

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 994 978**

(51) Int. Cl.:

**C25B 1/04** (2011.01)

**C25B 15/021** (2011.01)

**C25B 15/08** (2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2021 PCT/EP2021/081247**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **02.06.2022 WO22112003**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2021 E 21819030 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2024 EP 4225975**

---

(54) Título: **Procedimiento para el funcionamiento de un dispositivo de electrólisis y un dispositivo de electrólisis**

(30) Prioridad:

**25.11.2020 DE 102020214812  
01.03.2021 EP 21159855**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.02.2025**

(73) Titular/es:

**SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO. KG  
(100.00%)  
Otto-Hahn-Ring 6  
81739 München, DE**

(72) Inventor/es:

**TREMEL, ALEXANDER y  
WOLF, ERIK**

(74) Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 994 978 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 para el funcionamiento de un dispositivo de electrólisis y un dispositivo de electrólisis

La presente invención hace referencia a un procedimiento para el funcionamiento de un dispositivo de electrólisis y a un dispositivo de electrólisis.

- 5 La electrólisis genera calor durante el proceso de separación del agua como resultado de pérdidas de resistencia eléctrica. Este calor se debe disipar para evitar que el sistema se sobrecaliente. El calor por lo general se disipa desde el circuito de agua de proceso interno, del cual se obtienen gas hidrógeno y oxígeno mediante el proceso de separación del agua, a otro circuito de fluido (por ejemplo, una mezcla de agua y glicol) con ayuda de un intercambiador de calor. Este segundo circuito de fluido transfiere el flujo de calor al 10 entorno (por ejemplo, aire, agua de río, subsuelo).

Por lo general, el circuito interno de agua de proceso se divide en dos circuitos: un circuito del lado del O<sub>2</sub> y un circuito del lado del H<sub>2</sub>, cada uno con un intercambiador de calor. El flujo de calor en cada uno de los circuitos se produce a un nivel de temperatura relativamente bajo, entre 40°C y 70°C. En regiones con temperaturas ambiente elevadas (>30°C o incluso >40°C), la disipación de la perdida de calor al entorno es 15 un problema importante. En estas regiones la situación sólo se puede equilibrar con grandes superficies de intercambio de calor. Sin embargo, por encima de una determinada temperatura ambiente, en particular, >40 °C, es posible que ya no sea posible mantener el rendimiento de refrigeración.

20 Para permitir una refrigeración efectiva del sistema de electrólisis en regiones con temperaturas ambiente elevadas, actualmente se proporciona un fluido preenfriado mediante una refrigeración por compresión muy compleja y costosa ("efecto frigorífico") o se inyecta agua en el refrigerador para generar un efecto de enfriamiento adicional a través de efectos de evaporación. Los elevados costes de compra y las consiguientes pérdidas de agua dificultan la rentabilidad de los proyectos en estas regiones. Además, el considerable consumo de energía durante el enfriamiento por compresión contribuye a un perjuicio significativo de la eficiencia, lo que reduce aún más la rentabilidad.

25 Por lo tanto, el objeto de la presente invención es crear un dispositivo de electrólisis en el que se pueda realizar una refrigeración de forma económica y técnicamente sencilla, en donde el dispositivo de electrólisis resulta adecuado para el funcionamiento tanto a temperaturas ambiente altas como bajas. Las solicitudes EP 3 572 557 A1, US 2013/0228456 A1, US 2019/0218676 A1, JP H07-286293 y US 2018/0038318 A1 revelan dispositivos de electrólisis con dispositivos de enfriamiento.

30 De acuerdo con la invención se proporciona un procedimiento para el funcionamiento de un dispositivo de electrólisis para descomponer agua con los siguientes pasos:

- provisión de al menos una unidad de electrólisis, que comprende al menos una celda de electrólisis, con al menos un orificio de entrada para un primer flujo de educto y con al menos un orificio de salida para un primer flujo de producto;

35 - generación del primer flujo de producto a partir del primer flujo de educto en la unidad de electrólisis;

- separación del flujo de producto en un flujo de agua y un flujo de gas;

- enfriar el flujo de agua introduciéndolo en al menos un dispositivo de enfriamiento, en el que el calor del flujo de agua se disipa directamente al entorno, en donde el dispositivo de enfriamiento está dispuesto en una posición inclinada entre el lado de entrada y el lado de salida opuesto e inferior;

40 - interrumpir el enfriamiento del flujo de agua en caso de que la unidad de electrólisis esté apagada o en el modo de espera de la unidad de electrólisis; y

- detectar la temperatura ambiente durante el funcionamiento en reposo o en espera y cuando la temperatura ambiente es inferior a 1 °C, vaciar el flujo de agua del dispositivo de enfriamiento a un depósito de líquido, en donde el dispositivo de enfriamiento se vacía mediante una diferencia de altura entre el dispositivo de enfriamiento y el depósito de líquido.

El objeto también se resuelve conforme a la presente invención, mediante un dispositivo de electrólisis para descomponer agua que comprende:

- una unidad de electrólisis, que comprende al menos una celda de electrólisis, con al menos un orificio de entrada para un primer flujo de educto y con al menos un orificio de salida para un primer flujo de producto;

- al menos un separador de agua y gas para separar el flujo de producto en un flujo de agua y un flujo de gas;

5 - un dispositivo de enfriamiento para enfriar el flujo de agua, que está diseñado para una disipación directa del calor del flujo de agua al entorno, en donde el dispositivo de enfriamiento está dispuesto en una posición inclinada entre el lado de entrada y el lado de salida opuesto e inferior;

- una unidad de control que está diseñada para interrumpir el enfriamiento del flujo de agua en caso de que la unidad de electrólisis esté apagada o en el modo de espera de la unidad de electrólisis; y

10 - un dispositivo de medición de temperatura para detectar la temperatura ambiente durante el funcionamiento en reposo o en espera, en donde la unidad de control está configurada para vaciar el flujo de agua del dispositivo de enfriamiento en un depósito de líquido, cuando la temperatura ambiente es inferior a 1°C, en donde el dispositivo de enfriamiento y el depósito de líquido están dispuestos con una diferencia de altura entre el dispositivo de enfriamiento y el depósito de líquido.

15 De acuerdo con la invención, la pérdida de calor de la electrólisis se enfriá mediante intercambiadores de calor o dispositivos de enfriamiento directamente desde el circuito de agua de proceso y sin otro medio de transferencia de calor hacia el medio ambiente (aire, agua de río, subsuelo, etc.). No es necesario un circuito intermedio de líquido refrigerante adicional, es decir, el agua del lado del producto, también denominada como agua de proceso, se enfriá directamente, por ejemplo, contra el aire ambiente. Incluso con temperaturas exteriores elevadas, existe una diferencia de temperatura suficientemente elevada entre el agua de proceso (50-60 °C) y el aire exterior (p. ej. 40 °C), lo que garantiza una refrigeración eficiente. Sin embargo, para poder utilizar dichos dispositivos de enfriamiento, se deben tomar ciertas precauciones técnicas. Sin embargo, la refrigeración directa del agua de proceso (sin anticongelante, como por ejemplo, glicol) implica riesgo de heladas en el dispositivo de enfriamiento o en las tuberías cuando la temperatura exterior desciende por debajo del punto de congelación de 0 °C. El flujo de agua a enfriar es agua ultrapura y,

20 por lo tanto, se puede congelar, por lo que la expansión del volumen puede dañar el sistema de refrigeración. Además, el agua de proceso a enfriar en el dispositivo de enfriamiento se debe proteger contra las heladas incluso durante las paradas del sistema. En particular, el dispositivo de enfriamiento se protege de las influencias ambientales, por ejemplo, mediante una persiana, una carcasa resistente a las heladas (como en los edificios), mediante calefacción, mediante la integración de un acumulador de calor, etc. cuando no se requiere refrigeración, pero la temperatura ambiente es cercana a los 0 °C o inferior, el dispositivo de enfriamiento se vacía y se almacena temporalmente. El agua pura del dispositivo de enfriamiento se

25 almacena temporalmente en un depósito de líquido (interno o aislado o calefactado cuando se instala al aire libre) mientras la unidad de electrólisis está parada.

30 De acuerdo con una realización conforme a la invención, el dispositivo de enfriamiento se vacía mediante una diferencia de altura entre el dispositivo de enfriamiento y el depósito de líquido. Para ello, el dispositivo de enfriamiento está dispuesto en posición inclinada para simplificar el proceso de vaciado. Esto significa que un lado de salida del dispositivo de enfriamiento, a través del cual se drena el agua, está a un nivel más bajo que el lado de entrada opuesto. En particular, el lado de salida constituye el punto más bajo del dispositivo de enfriamiento.

35 De manera ventajosa, el agua se reemplaza por un gas en el dispositivo de enfriamiento vacío. El gas es necesario para evitar una presión negativa o para mantener una presión positiva definida en el sistema. El gas puede tratarse de un gas de proceso o un gas inerte, por ejemplo.

40 Según otra variante de realización preferida, como alternativa o además del vaciado debido a la diferencia de altura, el dispositivo de enfriamiento se vacía aplicando un gas a presión, que en particular, consiste en un gas de proceso. Para ello, se puede utilizar el gas producto que ya se encuentra en el dispositivo de

45 electrólisis, que por lo general está almacenado en un depósito de gas. En el lado del ánodo se utiliza particularmente aire comprimido para desplazar el agua de proceso hacia el circuito de refrigeración.

En vistas a una realización particularmente sencilla, como depósito de líquido se utiliza preferentemente el separador de agua y gas.

50 Como alternativa o además de utilizar el separador de gas y agua como depósito de líquido, en particular, cuando el volumen del separador de gas y agua es insuficiente, se utiliza preferentemente un recipiente adicional como depósito de líquido, que se dispone, por ejemplo, entre el separador y el dispositivo de enfriamiento.

Los ejemplos de ejecución de la presente invención se explican en detalle de acuerdo con un dibujo. En este caso, la única figura muestra un dispositivo de electrólisis 2 (PEM o dispositivo de electrólisis alcalina) con una unidad de electrólisis 3 que comprende al menos una celda de electrólisis, aquí no representada, para descomponer el agua. El dispositivo de electrólisis 2 comprende también una unidad de control 5, que en la figura está representada simbólicamente. La unidad de control 5 controla los componentes individuales del dispositivo de electrólisis 2 en función de diferentes parámetros almacenados, calculados o registrados.

Un primer flujo de educto 4 se introduce en la unidad de electrólisis 3 a través de un orificio de entrada 6. La unidad de electrólisis 3 presenta además al menos un primer orificio de salida 8 para un flujo de producto P, que se genera a partir del flujo de educto 4 en la unidad de electrólisis 3 y se conduce fuera de la unidad de electrólisis 3 a través de un conducto de producto 10 que está conectado al orificio de salida 8. La estructura del dispositivo de electrólisis 2 que se describe a continuación se puede proporcionar tanto en el lado del cátodo como en el del ánodo. En particular, la estructura mostrada en la figura está presente en los lados del cátodo y del ánodo, aunque se muestra por un lado.

El flujo de producto P representa una mezcla de fluido compuesta por un líquido, en este caso agua, y un gas (hidrógeno por el lado del cátodo, oxígeno por el lado del ánodo). Una vez que el flujo de producto P se drena de la unidad de electrólisis 3, se divide en un flujo de gas G y un flujo de agua W en un separador de gas y agua 12. El separador de agua y gas 12 puede funcionar bajo presión, pero también es posible una versión sin presión, en la que el gas se separa del líquido (agua) por gravedad.

El flujo de gas G se conduce a través del conducto de gas 14 en el estado abierto de la válvula V6 instalada en el conducto de gas 14 hasta una salida de gas (aquí no representada) y sale del dispositivo de electrólisis 2. Para ello, permanece cerrada una válvula V1, que está integrada en una desviación 15 del conducto de gas 14. Cuando la válvula V1 está abierta, el gas se conduce a un depósito de gas 22, en el que desemboca el conducto 15.

El flujo de agua W separada del flujo de gas G se conduce a través de un conducto de agua 16 con ayuda de una bomba de circulación 18 a través de una válvula abierta V2 a un dispositivo de enfriamiento 20 (intercambiador de calor) y allí libera su calor directamente al entorno.

A través de un conducto de recirculación 19 con una válvula abierta V3, el flujo de agua W regresa a la unidad de electrólisis 3 después del dispositivo de refrigeración 20 para participar nuevamente en el proceso de electrólisis en estado refrigerado.

Para retener el fluido procedente del dispositivo de enfriamiento 20, se puede utilizar un depósito de almacenamiento con baja presión o sin presión en lugar del separador de gas y agua resistente a la presión 12, mediante el cual una bomba de agua alimenta el agua W almacenada temporalmente al circuito de refrigeración.

Con ayuda del conducto de derivación 24 con la válvula V4 se puede puentear total o parcialmente el dispositivo de enfriamiento 20. El conducto de derivación 24 se usa para controlar la temperatura del fluido en la entrada de la unidad de electrólisis 3. La posición de la válvula V4 representada en la figura representa sólo una de muchas realizaciones posibles: puede estar dispuesta, por ejemplo, delante de la válvula V2, detrás de la válvula V3, después de la válvula V2 o entre las válvulas V2 y V3. La válvula V4 se puede regular en función de la temperatura del agua de proceso, pero también se utiliza para poner en marcha o precalentar el dispositivo de electrólisis 2. También resulta concebible un control de las válvulas V2 y V3 en función de la temperatura.

Cuando la unidad de electrólisis 3 está apagada o en modo de espera con un rendimiento muy bajo de la unidad de electrólisis 3, ya no es necesario el enfriamiento del agua de proceso W. Por lo tanto, se interrumpe su refrigeración en el dispositivo de refrigeración 20. Al mismo tiempo se registra la temperatura ambiente mediante un dispositivo de medición de temperatura, aquí no representado. Sin embargo, cuando la temperatura ambiente está cerca del punto de congelación o por debajo, es decir, por debajo de 1°C, el agua de proceso W se puede congelar y, por lo tanto, dañar el dispositivo de electrólisis 2. Por este motivo, se registra la temperatura ambiente y, cuando está próxima al punto de congelación, es decir, por debajo de 1 °C, la unidad de control (5) garantiza que el dispositivo de refrigeración 20 y, eventualmente, partes de los conductos de alimentación y descarga.

Una posibilidad para ello es el "drenaje" forzado con gas comprimido, utilizando para ello el gas del depósito de gas 22. En un primer paso, se abre la válvula V1 y el gas comprimido del flujo de gas 14 del lado del producto llega al depósito de gas 22. En ese momento se cierra una válvula V5 conectada aguas abajo del depósito de gas 22.

Después de la carga del depósito de gas 22 (regulación o control en función de la presión y/o del tiempo) se cierra la válvula V1. En este momento, la producción de gas se detiene y ya no es necesaria la refrigeración. A través de la válvula V6 se produce una descarga de presión parcial o incluso completa del dispositivo de electrólisis 2. Además, el gas procedente del depósito de gas 22 desplaza el agua W del dispositivo de enfriamiento 20, que llega a través de la unidad de electrólisis 3 al separador de agua y gas 12 y se almacena allí.

- 5 Alternativa o adicionalmente, cuando el volumen del separador de gas y agua 12 es demasiado pequeño, se puede utilizar un recipiente adicional para contener líquido. Esto se podría diseñar para una presión más baja. Cuando el volumen libre en el separador de gas y agua 12 es reducido, el líquido entrante puede provocar un aumento de la presión. En este caso, la válvula V6 se abre en función de la presión para 10 mantener la presión en el separador de agua y gas 12.

Según la invención se realiza un drenaje por gravedad. La fuerza impulsora en la realización mostrada en la figura es la diferencia de altura entre el dispositivo de enfriamiento 20 y el depósito de líquido, en este caso el separador de agua y gas 12. El vaciado se realiza de la misma manera que el "drenaje" forzado; el gas se introduce a través de la válvula V5 sólo para evitar una presión negativa o para mantener una sobrepresión definida en el sistema. En ambas versiones resulta ventajoso "inclinar" el dispositivo de enfriamiento 20 para conseguir una dirección de entrada y de salida definida.

Para los dos ejemplos de ejecución que se describen a continuación, el reinicio a temperaturas muy bajas puede ser crítico, ya que el dispositivo de refrigeración 20 se puede bloquear debido a la conformación de hielo en los conductos de refrigeración cuando el llenado es demasiado lento.

- 20 Según una primera ejecución, el proceso de electrólisis se utiliza como generador de gas para aumentar la presión en el separador de gas y agua 12 y en el depósito de gas 22. Las válvulas V2, V3, V5, V6 y V7 están cerradas mientras que las válvulas V1 y V4 están abiertas. El agua de proceso W circula por el conducto de derivación 24 y se precalienta. En el separador de gas y agua 12 y en el acumulador de gas 22 se genera presión de gas. Cuando se alcanza una presión mínima predefinida, la válvula V2 se abre y la válvula cerrada V7 garantiza un mantenimiento de presión definido. El dispositivo de enfriamiento 20 está lleno. La válvula V7 es una válvula de mantenimiento de presión que se abre para aliviar la presión, pero detiene la reducción de presión a una presión superior a la presión ambiente, por ejemplo, a 1,5 bar.

25 Alternativa o adicionalmente, se puede proporcionar una referencia impresa externa. El sistema se presuriza a través de un depósito externo de gas comprimido, aquí no mostrado, abriendo la válvula V6 y, eventualmente, la válvula V2. En el caso de que un volumen de gas quedara encerrado en el dispositivo de enfriamiento, no se producirá una compensación repentina de la presión después de que se haya acumulado la presión y se haya abierto la válvula V2. El sistema está pretensado y se puede llenar del mismo modo que con la generación de autopresión descrita anteriormente.

- 30 El depósito de gas 22 se puede omitir cuando se puede utilizar un suministro externo de gas comprimido.
- 35 En el lado del ánodo del dispositivo de electrólisis 2 se puede utilizar directamente aire para el desplazamiento. De manera alternativa, también se puede utilizar nitrógeno procedente de un sistema de nitrógeno para el desplazamiento tanto en el lado del cátodo como en el del ánodo.

40 La válvula V7 puede ser necesaria para la ventilación cuando las burbujas de gas que han sido transportadas en pequeñas cantidades no son descargadas por el flujo del dispositivo de enfriamiento 20. U, opcionalmente, hay un intercambiador de iones en el sistema de circulación en flujo parcial o total.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de un dispositivo de electrólisis (2) para descomponer agua con los siguientes pasos:

5 - provisión de al menos una unidad de electrólisis (3), que comprende al menos una celda de electrólisis, con al menos un orificio de entrada (6) para un primer flujo de educto (4) y con al menos un orificio de salida (8) para un primer flujo de producto (P);

- generación del primer flujo de producto (P) a partir del primer flujo de educto (4) en la unidad de electrólisis (3);

- separación del flujo de producto (P) en un flujo de agua (W) y un flujo de gas (G);

10 - enfriar el flujo de agua (W) introduciéndolo en al menos un dispositivo de enfriamiento (20), en el que el calor del flujo de agua (W) se disipa directamente al entorno, en donde el dispositivo de enfriamiento está dispuesto en una posición inclinada entre el lado de entrada y el lado de salida opuesto e inferior;

15 - interrumpir el enfriamiento del flujo de agua (W) en caso de que la unidad de electrólisis (3) esté apagada o en el modo de espera de la unidad de electrólisis (3); y

- detectar la temperatura ambiente durante el funcionamiento en reposo o en espera y cuando la temperatura ambiente es inferior a 1 °C, vaciar el flujo de agua (W) del dispositivo de enfriamiento (20) a un depósito de líquido, en donde el dispositivo de enfriamiento (20) se vacía mediante una diferencia de altura entre el dispositivo de enfriamiento (20) y el depósito de líquido.

20 2. Procedimiento según la reivindicación 1,

en donde el agua en el dispositivo de enfriamiento vacío (20) se reemplaza por un gas.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2,

en donde el dispositivo de enfriamiento (20) se vacía aplicando un gas a presión, que en particular, es un gas de proceso.

25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

en donde como depósito de líquido se utiliza un separador de gas y agua (12), en el que durante el funcionamiento se separan el flujo de agua (W) y el flujo de gas (G).

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

en donde como depósito de líquido se utiliza un recipiente adicional.

30 6. Dispositivo de electrólisis (2) para descomponer agua que comprende:

- una unidad de electrólisis (3), que comprende al menos una celda de electrólisis, con al menos un orificio de entrada (6) para un primer flujo de educto (4) y con al menos un orificio de salida (8) para un primer flujo de producto (P);

35 - al menos un separador de agua y gas (12) para separar el flujo de producto (P) en un flujo de agua (W) y un flujo de gas (G);

- un dispositivo de enfriamiento (20) para enfriar el flujo de agua (W), que está diseñado para una disipación directa del calor del flujo de agua (W) al entorno, en donde el dispositivo de enfriamiento está dispuesto en una posición inclinada entre el lado de entrada y el lado de salida opuesto e inferior;

40 - una unidad de control (5) que está diseñada para interrumpir el enfriamiento del flujo de agua (W) en caso de que la unidad de electrólisis (3) esté apagada o en el modo de espera de la unidad de electrólisis (3); y

5

- un dispositivo de medición de temperatura para detectar la temperatura ambiente durante el funcionamiento en reposo o en espera, en donde la unidad de control (5) está configurada para vaciar el flujo de agua (W) del dispositivo de enfriamiento (20) en un depósito de líquido, cuando la temperatura ambiente es inferior a 1°C, en donde el dispositivo de enfriamiento (20) y el depósito de líquido están dispuestos con una diferencia de altura entre el dispositivo de enfriamiento (20) y el depósito de líquido.

## DIBUJOS

