventilación (9), que se dispone en los conductos que conducen el gas de extracción para elevar el flujo volumétrico del gas de extracción.





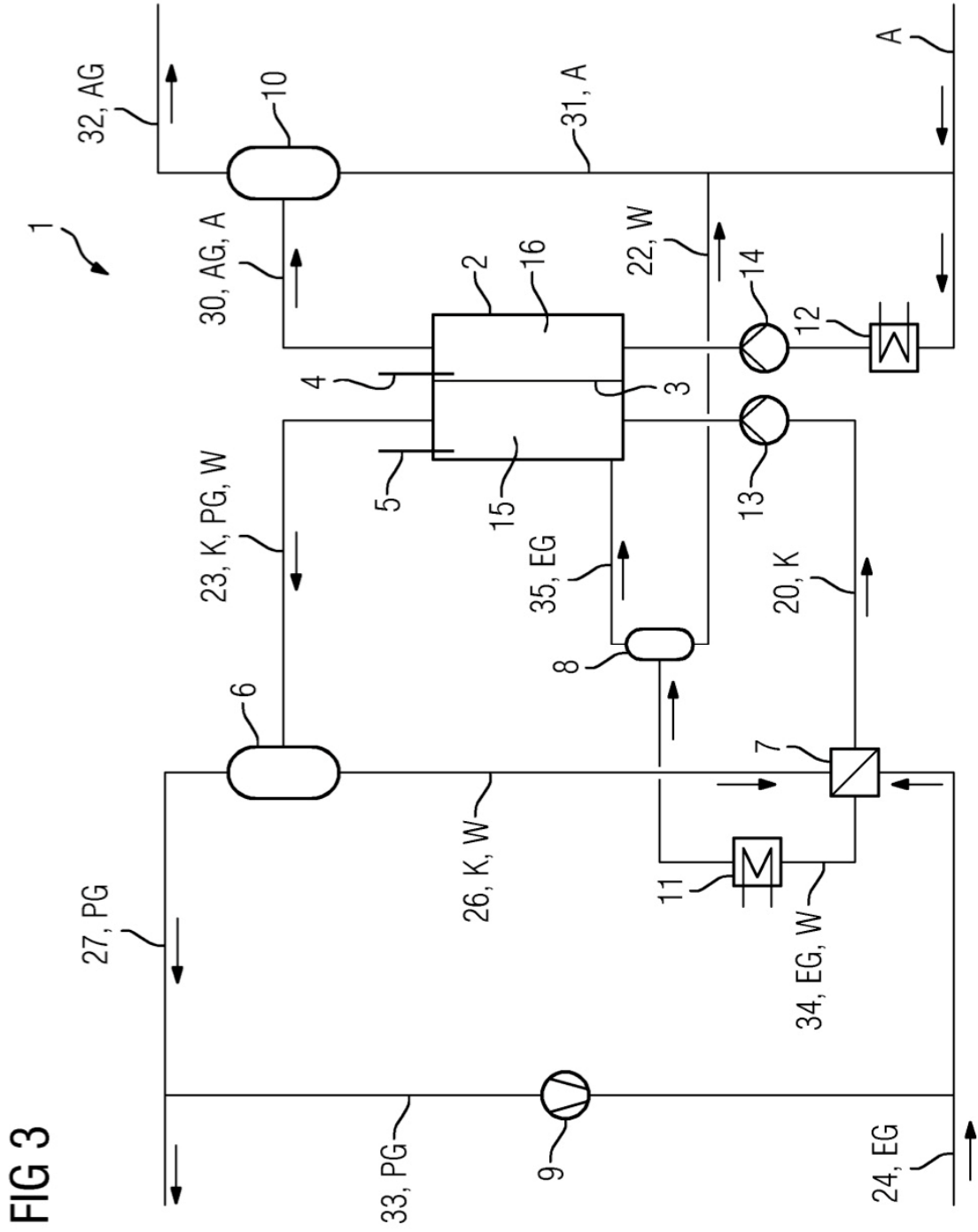


FIG 3