

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 807**

51 Int. Cl.:

C25B 15/08 (2006.01)

C25B 3/04 (2006.01)

C25B 1/00 (2006.01)

C25B 9/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.05.2016 PCT/EP2016/062253**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.01.2017 WO17005411**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2016 E 16726551 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2019 EP 3317435**

54 Título: **Procedimiento de reducción y sistema de electrólisis para el aprovechamiento electroquímico del dióxido de carbono**

30 Prioridad:

03.07.2015 DE 102015212503

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

18.03.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JEANTY, PHILIPPE;
FLEISCHER, MAXIMILIAN;
KRAUSE, RALF;
MAGORI, ERHARD;
ROMERO CUÉLLAR, NAYRA SOFIA;
SCHMID, BERNHARD;
SCHMID, GÜNTER y
WIESNER-FLEISCHER, KERSTIN**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 748 807 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 de reducción y sistema de electrólisis para el aprovechamiento electroquímico del dióxido de carbono

La presente invención se relaciona con un procedimiento y un sistema de electrólisis 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.

Actualmente, alrededor del 80% de las necesidades energéticas mundiales se satisfacen mediante la combustión de combustibles fósiles, cuyos procesos de combustión provocan una emisión mundial de aproximadamente 34000 millones de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera cada año. Mediante esta liberación a la atmósfera, se elimina la mayor parte del dióxido de carbono, lo que, por ejemplo, en una central eléctrica de lignito puede alcanzar hasta 50000 toneladas por día. El dióxido de carbono pertenece a los llamados gases de efecto invernadero, cuyos efectos negativos sobre la atmósfera y el clima se discuten. Como el dióxido de carbono es termodinámicamente muy bajo, puede ser difícil reducirlo a productos reciclables, lo que ha dejado la reutilización real del dióxido de carbono hasta ahora en la teoría o en el ámbito académico. Una descomposición natural del dióxido de carbono se lleva a cabo, por ejemplo, por fotosíntesis. Una copia del proceso de fotosíntesis natural con fotocatalisis a gran escala no es hasta ahora suficientemente eficiente.

Una alternativa es la reducción electroquímica del dióxido de carbono. Los estudios sistemáticos de la reducción electroquímica del dióxido de carbono siguen siendo un campo de desarrollo relativamente joven. Solo desde hace unos pocos años se han realizado esfuerzos para desarrollar un sistema electroquímico que pueda reducir una cantidad aceptable de dióxido de carbono. Las investigaciones a escala de laboratorio han demostrado que es preferible utilizar metales como catalizadores para la electrólisis del dióxido de carbono. Si el dióxido de carbono se redujera, por ejemplo, en cátodos de plata, oro, zinc, paladio y galio, casi exclusivamente a monóxido de carbono, se formarían en un cátodo de cobre una gran cantidad de hidrocarburos como productos de reacción.

Los sistemas de electrólisis para la reducción electroquímica del dióxido de carbono se conocen, por ejemplo, de la DE 10 2013 226357 A1 o la US 2012/228148 A1.

Una estructura típica representada simplificada de un sistema de electrólisis comprende una célula electrolítica con un circuito de anolito y uno de catolito. Los circuitos están separados por una membrana de intercambio iónico en la célula de electrólisis. El respectivo electrolito se mantiene en depósitos y se purifica allí.

Si en ambos circuitos se usara el mismo electrolito, variaría tras una operación más prolongada de la electrólisis el valor del pH, así como la concentración de iones en las disoluciones individuales. Mediante la membrana se dificulta además la compensación. Si se tomara, por ejemplo, como anolito y catolito una Disolución de KHCO_3 0,5M, así aumentaría fuertemente tras un par de horas la tensión de la célula, pues mediante la tensión eléctrica aplicada los cationes han migrado del espacio de anolito al espacio de catolito al electrodo. Aunque la presión osmótica se compensa inicialmente y/o tras algún tiempo incluso contrarresta, la atracción eléctrica del cátodo es más fuerte y la migración de cationes discurre en una dirección (es unidireccional). Si se elevara la concentración inicial o se renovara periódicamente el anolito, tras unas pocas horas podría verse una cristalización de KHCO_3 en el catolito. Lo mismo se aplica a los electrolitos cuya conductividad eléctrica sea generada por otras sales (sulfatos, fosfatos).

Se tiene que realizar, por tanto, una regeneración separada del electrolito. Para permitir un flujo constante de electrolito, por tanto, tiene que haber una cantidad suficiente de electrolito en los depósitos. En una planta a gran escala, el tanque requiere un tamaño no despreciable.

Es un objeto de la invención especificar un sistema de electrólisis, así como un procedimiento para el aprovechamiento electroquímico de dióxido de carbono, que reduzcan o eviten los problemas mencionados inicialmente

Estos objetos se resuelven con un sistema de electrólisis según la reivindicación 1, así como con un procedimiento según la reivindicación 10.

El sistema de electrólisis conforme a la invención para el aprovechamiento del dióxido de carbono comprende

- una célula de electrólisis con un ánodo en un espacio anódico y con un cátodo en un espacio catódico, donde el espacio catódico está configurado para recibir dióxido de carbono y ponerlo en contacto con el cátodo, donde una reacción de reducción del dióxido de carbono a al menos un compuesto hidrocarbonado o a monóxido de carbono puede catalizarse,

- un primer y un segundo depósitos de electrolito,

ES 2 748 807 T3

- una primera línea de gas producto desde el primer depósito,
 - una segunda línea de gas producto desde el segundo depósito. Además, hay
 - una primera línea de conexión para la línea de alimentación de electrolito desde el primer depósito de electrolito al espacio anódico,
- 5 - una segunda línea de conexión para la derivación de electrolito del espacio anódico al segundo depósito de electrolito,
- una tercera línea de conexión para la línea de alimentación de electrolito del segundo depósito de electrolito al espacio catódico y
- 10 - una cuarta línea de conexión para la derivación de electrolito del espacio catódico al primer depósito de electrolito. Por medio de una conexión de compensación de la presión (13), se conectan directamente el primer y el segundo depósitos de electrolito (6, 7).
- Las desigualdades en el flujo del electrolito desde ambos depósitos pueden conducir sin contramedidas durante períodos más largos a un nivel desigual de electrolito en ambos depósitos y, casos extremos, incluso a una operación en seco de un lado de la célula. Mediante la conexión de compensación de la presión se produce una conexión directa de ambos depósitos, que, de este modo, análogamente a los vasos comunicantes, reciben un nivel del líquido siempre igual. De este modo se evita una operación en seco de un lado de la célula.
- 15 En el procedimiento de reducción conforme a la invención para el aprovechamiento del dióxido de carbono por medio de un sistema de electrólisis:
- se lleva dióxido de carbono a través de un espacio catódico de una célula de electrólisis y se pone en contacto con un cátodo,
- 20 - se lleva a cabo una reacción de reducción de dióxido de carbono para dar al menos un compuesto hidrocarbonado o monóxido de carbono,
- se lleva el primer gas producto a través de una primera línea de gas producto desde el primer depósito y
 - se lleva el segundo gas producto a través de una segunda línea de gas producto desde el segundo depósito.
- 25 Además, el electrolito se lleva en flujo cruzado a y de la célula de electrólisis, haciendo que
- se lleve electrolito desde un primero de dos depósitos de electrolito al espacio anódico,
 - se lleve electrolito desde el espacio anódico a un segundo de los dos depósitos de electrolito,
 - se lleve electrolito desde el segundo depósito de electrolito al espacio catódico,
 - se lleve electrolito desde el espacio catódico al primer depósito de electrolito.
- 30 Ventajosamente, guiando el electrolito en la corriente entrelazada (flujo cruzado) se logra que se compensen nuevamente los cambios del valor del pH que se producen. Si los cationes migran al cátodo, son transportados a través del flujo cruzado mecánicamente de regreso al espacio anódico.
- Además, se logra que la concentración de sal en los dos espacios de electrodos permanezca constante y, por tanto, que se evite de manera duradera una precipitación por sales.
- 35 Debido a esta gestión mejorada del proceso, es posible una electrólisis duradera con el mismo electrolito en ambos espacios de electrodo.
- Para la sustitución del electrolito líquido es además conveniente conectar la línea de compensación a ambos depósitos de electrolito lo más abajo posible, por ejemplo, en la mitad inferior de la altura del respectivo depósito, particularmente en el cuarto inferior.
- 40 Además de una compensación automática del nivel del líquido en los depósitos, es también posible llevar a cabo un intercambio regulado de electrolito. Para este propósito, según una ordenación de la invención, hay una bomba en la

conexión de compensación de la presión. Esta proporciona un intercambio forzado de electrolito. Para el control se usan preferentemente las señales de entrada de los sensores de nivel de llenado para ambos depósitos.

5 Ambos depósitos pueden diseñarse como recipientes separados, donde la conexión de compensación de la presión está configurada, por ejemplo, como tubo entre los recipientes. Alternativamente, ambos depósitos pueden diseñarse también juntos como depósito único con una pared divisora para la subdivisión en ambos depósitos, donde la pared divisora presenta una abertura como conexión de compensación de la presión. Naturalmente, la abertura está también situada convenientemente en la zona inferior de los depósitos, para permitir la sustitución del electrolito líquido incluso a un nivel bajo del líquido.

10 El sistema de electrólisis comprende convenientemente bombas en la primera y la tercera líneas de conexión, que transportan el electrolito al espacio anódico y al espacio catódico. Además, el sistema de electrólisis comprende convenientemente una línea de alimentación para introducir el dióxido de carbono.

15 Preferentemente, el sistema de electrólisis comprende medios para la regulación de la presión para al menos uno de los depósitos. Así puede tener, por ejemplo, la línea de alimentación para introducir el dióxido de carbono una válvula de sobrepresión. Si ésta se abriera, podría mezclarse el dióxido de carbono entonces circulante con el gas producto de la primera línea de gas producto y llevarse juntos a una analítica y/o un acumulador de gas producto. Además, resulta ventajoso que las líneas de gas producto se junten en una válvula de sobrepresión. Mediante la selección apropiada de la válvula de sobrepresión se asegura una misma presión en la fase gaseosa en los depósitos.

20 Preferentemente, el sistema de electrólisis comprende medios para introducir gas inerte, particularmente nitrógeno, en los depósitos. Las entradas respectivas están dispuestas convenientemente en la zona inferior del respectivo depósito y los depósitos incluyen en la zona inferior una capa de frita de vidrio permeable al gas inerte.

25 Preferentemente, el cátodo del sistema de electrólisis comprende plata, cobre, óxido de cobre, dióxido de titanio u otro material semiconductor de óxido metálico. El cátodo puede estar configurado, por ejemplo, también como fotocátodo, con lo que podría operarse un proceso fotoelectroquímico de reducción para el aprovechamiento del dióxido de carbono, una llamada electrólisis fotoasistida del CO₂. En un modo de operación especial, este sistema puede trabajar también de manera puramente fotocatalítica. El sistema de electrólisis comprende preferentemente un ánodo de platino. Preferentemente se utilizan KHCO₃, K₂SO₄ y K₃PO₄ como sales de electrolito en diferentes concentraciones. Alternativamente pueden usarse yoduro potásico KI, bromuro potásico KBr, cloruro potásico KCl, bicarbonato sódico NaHCO₃, sulfato sódico Na₂SO₄. Sin embargo, también pueden emplearse otros sulfatos, fosfatos, yoduros o bromuros para aumentar la conductividad en el electrolito. Alimentando continuamente el gas que contiene carbono, no tienen que introducirse carbonatos y/o bicarbonatos, sino que se forman durante la operación en el espacio catódico.

35 En otro modo de operación favorable de la invención, el cátodo (K) presenta, por ejemplo, una capa protectora superficial. Los fotocátodos semiconductores especialmente preferidos, aunque particularmente también los cátodos metálicos, tienen una capa protectora superficial. Por capa protectora superficial se entiende que una capa relativamente fina, en comparación con el espesor total del electrodo, separa el cátodo del espacio catódico. La capa protectora superficial puede incluir a tal efecto un metal, un semiconductor o un material orgánico. Se prefiere especialmente una capa protectora de dióxido de titanio. El efecto protector apunta principalmente a que el electrodo no sea atacado por el electrolito o por los eductos, productos o catalizadores disueltos en el electrolito y sus iones disociados y se produzca, por ejemplo, una liberación de iones del electrodo. Justo en lo que se refiere al procedimiento electroquímico de reducción en medios acuosos o al menos en un medio, que tenga pequeñas cantidades de agua o hidrógeno, una capa protectora superficial adecuada es de gran importancia para la longevidad y la estabilidad funcional del electrodo en el proceso. Ya mediante pequeños cambios de morfología, por ejemplo, mediante ataques de corrosión, en los electrolitos acuosos o en los sistemas de electrolitos que contengan agua puede influirse en las sobretensiones del gas hidrógeno H₂ o del gas monóxido de carbono CO. La consecuencia sería, por un lado, una caída en la densidad de corriente y, en consecuencia, una eficiencia muy baja para la conversión del dióxido de carbono y, por otro, la destrucción mecánica del electrodo.

Los ejemplos y formas de ejecución de la presente invención se describirán adicionalmente a modo de ejemplo con referencia a las Figuras 1 a 4 de los dibujos adjuntos. Además, muestran en representación esquemática:

- 50 Figura 1 un sistema de electrólisis,
 Figura 2 depósitos de electrolito conectados con línea de compensación de la presión,
 Figura 3 depósitos de electrolito conectados como recipiente con pared divisora,
 Figura 4 depósitos de electrolito conectados con compensación de la presión controlada por bomba.

El sistema de electrólisis 100 mostrado esquemáticamente en la Figura 1 tiene inicialmente como elemento central una célula de electrólisis 1, representada aquí en una estructura de dos cámaras. Un ánodo 4 está dispuesto en un espacio anódico 2; un cátodo 5, en un espacio catódico 3. El espacio anódico 2 y el espacio catódico 3 están separados por una membrana 21. Además, la membrana 21 puede ser una membrana conductora de iones 21, por ejemplo, una membrana conductora de aniones 21 o una membrana conductora de cationes 21. La membrana 21 puede ser una capa porosa o un diafragma. Finalmente, también se puede entender por membrana 21 un separador espacial conductor de iones, que separe los electrolitos en los espacios anódico y catódico 2, 3. Para introducir el dióxido de carbono CO₂ en la célula de electrólisis 1, ésta comprende un electrodo de difusión de gases.

El ánodo 4 y el cátodo 5 están conectados en cada caso eléctricamente con una fuente de tensión. El espacio anódico 2 y el espacio catódico 3 de la célula de electrólisis 1 mostrada están provistos en cada caso de una entrada de electrolito y salida de electrolito, a través de las cuales pueden entrar y salir el electrolito, así como subproductos de electrólisis, por ejemplo, gas oxígeno O₂ al/del espacio anódico 2 y/o catódico, 3.

El espacio anódico 2 y el espacio catódico 3 están integrados a través de una primera a una cuarta línea de conexión (9...12) en un circuito de electrolito. Las direcciones de flujo de electrolito se representan en ambos circuitos por medio de flechas. Además, en el circuito de electrolito están también integrados un primer y un segundo depósitos 6, 7, en los que se almacena previamente el electrolito. El circuito de electrolito está diseñado, además, en comparación con los sistemas de electrólisis de dióxido de carbono conocidos, como flujo cruzado. Para este propósito, una primera de las líneas de conexión 9 conduce electrolito y opcionalmente eductos y productos allí disueltos o mezclados del primer depósito 6, transportado(s) a través de una bomba 8a, al espacio anódico 2 y su entrada de electrolito.

Desde la salida del electrolito del espacio anódico 2, a su vez, una segunda línea de conexión 10 conduce el electrolito con sustancias entremezcladas al segundo depósito 7. El electrolito no se devuelve, por consiguiente, al depósito original 6. El electrolito del segundo depósito 7 se transporta a su vez a través de una tercera línea de conexión 11 por medio de una bomba 8b al espacio catódico 3. El electrolito del espacio catódico 3 se lleva a través de una cuarta línea de conexión 12 al primer depósito 6. De este modo se produce un circuito entrelazado para el electrolito, en el que una cantidad dada de electrolito, con el tiempo y al menos en parte, alcanza y atraviesa tanto ambos depósitos como también los espacios anódico y catódico 2, 3.

Los depósitos 6, 7 están conectados por medio de un conducto de compensación 13. Las salidas al conducto de compensación 13 en los depósitos 6, 7 están además montadas convenientemente en la parte inferior de los depósitos, para permitir un intercambio de líquido incluso a un nivel bajo del líquido. Mediante el conducto de compensación 13 se garantiza, que ninguno de los depósitos 6, 7 pueda operar en vacío y en ambos exista la misma altura del nivel de electrolito.

La Fig. 2 muestra una vista más detallada de ambos depósitos 6, 7. Mediante la operación como circuito entrelazado con dos depósitos separados 6, 7 se logra que los productos generados, como, por ejemplo, O₂ en el ánodo 4 y CO en el cátodo 5, se transporten por separado y se separen del fluido 201 en los depósitos 6, 7. La separación del gas producto se lleva a cabo por medio de un lavado de gases. En el suelo de los depósitos 6, 7 se introduce, por ejemplo, Nitrógeno N₂, disperso sobre una capa 202 de fritada de vidrio. Este gas inerte expulsa los gases disueltos O₂, CO y CO₂ del electrolito 201. De este modo, aunque el electrolito 201 típicamente no queda libre de gas, hay sin embargo una cantidad dada de un determinado gas disuelto en él. Dependiendo de la aplicación, pueden usarse, en vez de N₂, también CO₂ u otros gases inertes. Diluidos con el gas inerte, los productos se evacúan del circuito y, a continuación, se analizan y purifican.

Desde el primer depósito 6 conduce una primera línea de gas producto 14. Esta se conecta a través de una primera válvula de sobrepresión con una línea de alimentación 16 para dióxido de carbono, que transporta el dióxido de carbono para la célula de electrólisis 1. A través de esta conexión pueden conducirse, en caso necesario, el dióxido de carbono, que no se libera en la célula de electrólisis 1 parcialmente al superar la presión, así como el gas producto junto con el gas inerte del primer Depósito 6 a una analítica y un einem en Fig. 1 no mostrado acumulador de producto. Para calcular el rendimiento puede emplearse la cantidad de dióxido de carbono introducido.

Una segunda línea de gas producto 15 desde el segundo depósito 7 se lleva con la línea común de la primera línea de gas producto 14 y la línea de alimentación de dióxido de carbono 16 a una segunda válvula de sobrepresión 18. Mediante esta agrupación controlada de las líneas de gas producto 14, 15 desde los depósitos 6, 7 se garantiza que la presión en ambos depósitos 6, 7 sea igual y, por consiguiente, los niveles de líquido no se desplacen. Además, es ventajoso que un control de presión regulado monitorice la presión diferencial en el GDE, de forma que éste no se cargue demasiado mecánicamente. La segunda válvula de sobrepresión 18 está configurada para garantizar que ningún gas producto del ánodo 4 llegue a la analítica.

Es especialmente ventajoso, que durante la mezcla de H₂ y O₂ se vigile que la dilución con N₂ sea lo suficientemente alta para que no se forme ninguna mezcla explosiva de gas detonante. Si no se pudiera garantizar este punto,

ambas corrientes de gas habrían de mantenerse separadas y la compensación de la presión se llevaría a cabo a través de un mecanismo separado.

5 La Fig. 2 muestra también el conducto de compensación 13 entre ambos depósitos 6, 7. La cantidad de llenado de los depósitos 6, 7 varía en el circuito entrelazado descrito, cuando ambas corrientes de bombeo no sean exactamente iguales. Aunque esto pueda lograrse a través de una medición de nivel y regulación de la potencia de bombeo, es, sin embargo, costoso y propenso a errores. Resulta ventajoso introducir el conducto de compensación 13 entre los depósitos 6, 7, por ejemplo, a través de un tubo con, en comparación con las dimensiones de los recipientes de electrolitos, pequeño (1:100) diámetro. Esto posibilita la compensación de la presión según el principio de los vasos comunicantes, pero sólo presenta un flujo volumétrico mínimo, que podría conducir a una mezcla de productos. En el caso de productos gaseosos es conveniente colocar este conducto de compensación 13 abajo en el recipiente de electrolito.

15 Otra ordenación para ambos depósitos 6, 7 se representa en la Figura 3. Aquí, los depósitos 6, 7 están configurados como depósito común 31. El depósito 31 comprende una pared divisora 32, que presenta una interrupción o una abertura 33. La abertura 33 está convenientemente en la parte inferior del recipiente 31, para permitir un intercambio constante del electrolito 201 entre los depósitos 6, 7. El resultado del recipiente compartido considerablemente la misma funcionalidad que en el caso de los depósitos físicamente separados 6, 7.

20 Otra ordenación alternativa se representa en la Figura 4. Esta ordenación se basa en depósitos separados 6, 7 como el primer ejemplo de ejecución. Sin embargo, en el ejemplo de ejecución según la Figura 4, no se prevé ninguna compensación de presión para la fase gaseosa. Por lo tanto, una presión diferente en los dos depósitos 6, 7 puede proporcionar un nivel de electrolito diferente y esto no se compensa mediante el conducto de compensación, es decir, la simple conexión de ambos depósitos 6, 7.

25 La compensación se realiza en este ejemplo a través de una bomba 42. El control de la bomba se lleva a cabo a través de una electrónica de control no mostrada en la Figura 4. Como variables de entrada para el control se usan señales de sensor de dos sensores del nivel de llenado 41, que detectan el nivel de llenado del electrolito en ambos depósitos 6, 7. De este modo se equilibra, además de la influencia de la presión en los depósitos 6, 7 también un desplazamiento en el nivel de electrolito, mediante diferentes caudales de electrolito al espacio anódico 2 y al espacio catódico 3. Estos surgen en la práctica inevitablemente, entre otros, por diferentes potencias de bombeo de las bombas 8.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de electrólisis (100) para el aprovechamiento del dióxido de carbono, comprendiendo
- una célula de electrólisis (1) con un ánodo (4) en un espacio anódico (2) y con un cátodo (5) en un espacio catódico (3), donde el espacio catódico (3) está configurado para recibir dióxido de carbono y ponerlo en contacto con el cátodo (5), donde puede catalizarse una reacción de reducción de dióxido de carbono para dar al menos un compuesto hidrocarbonado o monóxido de carbono,
 - un primer y un segundo depósitos de electrolito (6, 7),
 - una primera línea de gas producto (14) desde el primer depósito de electrolito (6),
 - una segunda línea de gas producto (15) desde el segundo depósito de electrolito (7),
- 10 caracterizado por
- una primera línea de conexión (9) para la línea de alimentación de electrolito del primer depósito de electrolito (6) al espacio anódico (2),
 - una segunda línea de conexión (10) para la derivación de electrolito del espacio anódico (2) al segundo depósito de electrolito (7),
- 15 - una tercera línea de conexión (11) para la línea de alimentación de electrolito del segundo depósito de electrolito (7) al espacio catódico (3),
- una cuarta línea de conexión (12) para la derivación de electrolito del espacio catódico (3) al primer depósito de electrolito (6),
- 20 - una conexión de compensación de la presión (13), que une directamente el primer y el segundo depósitos de electrolito (6, 7).
2. Sistema de electrólisis (100) según la reivindicación 1 con una bomba (42) en la conexión de compensación de la presión (13).
3. Sistema de electrólisis (100) según la reivindicación 2 con sensores del nivel de llenado (41) para ambos depósitos (6, 7).
- 25 4. Sistema de electrólisis (100) según la reivindicación 1, en que ambos depósitos de electrolito (6, 7) están diseñado juntos como depósito único (31) con una pared divisora (32) para dividirlo en ambos depósitos de electrolito (6, 7), donde la pared divisora (32) presenta una abertura (33) como conexión de compensación de la presión.
- 30 5. Sistema de electrólisis (100) según una de las anteriores reivindicaciones con medios para introducir gas inerte, particularmente nitrógeno, en los depósitos (6, 7).
6. Sistema de electrólisis (100) según una de las anteriores reivindicaciones con una línea de alimentación (16) para alimentar el dióxido de carbono.
7. Sistema de electrólisis (100) según la reivindicación 6, en que la línea de alimentación (16) para la alimentación del dióxido de carbono presenta una válvula de sobrepresión.
- 35 8. Sistema de electrólisis (100) según la reivindicación 6 ó 7, en que la línea de alimentación (16) y la primera línea de gas producto (14) se juntan.
9. Sistema de electrólisis (100) según una de las anteriores reivindicaciones, en que las líneas de gas producto (14, 15) se juntan en una válvula de sobrepresión (18).
- 40 10. Procedimiento de reducción para el aprovechamiento del dióxido de carbono por medio de un sistema de electrólisis (100), en el que

ES 2 748 807 T3

- se lleva dióxido de carbono a través de un espacio catódico (3) de una célula de electrólisis (1) y se pone en contacto con un cátodo (5),

- se realiza una reacción de reducción del dióxido de carbono para dar al menos un compuesto hidrocarbonado o monóxido de carbono,

5 - el primer gas producto se saca por medio de una primera línea de gas producto (14) del primer depósito de electrolito (6),

- el segundo gas producto se extrae por medio de una segunda línea de gas producto (15) del segundo depósito de electrolito (7),

caracterizado porque el electrolito se hace entrar y salir en flujo cruzado a y de la célula de electrólisis (1), en que

10 - se lleva electrolito de un primero de dos depósitos de electrolito (6) al espacio anódico (2),

- se lleva electrolito del espacio anódico (2) a un segundo de los dos depósitos de electrolito (7),

- se lleva electrolito del segundo depósito de electrolito (7) al espacio catódico (3),

- se lleva electrolito del espacio catódico (3) al primer depósito de electrolito (6),

15 - por medio de una conexión de compensación de la presión (13) entre el primer y el segundo depósitos de electrolito (6, 7), se produce un nivel del líquido similar en los depósitos de electrolito (6, 7).

FIG 1

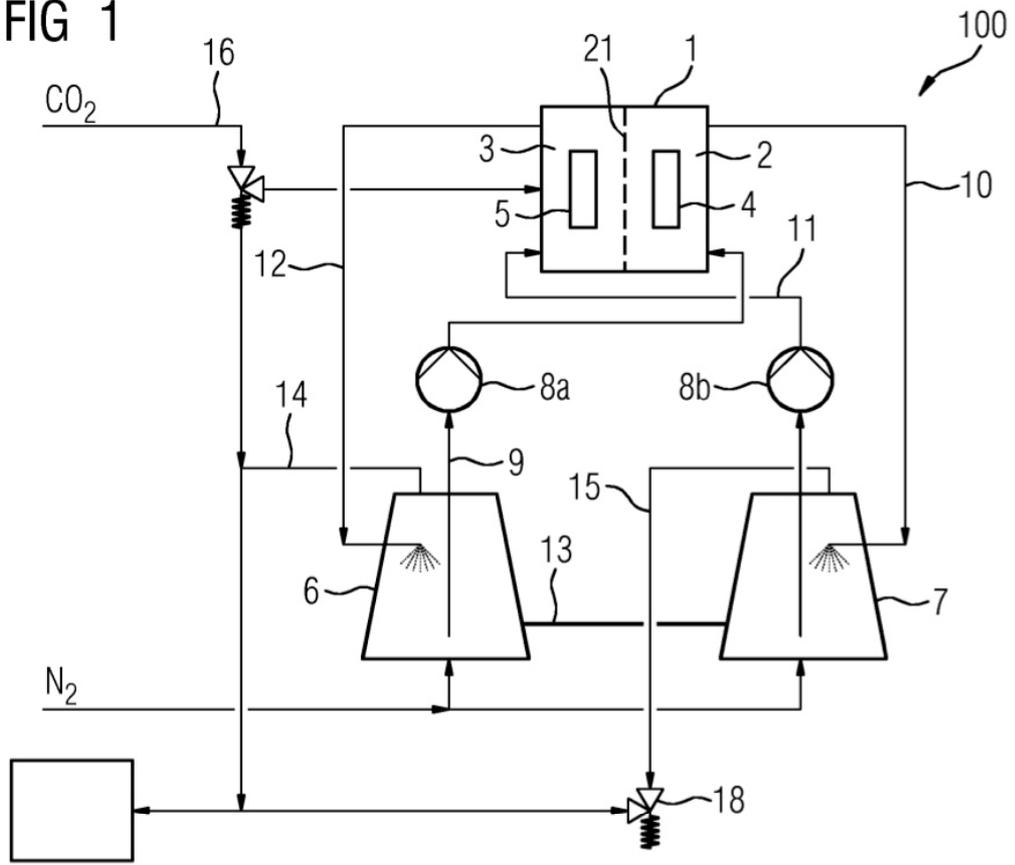


FIG 2

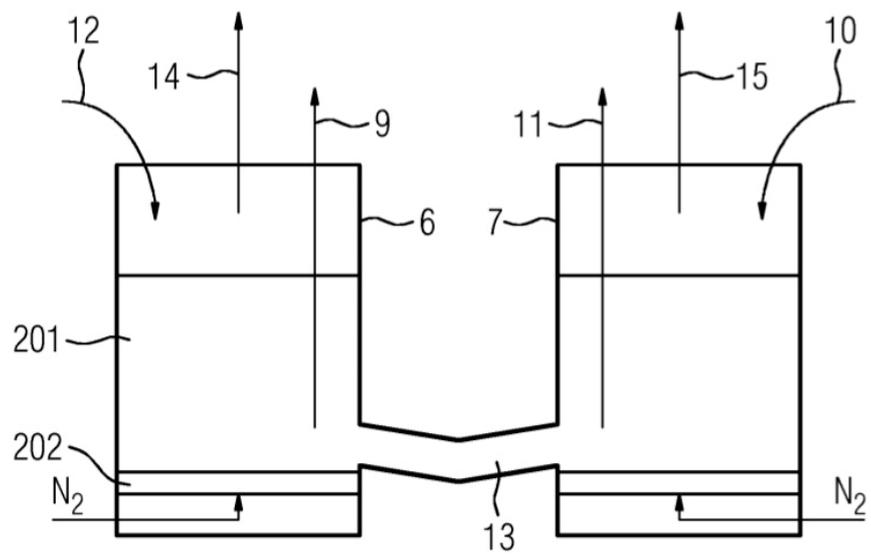


FIG 3

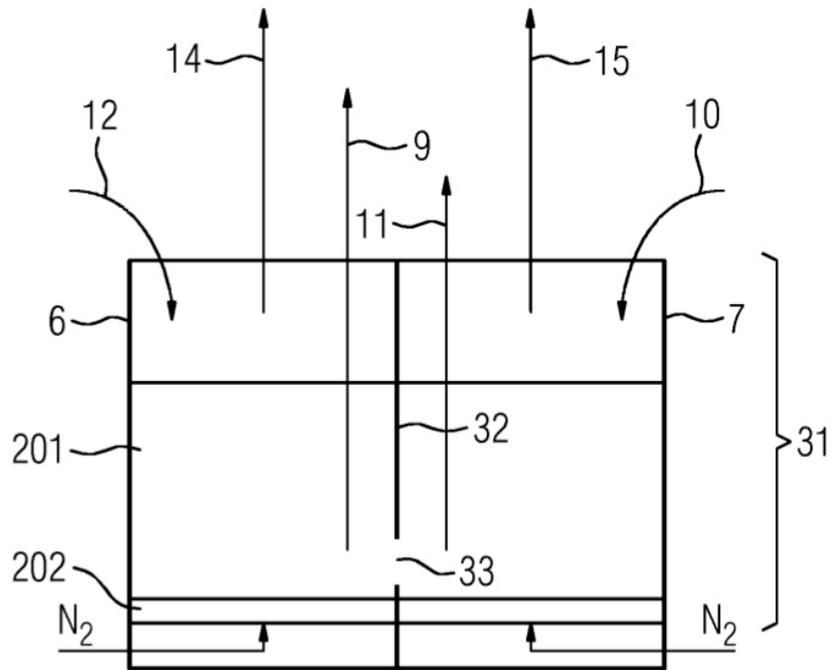


FIG 4

