

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 897 980**

51 Int. Cl.:

C25B 15/08 (2006.01)

C25B 1/23 (2011.01)

C25B 3/26 (2011.01)

C25B 11/032 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.05.2017 PCT/EP2017/061929**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.01.2018 WO18001638**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2017 E 17725221 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.08.2021 EP 3478878**

54 Título: **Disposición y procedimiento para la electrólisis de dióxido de carbono**

30 Prioridad:

30.06.2016 DE 102016211822

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

03.03.2022

73 Titular/es:

**SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO. KG
(100.0%)**

**Otto-Hahn-Ring 6
81739 München, DE**

72 Inventor/es:

**JEANTY, PHILIPPE;
MAGORI, ERHARD;
SCHERER, CHRISTIAN;
TAWIL, ANGELIKA;
WIESNER-FLEISCHER, KERSTIN y
VON SICARD, OLIVER**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 897 980 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

Disposición y procedimiento para la electrólisis de dióxido de carbono

La presente invención hace referencia a una disposición y a un procedimiento para la electrólisis de dióxido de carbono según el preámbulo de la reivindicación 1.

5 Mediante la combustión de combustibles fósiles actualmente se cubre aproximadamente el 80% del demanda de energía en todo el mundo. Debido a esos procesos de combustión, en el año 2011, en todo el mundo, se emitieron a la atmósfera alrededor de 34000 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂). Esa liberación es la vía más sencilla para eliminar también grandes cantidades de CO₂ (en las centrales eléctricas de carbón grandes, más de 50000 t por día).

10 La discusión sobre los efectos negativos del gas de efecto invernadero CO₂ en el clima ha llevado a reflexionar sobre la recuperación de CO₂. El CO₂ es una molécula fuertemente unida y, por tanto, puede reducirse nuevamente formando productos utilizables sólo con dificultad.

En la naturaleza, el CO₂ se convierte en hidratos de carbono mediante fotosíntesis. Ese proceso complejo sólo puede reproducirse a gran escala con gran dificultad. En la actualidad, una posibilidad técnicamente viable consiste en la reducción electroquímica del CO₂. De este modo, el dióxido de carbono, mediante el suministro de energía eléctrica, se convierte en un producto de alta calidad en cuanto al aspecto energético, como por ejemplo CO, CH₄, C₂H₄ o alcoholes C₁-C₄. La energía eléctrica, por su parte, preferentemente proviene de fuentes de energía regenerativas, como energía eólica o fotovoltaica.

15 Para la electrólisis de CO₂ en general se utilizan metales como catalizadores. El tipo de metal influye en los productos de la electrólisis. De este modo el CO₂, por ejemplo en Ag, Au, Zn, y con limitaciones en Pd, Ga, se reduce casi exclusivamente a CO, mientras que en el cobre, como productos de reacción, puede observarse una pluralidad de hidrocarburos. Junto con metales puros, también se consideran de interés las aleaciones de metales, así como también las mezclas de metal y óxido de metal que actúan de forma co-catalítica, ya que éstas pueden aumentar la selectividad de un hidrocarburo determinado.

20 En la electrólisis de CO₂ puede utilizarse un electrodo de difusión de gas (GDE) como cátodo, de forma similar al caso de la electrólisis de cloro-álcali, para establecer un límite de tres fases entre el electrolito líquido, el CO₂ gaseoso y las partículas de plata sólidas. De este modo, se utiliza una celda de electrólisis, como es conocido también por la técnica de celdas de combustible, con dos cámaras del electrolito, donde las cámaras del electrolito están separadas por una membrana de intercambio de iones.

30 El electrodo de trabajo es un electrodo de difusión de gas poroso. El mismo comprende una red de metal que está aplicada sobre una mezcla de PTFE, carbón activo, un catalizador y otros componentes. El mismo comprende un sistema de poros en el que penetran los reactantes y reaccionan en las superficies límite de tres fases.

El electrodo opuesto es una chapa cargada con platino o con un óxido mixto de iridio. El GDE, de un lado, se encuentra en contacto con el electrolito. Del otro lado, al mismo se suministra CO₂, que es pasado a presión, con sobrepresión, por el GDE (el así llamado modo de funcionamiento convectivo). El GDE puede contener distintos metales y compuestos de metal que tienen un efecto catalítico en el proceso. El modo de funcionamiento de un GDE se conoce por ejemplo por las solicitudes EP 297377 A2, EP 2444526 A2 y EP 2410079 A2.

35 En la solicitud DE 10 2013 226357 A1 se describe un procedimiento para la reacción electrolítica de un líquido o solución en un dispositivo de electrólisis/celda de electrólisis, en el cual se produce un producto gaseoso, donde el suministro del líquido o solución tiene lugar con una presión que varía en el tiempo, así como describe un dispositivo para la reacción electrolítica de un líquido o solución, en el cual se produce un producto gaseoso, donde el suministro del líquido o solución tiene lugar con una presión que varía en el tiempo.

Por la solicitud US 2016/068974 A1 se conoce un procedimiento electroquímico para la reducción de dióxido de carbono, por ejemplo para formar sales de formiato o ácido fórmico.

45 En la solicitud WO 2015/139136 A1 pueden observarse procedimientos para la reducción electroquímica de CO₂ bajo condiciones alcalinas, solucionando los problemas de la composición de CO₂-gas de suministro, del consumo de reactivo, de la eliminación de hidrocarbonatos y de la concentración de un producto de formiato.

En la solicitud CN 105 316 700 A se describe un depósito electrolítico y su aplicación para la reducción electroquímica de dióxido de carbono, donde una cámara del cátodo del depósito electrolítico está separada en una cavidad superior y una cavidad inferior.

A diferencia de la electrólisis de cloro-álcali y de la técnica de celdas de combustible, el producto resultante en la electrólisis de dióxido de carbono es gaseoso y no es líquido. Además, el CO₂ utilizado forma sales con el hidróxido alcalino o alcalinotérreo que se produce en la electrólisis. Por ejemplo, en la utilización de sales de potasio se forma KOH como electrolito y se producen las sales KHCO₃ y K₂CO₃. Debido a las condiciones de funcionamiento se produce una cristalización de las sales en el GDE y sobre el mismo, desde el lado del gas.

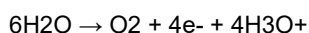
La reacción electroquímica de CO₂ en electrodos de plata tiene lugar según la siguiente ecuación:

Cátodo:

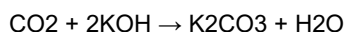
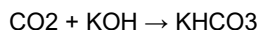


con la reacción contraria

Ánodo:



Debido a las condiciones electroquímicas, la compensación de carga de las ecuaciones químicas no tiene lugar de modo uniforme con H₃O⁺ o OH⁻. A pesar del electrolito ácido, en el GDE se producen valores pH localmente básicos. Para efectuar una técnica de celdas de combustible alcalina, el oxígeno introducido debe estar libre de CO₂, puesto que de lo contrario se formaría KHCO₃/K₂CO₃ según las siguientes ecuaciones:



El mismo proceso puede observarse ahora también en la electrólisis de CO₂, con la diferencia de que el gas suministrado no puede ser libre de CO₂. Como consecuencia de ello, después de un tiempo finito (en función de la densidad de corriente), se cristaliza sal en el GDE y sobre el mismo, desde el lado del gas, y obstruye los poros del GDE. La presión del gas aumenta, el GDE se carga en alto grado y se rompe a partir de una presión determinada. Además, se extraen del proceso los iones de potasio necesarios para el proceso, y el espacio de gas gradualmente se llena de sal. Puede observarse un proceso análogo con otros metales alcalinos/alcalinotérreos, por ejemplo cesio.

En la electrólisis de CO₂ no es posible un funcionamiento prolongado estable del electrodo de difusión de gas en el rango de más de 1000 h, ya que la sal que se produce obstruye los poros del GDE y, con ello, éste se vuelve estanco al gas.

El objeto de la presente invención consiste en proporcionar una disposición mejorada para la electrólisis de dióxido de carbono y un procedimiento para operar una disposición para la electrólisis de dióxido de carbono, con la cual se posibilite un funcionamiento prolongado estable, evitando las desventajas mencionadas en la introducción.

Dicho objeto se soluciona mediante una disposición con las características de la reivindicación 1. Con respecto al procedimiento, una solución consiste en el procedimiento con las características de la reivindicación 11. En las reivindicaciones dependientes se indican configuraciones ventajosas de la disposición.

La disposición según la invención para la electrólisis de dióxido de carbono comprende una celda de electrólisis con un ánodo y un cátodo, donde el ánodo y el cátodo están conectados a un suministro de tensión, donde el cátodo está configurado como electrodo de difusión de gas, al cual, de un primer lado, se une un espacio de gas, y de un segundo lado, se une un espacio del cátodo, un circuito de electrolito que se une a la celda de electrólisis y un suministro de gas para el suministro de gas, que contiene dióxido de carbono, hacia el espacio de gas.

Además, el espacio de gas presenta una salida para electrolito, dióxido de carbono y gases del producto de la electrólisis; la salida está conectada al suministro de gas mediante una conexión de retorno, y se encuentra presente un dispositivo de bombeo para la circulación de dióxido de carbono y gas del producto en el circuito, que está formado por el espacio de gas y la conexión de retorno.

En el procedimiento operativo según la invención se utiliza una disposición para la electrólisis de dióxido de carbono con una celda de electrólisis con un ánodo y un cátodo; el ánodo y el cátodo están conectados a un suministro de tensión; como cátodo se utiliza un electrodo de difusión de gas, al cual, de un primer lado, se une un espacio de gas, y de un segundo lado, un espacio del cátodo. Asimismo, gas que contiene dióxido de carbono, mediante un suministro de gas, es conducido al espacio de gas.

Además, en el espacio de gas se proporciona una salida para electrolito, dióxido de carbono y gases del producto de la electrólisis; la salida está conectada al suministro de gas formando un circuito, y el dióxido de carbono y los gases del producto circulan mediante un dispositivo de bombeo.

De este modo se crea una instalación de electrólisis de dióxido de carbono, que trabaja en el modo "flow-by" (circulación por). El dióxido de carbono no pasa a presión por el cátodo, por tanto el electrodo de difusión de gas, del lado del catolito ("flow-through", circulación a través), sino que pasa delante del mismo en el espacio de gas. Además, el dióxido de carbono y los gases del producto que se producen en la electrólisis y que se liberan en el espacio de gas son suministrados nuevamente al flujo de gas, en la entrada de la celda de electrólisis, mediante la bomba. Debido a esto se alcanza un volumen mejorado del dióxido de carbono en el espacio de gas y, con ello, una eficiencia mejorada de la electrólisis.

Aunque los iones de OH⁻ que salen por el electrodo de difusión de gas, junto con el gas de alimentación dióxido de carbono y los cationes alcalinos desde el electrolito, causan una formación de sal, sin embargo, la presión diferencial en el electrodo de difusión de gas es tan reducida que electrolito circula de modo suficiente por el electrodo de difusión de gas y la sal formada se solubiliza, se elimina de forma permanente y es transportada desde el espacio de gas. Mediante el modo flow-by se impide un aumento de presión que conduciría a una cristalización de la sal formada.

En las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1 se indican configuraciones ventajosas del dispositivo según la invención. De este modo, la forma de ejecución según la reivindicación 1 puede combinarse con las características de una de las reivindicaciones dependientes o, preferentemente, también con aquellas de varias reivindicaciones dependientes. Conforme a ello, para la disposición pueden proporcionarse adicionalmente las siguientes características:

- Preferentemente, el flujo volumétrico de la bomba es marcadamente más grande que el flujo volumétrico del gas de alimentación, es decir, que el flujo volumétrico de dióxido de carbono nuevo. Con ello, por una parte, tiene lugar una mayor circulación por el espacio de gas, lo cual a su vez tiene como consecuencia una circulación más turbulenta; por otra parte, gracias a esto, se mejora el volumen del dióxido de carbono. Además, tiene lugar un mejor transporte del exceso de flujo, desde el espacio de gas, debido a la velocidad de circulación del gas más elevada.

- El dispositivo de bombeo puede estar dispuesto en el espacio de gas. Por ejemplo, el dispositivo de bombeo puede estar dispuesto en la entrada hacia el espacio de gas, en la cual desemboca el suministro de gas, o en el área de la salida. El dispositivo de bombeo puede tratarse por ejemplo de una bomba de membrana que, ventajosamente, es resistente a los productos químicos. También se consideran otros tipos de bombas, como bombas de engranajes, de pistones, elevadoras o peristálticas. El flujo volumétrico del dispositivo de bombeo por ejemplo puede encontrarse entre 2 l/min y 5 l/min. El mismo debe ser al menos diez veces el flujo volumétrico del dióxido de carbono que ingresa.

- El dispositivo de bombeo, de manera alternativa, puede estar dispuesto en la conexión de retorno. Expresado de otro modo, el dispositivo de bombeo está dispuesto por fuera del espacio de gas.

- La salida, preferentemente, está dispuesta en el espacio de gas, del lado de la base. Debido a esto, el electrolito que entra al espacio de gas desde el espacio del cátodo, y que se desplaza en el cátodo hasta la base del espacio de gas, puede ser conducido hacia el exterior sin problemas, desde el espacio de gas.

- La salida, de manera conveniente, está conectada a un recipiente de rebose. La salida y un tubo eventualmente subsiguiente conducen electrolito, dióxido de carbono y gases del producto. Para el trabajo posterior de la celda de electrólisis deben dividirse los gases y el electrolito, lo cual sucede mediante la introducción en el recipiente de rebose. El electrolito se acumula en la base del recipiente de rebose, y en el área sobre el electrolito se acumula el dióxido de carbono y eventualmente gases del producto. De manera conveniente, la conexión de retorno para el suministro de gas se une en el área superior del recipiente de rebose, de manera que el dióxido de carbono puede ser conducido de regreso sin electrolito. El guiado del electrolito hacia el recipiente de rebose preferentemente tiene lugar impulsado por la fuerza de gravedad.

- El recipiente de rebose puede estar estructurado separado del espacio de gas y, por ejemplo, puede estar conectado mediante una conexión tubular. El recipiente de rebose también puede estar integrado en el espacio de gas.

- El recipiente de rebose puede estar conectado al circuito de electrolito mediante un reductor, donde el reductor está configurado para provocar una diferencia de presión que puede definirse, entre el espacio de gas y el espacio del cátodo. La diferencia de presión no debe depender de si gas, electrolito o una mezcla de los mismos, pasa por el reductor. Gracias a esto, la diferencia de presión se mantiene en un rango

predeterminado. Gracias a esto se mantiene un flujo continuo de electrolito por el electrodo de difusión de gas, hacia el espacio de gas, el cual impide una salinización; pero por otra parte se limita el flujo del electrolito, para impedir el recubrimiento del electrodo de difusión de gas con una película de líquido que reduciría la eficiencia de la electrólisis. El reductor por ejemplo puede estar dispuesto a una altura media en el recipiente de rebose. Tan pronto como el nivel de líquido en el recipiente de rebose alcanza esa altura media, el electrolito es transportado mediante el reductor. De este modo, el nivel de líquido en el recipiente de rebose se mantiene constante a la altura media.

- El reductor puede comprender un tubo dispuesto en un ángulo de entre 0° y 80° con respecto a la vertical. En una configuración, el reductor comprende un tubo que se sitúa de forma vertical. El tubo preferentemente presenta una longitud de entre 60 cm y 140 cm, en particular de entre 90 cm y 110 cm.

- El tubo puede estar dispuesto de forma giratoria. Debido a esto puede variar la altura absoluta que supera el tubo. A su vez, debido a esto, varía la diferencia de presión provocada por el tubo. Con ello, por tanto, puede regularse una diferencia de presión deseada entre el espacio de gas y el espacio del cátodo, mediante una rotación del tubo. La diferencia de presión máxima se presenta cuando el tubo de sitúa de forma vertical. Si el tubo está rotado en la horizontal, la diferencia de presión es próxima a cero.

- En el espacio de gas puede estar presente un primer sensor de presión. El mismo emite una señal de presión, por ejemplo hacia un dispositivo de control, para activar el dispositivo de bloqueo. Un segundo sensor de presión puede estar dispuesto en el espacio del cátodo. Del mismo modo, éste puede emitir una señal de presión hacia el dispositivo de control. En base a las dos señales de presión, el dispositivo de control puede determinar la diferencia de presión.

- De manera alternativa, un sensor de presión diferencial puede estar presente para el espacio de gas y el espacio del cátodo. El mismo emite directamente una señal para la diferencia de presión, hacia un dispositivo de control.

- La diferencia de presión entre el espacio de gas y el espacio de cátodo preferentemente se mantiene entre 10 y 100 hPa. Ese leve aumento de presión del lado del gas permite aún un buen pasaje suficiente del electrolito por el electrodo de difusión de gas, por tanto elimina bien las sales, trasladando un poco al mismo tiempo el límite de tres fases, hacia dentro del electrodo de difusión de gas. De este modo, se utiliza un funcionamiento flow-by modificado, en donde el gas del educto es presionado con facilidad hacia el electrodo de difusión de gas. Gracias a esto aumenta la producción de gas del producto, por ejemplo monóxido de carbono.

- El espacio de gas puede comprender promotores de turbulencia. La electrólisis tiene lugar en el funcionamiento flow-by, es decir que el dióxido de carbono es conducido por delante del electrodo de difusión de gas y no pasa a presión a través del mismo. Sin componentes adicionales, se forma de este modo un flujo laminar, en el cual, en la superficie del electrodo de difusión de gas, la velocidad del gas es muy reducida. Por tanto, de manera ventajosa, el espacio de gas es reconfigurado de manera que el gas que ingresa se arremolina y, con ello, rompe la película de flujo en la superficie del cátodo. Debido a esto se produce una mejor penetración del dióxido de carbono en el electrodo de difusión de gas y, con ello, una mejor producción de gas del producto, por ejemplo CO. Los promotores de turbulencia por ejemplo pueden comprender: Canal de flujo, rompedor de flujo, reducción de la sección transversal.

- Los promotores de turbulencia pueden estar configurados de manera que entre los mismos y la superficie del cátodo quede un espacio libre de entre 0,1 mm y 5 mm. Debido a esto, de manera ventajosa se logra que el electrolito que sale por el electrodo de difusión de gas no humedezca los promotores de turbulencia y sea retenido allí. A su vez, eso conduciría a un flujo reducido de dióxido de carbono y en conjunto perjudicaría en gran medida la eficiencia de la electrólisis. Sin embargo, el espacio libre crea una distancia de los promotores de turbulencia, desde la superficie del electrodo de difusión de gas, de modo que el electrolito puede escurrirse y puede acumularse en el espacio de gas, del lado de la base. De manera preferente, sin embargo, en varios puntos entre los promotores de turbulencia y el electrodo de difusión de gas se encuentran presentes compuestos de protección, debido a lo cual el electrodo de difusión de gas experimenta una estabilización mecánica.

- Los promotores de turbulencia pueden presentar canales de descarga, mediante los cuales el electrolito es guiado en el borde del espacio de gas.

A continuación, ahora mediante la figura del dibujo, se explica en detalle un ejemplo de ejecución de la invención, el cual es preferente pero en ningún modo limitativo. En el mismo, las características están representadas de forma esquematizada.

La estructura de una celda de electrólisis 11, representada esquemáticamente en la figura 1, habitualmente es adecuada para efectuar una electrólisis de dióxido de carbono. De este modo, la forma de ejecución de la celda de electrólisis 11 comprende al menos un ánodo 13 con espacio del ánodo 12 contiguo, así como un cátodo 15 y un espacio del cátodo 14 contiguo. El espacio del ánodo 12 y el espacio del cátodo 14 están separados uno de otro por una membrana 21. La membrana 21 habitualmente está realizada de un material a base de PTFE. Dependiendo de la solución de electrolito utilizada también es posible una estructura sin membrana 21, en la cual entonces una compensación del valor pH supera aquella de la membrana 21

El ánodo 13 y el cátodo 15 están conectados de forma eléctrica a un suministro de tensión 22 que es controlado por la unidad de control 23. La unidad de control 23 puede aplicar una tensión de protección o una tensión de servicio a los electrodos 13, 15; por tanto, al ánodo 13 y al cátodo 15. El espacio del ánodo 12 de la celda de electrólisis 11 mostrada está provisto de una entrada de electrolito. Del mismo modo, el espacio del ánodo 12 ilustrado comprende una salida para electrolito, así como por ejemplo oxígeno O₂, u otro producto secundario gaseoso, que se forma en la electrólisis de dióxido de carbono en el ánodo 13. El espacio del cátodo 14, del mismo modo, presenta respectivamente al menos una salida de producto y de electrolito. De este modo, el producto de electrólisis total puede estar compuesto por una pluralidad de productos de electrólisis.

La celda de electrólisis 11 está realizada además en una estructura de tres cámaras, en la cual el dióxido de carbono CO₂, mediante el cátodo 15 realizado como electrodo de difusión de gas, circula ingresando al espacio del cátodo 14. Los electrodos de difusión de gas permiten poner en contacto uno con otro un catalizador sólido, un electrolito líquido, así como un educto de electrólisis gaseoso. Para ello, el catalizador por ejemplo puede estar realizado poroso y puede encargarse de la función del electrodo, o un electrodo poroso se encarga de la función del catalizador. El sistema de poros del electrodo está realizado de manera que la fase líquida, así como la fase gaseosa, pueden penetrar del mismo modo en el sistema de poros, y al mismo tiempo pueden estar presentes allí dentro, así como en su superficie eléctricamente accesible. Un ejemplo de un electrodo de difusión de gas es un electrodo de consumo de oxígeno, que se utiliza en la electrólisis de cloro-álcali.

Para una configuración como electrodo de difusión de gas, el cátodo 15, en este ejemplo, comprende una red de metal, sobre la cual está aplicada una mezcla de PTFE, carbón activo y un catalizador. Para la introducción del dióxido de carbono CO₂ en el circuito de catolito, la celda de electrólisis 11 comprende una entrada de dióxido de carbono 24 hacia el espacio de gas 16. El dióxido de carbono, en el espacio de gas 16, alcanza el cátodo 15 y allí puede penetrar en la estructura porosa del cátodo 15, reaccionando.

Además, la disposición 10 comprende un circuito de electrolito 20, mediante el cual un electrolito líquido, por ejemplo K₂SO₄, KHCO₃, KOH, Cs₂SO₄, se suministra al espacio del ánodo 12 y al espacio del cátodo 14, y el electrolito es conducido de regreso a un depósito 19. La circulación del electrolito en el circuito de electrolito 20 tiene lugar mediante una bomba de electrolito 18.

El espacio de gas 16, en este ejemplo, comprende una salida 25 que está dispuesta en el área de la base. La salida 25 está configurada como una abertura con una sección transversal suficiente, de manera que tanto electrolito, que pasa por el cátodo 15, como también dióxido de carbono y gases del producto, a través de la salida, pueden llegar al tubo conectado. La salida 25 conduce a un recipiente de rebose 26. En el recipiente de rebose 26 se recolecta y acumula el electrolito. El dióxido de carbono y los gases del producto que provienen del espacio de gas 16 se separan del electrolito y se acumulan encima del mismo.

Desde un punto del recipiente de rebose 26 situado arriba, otro tubo 28 conduce a una bomba 27, en este ejemplo a una bomba de membrana, y después hacia el suministro de gas 17. La bomba 27 también puede ser una bomba de pistones, una bomba elevadora, una bomba extrusora o una bomba de engranajes. De este modo, una parte del suministro de gas 17, el espacio de gas 16, el tubo 18 y el recipiente de rebose 26, junto con su conexión hacia la salida 25, forman juntos un circuito. Mediante la bomba 27, el dióxido de carbono y gases del producto que se encuentran presentes son conducidos desde el recipiente de rebose 26 de regreso hacia el suministro de gas y, con ello, el gas circula de forma parcial. De este modo, el flujo volumétrico de la bomba 27 es marcadamente más elevado que el flujo volumétrico de dióxido de carbono nuevo. El gas de educto que no es utilizado, de manera ventajosa, nuevamente pasa por delante del cátodo 15 y puede reducirse otra vez o varias veces. Los gases del producto circulan igualmente de forma parcial. Debido a que el dióxido de carbono pasa varias veces por el cátodo 15, se incrementa la eficiencia de la conversión.

Desde el recipiente de rebose 26 existe otra conexión que retorna al circuito de electrolito 20. Esa conexión comienza con una salida 29 que está dispuesta en una pared lateral del recipiente de rebose 26, preferentemente cerca de la base, pero no en la base. La salida 29 está conectada a un reductor 30 que está diseñado como una pieza tubular vertical, con una longitud de por ejemplo 90 cm. De este modo, el diámetro de la pieza tubular es marcadamente más grande que aquél de los conductos de entrada hacia el reductor 30. El conducto de entrada por ejemplo tiene un diámetro interno de 4mm; el tubo tiene un diámetro interno de 20mm. El reductor 30, del lado de salida, es decir, en el extremo superior de la pieza tubular, está conectado al circuito de electrolito 20.

Durante el funcionamiento, mediante el reductor 30 se establece y se mantiene una diferencia de presión entre el circuito de electrolito 20 conectado del lado superior y, con ello, entre el espacio del cátodo 14, por una parte, y el recipiente de rebose 26 y el espacio de gas 16, por otra parte. Esa diferencia de presión se encuentra entre 10 y 100 hPa (mbar), es decir que el espacio de gas 16 permanece solamente en el caso de una sobrepresión leve con respecto al espacio del cátodo 14. Es importante que el reductor 30 establezca la diferencia de presión independientemente de si precisamente circula un medio líquido o un medio gaseoso, o una mezcla de los mismos. En la pieza tubular del reductor 30, que está llenada con electrolito, la presión diferencial se presenta en función de la altura de la pieza tubular, debido a la presión hidrostática. Si la pieza tubular está montada de forma giratoria, entonces la presión diferencial del reductor 30 puede reducirse de forma continua, hasta casi cero, en posición horizontal.

Al comenzar la electrólisis, a pesar de la sobrepresión leve del lado del gas, es decir en el espacio de gas 16, debido a la tensión eléctrica que se aplica en el cátodo 15, electrolito es "bombeado" desde el espacio de electrolito 14, mediante el electrodo de difusión de gas, por tanto el cátodo 15, en dirección del espacio de gas 16. Del lado del espacio de gas 16 se producen gotas en la superficie del cátodo 15, que coalescen y se acumulan en forma en el área inferior del cátodo 15.

El electrolito que se acumula, debido a esto, causa un aumento de presión en el espacio de gas 16. Ese aumento de presión, sin embargo, es compensado nuevamente por el reductor 30, en donde electrolito y/o gas, desde el recipiente de rebose 26, retorna nuevamente al circuito de electrolito 20. De este modo, la diferencia de presión entre los dos lados del cátodo 15 se mantiene en el rango deseado, entre 10 y 100 hPa.

Aunque los iones de OH⁻ que salen por el cátodo 15, junto con el dióxido de carbono y los cationes alcalinos desde el electrolito, causan una formación de sal, sin embargo, la presión diferencial en el cátodo 15 es tan reducida que el líquido circula de modo suficiente por el cátodo 15 y la sal formada se solubiliza, se elimina de forma permanente y es transportada desde el espacio de gas 16 hacia el recipiente de rebose 26. Mediante el reductor 30 se impide otro aumento de presión que conduciría a una cristalización de la sal formada.

REIVINDICACIONES

1. Disposición (10) para la electrólisis de dióxido de carbono, la cual comprende

- una celda de electrólisis (11) con un ánodo (13) y un cátodo (15), donde el ánodo (13) y el cátodo (15) están conectados a un suministro de tensión (22), donde el cátodo (15) está configurado como electrodo de difusión de gas, al cual, de un primer lado, se une un espacio de gas (16), y de un segundo lado, un espacio del cátodo (14),

- un circuito de electrolito (20) que se une a la celda de electrólisis (11),

- un suministro de gas (17) para el suministro de gas, que contiene dióxido de carbono, al espacio de gas (16),

caracterizada porque

- el espacio de gas (16) presenta una salida (25) para electrolito, dióxido de carbono y gases del producto de la electrólisis,

- la salida (25), mediante una conexión de retorno (28), está conectada al suministro de gas (17),

- se encuentra presente un dispositivo de bombeo (27) para la circulación de dióxido de carbono y gas del producto en el circuito, que está formado por el espacio de gas (16) y la conexión de retorno (28).

2. Disposición (10) según la reivindicación 1, en la cual el dispositivo de bombeo (27) está dispuesto en la conexión de retorno (28).

3. Disposición (10) según la reivindicación 1, en la cual el dispositivo de bombeo (27) está dispuesto en el espacio de gas (16).

4. Disposición (10) según una de las reivindicaciones precedentes, en la cual la salida (25) está dispuesta en el espacio de gas (16), del lado de la base.

5. Disposición (10) según una de las reivindicaciones precedentes, en la cual la salida (25) está conectada a un recipiente de rebose (26).

6. Disposición (10) según la reivindicación 5, en la cual el recipiente de rebose (26), mediante un reductor (30), está conectado al circuito de electrolito (20), donde el reductor (30) está configurado para provocar una diferencia de presión que puede definirse, entre el espacio de gas (16) y el espacio de cátodo (14), cuando circula una mezcla de gases del producto y de electrolito líquido.

7. Disposición (10) según la reivindicación 6, en la cual el reductor (30) comprende un tubo dispuesto en un ángulo de entre 0° y 80° con respecto a la vertical.

8. Disposición (10) según la reivindicación 7, en la cual el tubo está dispuesto de forma giratoria.

9. Disposición (10) según una de las reivindicaciones precedentes, en la cual el espacio de gas (16) comprende promotores de turbulencia.

10. Disposición (10) según la reivindicación 9, en la cual los promotores de turbulencia están configurados de manera que entre éstos y la superficie del cátodo (15) queda un espacio de separación de al menos 0,1 mm.

11. Procedimiento para operar una disposición (10) para la electrólisis de dióxido de carbono con una celda de electrólisis (11) con un ánodo (13) y un cátodo (15), donde el ánodo (13) y el cátodo (15) se conectan a un suministro de tensión (22), donde el cátodo (15) está configurado como electrodo de difusión de gas, al cual, de un primer lado, se une un espacio de gas (16), y de un segundo lado, un espacio del cátodo (14), - donde gas que contiene dióxido de carbono, mediante un suministro de gas (17), es conducido al espacio de gas (16), caracterizado porque

- en el espacio de gas (16) se proporciona una salida (25) para electrolito, dióxido de carbono y gases del producto de la electrólisis,

- la salida (25) se conecta al suministro de gas (17) formando un circuito,
- el dióxido de carbono y los gases del producto circulan mediante un dispositivo de bombeo (27).

12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el cual la diferencia de presión entre el espacio de gas (16) y el espacio del cátodo (14), mediante un reductor (30), entre la salida (25) y un circuito de electrolito (20), se mantiene en el intervalo de 10 hPa a 100 hPa.

5

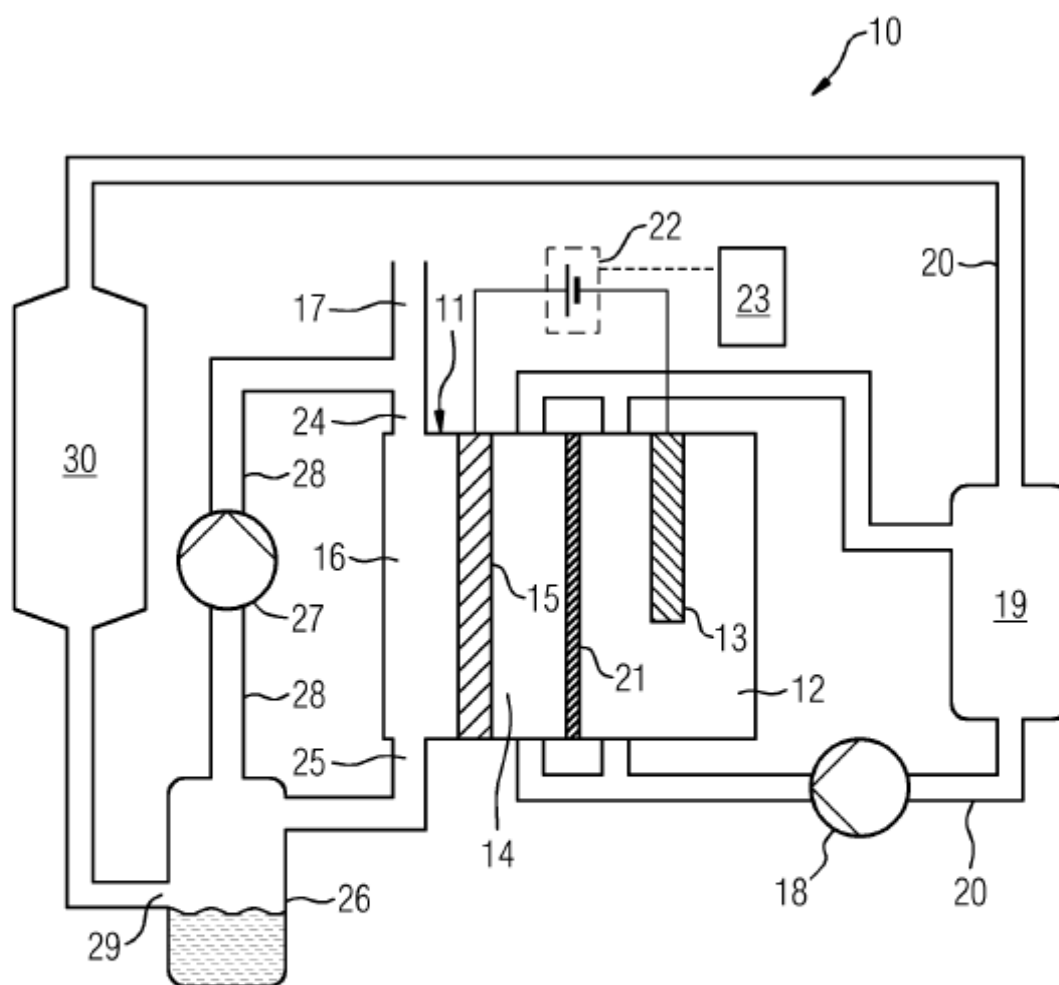


Fig. 1