

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 738**

51 Int. Cl.:

C25B 1/10 (2006.01)

C25B 15/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2013** **E 13702412 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2015** **EP 2780491**

54 Título: **Procedimiento de operación de un sistema de electrólisis**

30 Prioridad:

02.02.2012 EP 12153648

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

08.02.2016

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**HAMMER, THOMAS;
MOST, DIETER;
SCHÄFER, JOCHEN;
TACKENBERG, MARTIN;
DATZ, ARMIN;
DENNERLEIN, KLAUS;
HUBER, NORBERT;
REINER, ANDREAS;
STRAUB, JOCHEN y
STRAUB, WERNER**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 558 738 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 operación de un sistema de electrólisis

La invención se relaciona con un procedimiento de operación de un sistema de electrólisis para generar hidrógeno y oxígeno mediante descomposición de agua.

5 La descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno por medio de electrólisis establece la posibilidad de almacenar corriente eléctrica mediante el uso de hidrógeno u oxígeno. La energía eléctrica aplicada se recupera tras la reacción en su mayor parte por la energía química de los productos hidrógeno y oxígeno. Sin embargo, en el proceso de electrólisis además de los productos hidrógeno y oxígeno se originan también pérdidas, que se presentan en forma de calor de reacción.

10 El proceso de electrólisis se surte de agua corriente, tratándose generalmente de agua completamente desalada, particularmente destilada. Para evitar que la superficie del electrodo del electrolizador se cubra con minerales y otras impurezas, se depura y desioniza la propia agua corriente antes de la entrada al electrolizador. Para evitar la corrosión y desactivación del catalizador, no puede haber en el agua aparte de lo mencionado ningún contenido de cloruros. Durante la operación del electrolizador, el agua de proceso desionizada se descompone sólo parcialmente,
15 una mayor parte del agua de procesos permanece en un circuito de agua de proceso. Sin embargo, se tiene que añadir agua desionizada adicional, para compensar el consumo de agua de proceso en el electrolizador.

El agua desionizada, que se utiliza en un electrolizador como agua de proceso, se tiene que obtener antes de una fuente de agua sin procesar (por ejemplo, agua corriente, aguas fluviales, agua de lagos, aunque también de mar o agua salobre). En función de la entrada a una fuente de agua de alta calidad o de calidad media, esto incurre en
20 altos costes energéticos y de aparataje. Esto reduce el grado de eficiencia total del proceso de electrólisis.

El procesamiento del agua necesaria para la producción de hidrógeno por electrólisis se lleva a cabo generalmente por separado del propio proceso de electrólisis y por tanto tampoco se tiene en cuenta habitualmente al considerar el grado de efectividad del proceso de electrólisis. Si una parte del procesamiento del agua se lleva a cabo fuera de la instalación de electrólisis, por ejemplo, utilizando conductos de agua potable operados por las compañías locales, se
25 tiene que pagar por esta agua de elevado tratamiento, un precio más alto en comparación con la descarga, por ejemplo, de aguas fluviales. Los costes energéticos se inclinan entonces hacia el explotador del tratamiento de agua potable, en vez de poder contabilizarse como parte del grado de efectividad global.

El consumo energético para preparar el agua desionizada y desalada reduce la eficiencia del proceso de electrólisis. Además, o bien se usa agua potable o, si en el lugar no hay ninguna fuente de agua potable, han de proporcionarse
30 las correspondientes instalaciones para el procesamiento de agua no procesada de calidad media. Ambos hechos elevan los costes del proceso de electrólisis. En este contexto es válido prestar atención a que durante la electrólisis una considerable proporción de energía eléctrica se transforman en energía calorífica/calor residual, que se libera en gran parte sin aprovecharse.

Gracias a la DE 10 2005 011 316 A1 se conoce, por ejemplo, ceder el calor de las corrientes obtenidas de hidrógeno y oxígeno al agua necesaria para la electrólisis para su precalentamiento.
35

La presente invención se basa en el objeto de aumentar la eficiencia de un proceso de electrólisis.

El objeto se resuelve conforme a la invención mediante un procedimiento de operación de un sistema de electrólisis para generar hidrógeno y oxígeno mediante descomposición de agua en un electrolizador PEM, donde

- al electrolizador PEM se suministra el agua de proceso
- 40 - el calor residual, generado en el electrolizador PEM (2) al descomponer el agua de proceso (PW) se almacena en un medio de transferencia de calor (WM),
- el medio de transferencia de calor suministra energía a una instalación de destilación a baja temperatura, y
- en la instalación de destilación a baja temperatura (10) por medio del calor residual se produce agua desionizada (DW) a partir del agua sin procesar (RW) bajo presión atmosférica a temperaturas de operación
45 de entre 60° y 70°,
donde

- únicamente una parte, particularmente menos del 50% del agua desionizada se suministra como agua de proceso al electrolizador PEM, y
- un flujo de agua industrial, que comprende particularmente más del 50% del agua desionizada, se extrae del sistema de electrólisis tras la instalación de destilación a baja temperatura y antes del electrolizador PEM.

En este contexto, se entiende por instalación de destilación a baja temperatura una instalación de procesamiento de agua, en la que se lleva a cabo la elaboración de agua destilada a temperaturas inferiores a 100°C. Un proceso tal basado en la evaporación (es decir, el proceso ocurre por debajo de la temperatura de ebullición) y recondensación se describe, por ejemplo, en la DE 10 2008 051 731 A1.

Como agua de proceso se designa en este contexto al agua destilada, que se suministra al electrolizador PEM para su descomposición en hidrógeno y oxígeno. El agua de proceso puede incluir tanto agua corriente destilada como también agua que no se ha consumido tras el paso a través del electrolizador PEM y se conduzca de nuevo al electrolizador PEM.

Como flujo de agua industrial se designa en este contexto el agua que se prepara en la instalación de destilación a baja temperatura, aunque no se suministra como agua de proceso al electrolizador PEM. El flujo de agua industrial i.d.R. es mayor que el flujo del agua de proceso producida en la instalación de destilación a baja temperatura; el flujo de agua industrial asciende particularmente a más del 50% del agua destilada en la instalación de destilación a baja temperatura. El flujo de agua industrial se extrae del sistema de electrólisis y se emplea sin tratar o tras pasos adicionales de procesamiento en un proceso industrial para la agricultura o como agua potable.

La descomposición de agua se lleva a cabo mediante una unidad membrana-electrodos (MAE – del inglés “membrane electrode assembly”) en el electrolizador PEM. La membrana allí contenida se caracteriza por su conductividad en el intercambio de protones (PEM del inglés “protone exchange membrane” –membrana de intercambio de protones). Un electrolizador PEM opera a una temperatura de entre 50°C y 130°C, típicamente en un intervalo de temperatura entre 70°C y 90°C. a este nivel de temperatura puede emplearse directamente el calor residual del proceso de electrólisis, para “calentar” la instalación de tratamiento de aguas térmicamente accionado. Correspondientemente, la temperatura del medio de transferencia de calor asciende a entre 60°C y 100°C, particularmente a entre 70°C y 80°C y en la instalación de destilación a baja temperatura se ajusta una temperatura de operación entre 60°C y 100°C, particularmente entre 70°C y 80°C. Hoy en día se conocen procesos de tratamiento de aguas, que, en comparación con la destilación convencional, trabajan también ya bajo presión atmosférica a temperaturas de 60°C a 70°C con muy buena calidad.

La presente invención se basa en la idea de emplear el calor residual, producido en el electrolizador PEM por transformación de la energía eléctrica en los productos hidrógeno y oxígeno en forma de calor de reacción, para la producción de agua desionizada. Para este propósito se prevé una instalación de destilación a baja temperatura, unida de manera técnica de fluidos con el electrolizador PEM. A través de un medio de transferencia de calor, particularmente un fluido, se extrae el calor residual del electrolizador PEM particularmente de manera continua y se suministra a un intercambiador de calor integrado en la instalación de destilación a baja temperatura. En el intercambiador de calor se introduce además agua sin procesar, que se desala y desioniza en el contexto de un proceso de tratamiento térmico por medio del calor residual del electrolizador PEM. El medio de transferencia de calor representa por consiguiente una fuente de calor en la transferencia de calor en el intercambiador de calor. El circuito del medio de transferencia de calor puede ser tanto abierto como también cerrado.

En la invención se reconoce el efecto sinérgico entre un electrolizador PEM y una instalación de destilación a baja temperatura. El conocimiento decisivo es en este contexto, que el calor residual originado en el electrolizador PEM es claramente mayor que la cantidad de calor necesaria para la instalación de destilación a baja temperatura, de forma que se sobrecompense el autoconsumo de agua en el electrolizador PEM de la instalación de destilación a baja temperatura. Por consiguiente, se asegura que una corriente menor del agua destilada, particularmente un 50% del agua destilada corriente se devuelve como agua de proceso al electrolizador PEM; la mayor parte del agua destilada corriente, sin embargo, se pone a disposición para otros procesos.

Con ayuda del aprovechamiento óptimo del calor del sistema de electrólisis se asegura, que haya suficiente agua para el funcionamiento de la electrólisis, así como que se produzca un flujo de agua industrial previsto para otros procesos industriales o agrícolas. Esto significa, que el nivel de temperatura del medio de transferencia de calor tras la incorporación del calor residual del electrolizador PEM basta, para poder utilizar el calor residual directamente en una instalación de destilación a baja temperatura. En el procedimiento arriba descrito puede ahorrarse la energía para la producción del agua destilada, hasta la energía eléctrica, por ejemplo, para las bombas, pues esta energía puede suministrarse ya al sistema de electrólisis, de forma que se reduzca la demanda total de energía del sistema. En el caso de una planta de electrólisis de 1 MW se precisan por ejemplo en funcionamiento nominal como mínimo 160 l de agua de proceso desmineralizada y/o desionizada por hora. El tratamiento térmico de agua posee un consumo energético de aprox. 0,25 kWh/l, en el caso de una desalación por membrana se encuentra este para el

agua de mar a 0,1 kWh/l. Esto significa, que utilizando la corriente de calor residual del electrolizador para una instalación de tratamiento solamente térmico como por ejemplo una instalación de destilación a baja temperatura, hasta 2000 l por hora de agua desalada puede suministrarse al sistema de electrólisis.

5 Como una parte del agua desionizada en la instalación de destilación a baja temperatura se suministra al electrolizador PEM, se origina con ello además automáticamente una compensación de corriente de medio adaptada a la demanda. Si mediante la entrada aumentada de energía eléctrica mucha agua de proceso se descompone en sus elementos, se origina también una mayor cantidad de calor residual, que conlleva de nuevo en la instalación de tratamiento de aguas a una elevada producción de agua desionizada. Reintroducida, el agua desionizada puede cubrir el elevado consumo de agua en el electrolizador PEM.

10 El fenómeno descrito muestra tres considerables ventajas. Por un lado, se pueden ahorrar, gracias al almacenamiento del calor residual del proceso de electrólisis en el medio de transferencia de calor, costes para la adquisición de agua de refrigeración o de una refrigeración por aire durante el funcionamiento de la electrólisis, pues el calor residual resultante se extrae del electrolizador PEM. Por otro, el calor residual se continúa usando en el tratamiento térmico de agua en la instalación de destilación a baja temperatura, para generar agua desionizada. Y
15 por un tercero, de este modo puede producirse tanta agua sin procesar, que no cubra sólo la demanda de agua de proceso para el proceso de electrólisis, sino que también quede un exceso de agua procesada, que puede utilizarse en otra parte.

Más favorablemente se extrae el agua desionizada, que permanece en el electrolizador PEM sin descomponer, como agua de proceso excedente del electrolizador PEM, donde el agua de proceso excedente se suministra
20 después de nuevo al electrolizador PEM. El agua de proceso excedente puede mezclarse particularmente con el agua destilada corriente, para formar la corriente de agua de proceso. Por un lado, no se origina por consiguiente ninguna pérdida de agua, sino que el agua de proceso se retroalimenta al electrolizador PEM. Por otro, particularmente relevante para instalaciones de electrólisis a alta presión, se mantiene la presión del agua de proceso excedente, de forma que la cantidad total de agua, que se suministra al electrolizador PEM, no se tenga que
25 llevar a alta presión.

Conforme a una primera variante de ejecución preferente se usa agua desionizada como medio de transferencia de calor en la instalación de destilación a baja temperatura. El agua desionizada puede ser agua desionizada corriente, o agua desionizada que se haya empleado ya en el proceso, como por ejemplo el agua de proceso excedente.

30 Preferentemente se utiliza el agua de proceso excedente como medio de transferencia de calor. De este modo no es particularmente necesario ningún medio de transferencia de calor separado, sino el agua de proceso excedente, que tras la electrólisis tiene en todo caso que refrigerarse, se suministra como fuente directa de calor a la instalación de destilación a baja temperatura. Preferentemente, además, tras la expulsión de calor en la instalación de destilación a baja temperatura, al menos una parte del agua de proceso excedente se retroalimenta, en cada caso tras un paso de purificación adicional, al electrolizador PEM. De este modo, en que el agua de proceso excedente se reutiliza en
35 el proceso de electrólisis, es necesaria una cantidad muy baja de agua desionizada corriente.

Conforme a una segunda variante de ejecución preferente, el medio de transferencia de calor se transvasa en un circuito cerrado entre el electrolizador PEM y la instalación de destilación a baja temperatura. En este caso, el medio de transferencia de calor es otro diferente del agua de proceso excedente tras el proceso de electrólisis o el agua desionizada en la instalación de destilación a baja temperatura y sólo se lleva a cabo una interacción térmica entre
40 los medios antes descritos. La ventaja principal de esta ejecución es que la regulación de la presión del agua de proceso se lleva a cabo independientemente del circuito de medio de transferencia de calor, es decir que el electrolizador PEM puede operar sin problemas bajo alta presión. Otra ventaja de esta ejecución es que el proceso de transferencia de calor se realiza continuamente mediante una cantidad constante de medio de transferencia de calor y, por consiguiente, generalmente no es necesaria un suministro de medio de transferencia de calor adicional.
45 Como medio de transferencia de calor se utilizan en este contexto tanto agua como también refrigerantes o aceites térmicos apropiados.

Conforme a una tercera variante de ejecución preferente se usa agua sin procesar como medio de transferencia de calor. En este contexto, en un primer paso procedimental se suministra agua sin procesar a la instalación de destilación a baja temperatura y se precalienta. El agua precalentada se suministra a continuación al electrolizador
50 PEM, donde no se mezcla particularmente con el agua de proceso en el electrolizador PEM. En el electrolizador PEM se calienta el agua precalentada particularmente a una temperatura de operación del electrolizador PEM, donde recibe directamente el calor residual del proceso en marcha en el electrolizador PEM. Finalmente, se suministra el agua calentada de nuevo al intercambiador de calor de la instalación de destilación a baja temperatura, en la que ahora se realiza la deionización. El agua desionizada corriente (agua corriente) se suministra como agua
55 de proceso al electrolizador PEM.

Preferentemente se remineraliza al menos una parte del agua desionizada en la instalación de destilación a baja temperatura. Mediante la remineralización del agua desionizada puede producirse agua potable, agua para riego, así como agua para otros procesos industriales.

5 Para aislar la demanda de agua industrial o potable y la demanda de agua desionizada para el electrolizador PEM respecto a oscilaciones temporales, se almacena temporalmente al menos una parte del agua desionizada en la instalación de destilación a baja temperatura. Además, de este modo se logra una cierta independencia de oscilaciones de la disponibilidad de agua sin procesar.

10 Según una ejecución preferente se utiliza destilación por membrana como destilación a baja temperatura para producir de agua desionizada. La destilación por membrana es un proceso de separación de accionamiento térmico, en el que una membrana hidrófoba representa una barrera para la fase líquida de una corriente de agua, mientras que la fase gaseosa atraviesa la membrana. La fuerza motriz para el proceso forma una caída de presión de vapor parcial, producida habitualmente por una diferencia de temperatura.

15 Preferentemente se opera el electrolizador PEM independientemente de un suministro de agua potable. En este contexto, el agua sin procesar no es agua potable, sino que la electrólisis se realiza apartada de tomas de suministros de agua potable de gran calidad. Con suministro de agua potable se designa aquí un suministro de agua corriente, proporcionado particularmente por un suministrador local de agua.

20 En cuanto a un funcionamiento autónomo del electrolizador PEM se suministra convenientemente como agua sin procesar a la instalación de destilación a baja temperatura agua de mar, aguas residuales industriales o municipales (por ejemplo, de una estación depuradora) o agua salobre. De este modo se cumplen también las condiciones previas de infraestructura para una instalación de electrólisis autónoma. Se hacen útiles además también fuentes de agua "malas" para el abastecimiento del electrolizador PEM. El proceso de electrólisis produce suficiente calor residual, para procesar tanta agua desionizada de una fuente de agua sin procesar, que no sólo pueda abastecerse completamente al electrolizador PEM, sino que proporcione agua de alta pureza tras el correspondiente acondicionamiento para el suministro de agua potable. Por otra parte, una tecnología de destilación a baja temperatura, como por ejemplo destilación por membrana, produce agua con un grado de pureza tan alto (salinidad < 10 ppm), que, en comparación con el empleo de agua potable, no se necesite otro acondicionamiento previo antes del empleo en el electrolizador PEM. Ya hay experiencias con estas tecnologías en el procesamiento de agua de mar, agua salobre, así como agua de proceso, en diversas industrias, de forma que estos procesos pueden utilizarse en una ancha paleta de fuentes de agua sin procesar.

30 Generalmente se extrae el calor perdido del electrolizador PEM mediante enfriamiento forzado. Para ello se prevén las correspondientes superficies de enfriamiento en un dispositivo refrigerante. Más favorablemente se realiza una refrigeración del agua de proceso excedente en un dispositivo refrigerante del electrolizador PEM, integrado en la instalación de destilación a baja temperatura. Como el dispositivo refrigerante forma un componente integral de la instalación de destilación a baja temperatura, se obtiene la ventaja adicional de que el capital invertido se emplea mejor. La instalación de destilación a baja temperatura puede montarse particularmente mediante un reequipamiento del dispositivo refrigerante de un electrolizador PEM existente.

35 La cantidad de agua sin procesar preparada se regula preferentemente en función de la cantidad de calor residual del electrolizador PEM. De este modo se asegura, que al electrolizador PEM se suministra suficiente agua corriente, de forma que se extraiga el calor residual generado y además la temperatura en el electrolizador PEM permanezca particularmente constante dentro de un intervalo de temperaturas razonable para el proceso de electrólisis.

45 Según una variante de ejecución preferente se controla o se regula un suministro de agua sin procesar en función de la temperatura en la instalación de destilación a baja temperatura. Para ello se mide la temperatura en la instalación de destilación a baja temperatura con ayuda de sensores de temperatura. El caudal de agua sin procesar se regula de tal manera, que la temperatura de operación en la instalación de destilación a baja temperatura no queda por debajo de un valor mínimo necesario para la destilación del agua sin procesar y permanece en cada caso por debajo de un valor máximo, en el que la calidad de la purificación del agua se reduce. El valor mínimo depende de la interpretación de la instalación de destilación a baja temperatura, donde cuanto menor sea el valor mínimo, tanto mayor será el flujo volumétrico necesario de medio de transferencia de calor. El valor mínimo no debería quedar particularmente por debajo de 60°. El valor máximo depende de nuevo de las impurezas presentes en el agua sin procesar y sus presiones de vapor como función de la temperatura. El valor máximo puede además particularmente ser como máximo tan alto como la temperatura en el primario del intercambiador de calor (si no se prevé ningún dispositivo de calentamiento adicional).

55 Según otra variante de ejecución preferente, se controla un rendimiento específico del medio de transferencia de calor en función de una temperatura de operación en el electrolizador PEM. También para ello se prevén sensores de temperatura, que miden particularmente de manera continua la temperatura de operación en el electrolizador PEM. En caso de desviaciones de la temperatura en el electrolizador PEM respecto de la temperatura de operación deseada se ajusta correspondientemente el flujo del medio de transferencia de calor.

Además de los sensores de temperatura se pueden prever también sensores electroquímicos apropiados, que supervisan la calidad del agua destilada en la instalación de destilación a baja temperatura.

Los ejemplos de ejecución de la invención se describen más a fondo en base al diseño. Aquí muestran esquemáticamente y de manera muy simplificada:

5 FIG 1 un primer ejemplo de ejecución de un sistema de electrólisis,

FIG 2 un segundo ejemplo de ejecución de un sistema de electrólisis, y

FIG 3 un tercer ejemplo de ejecución de un sistema de electrólisis.

Los mismos símbolos de referencia tienen en las diferentes Figuras el mismo significado.

10 En la FIG 1 se muestra un sistema de electrólisis 1 comprendiendo un electrolizador PEM 2 para generar hidrógeno H_2 y oxígeno O_2 . En el ejemplo de ejecución mostrado se lleva a cabo una electrólisis a alta presión. Es también posible operar el electrolizador PEM 2 a presión atmosférica.

15 Componente de un electrolizador PEM 2 es una membrana polimérica permeable a los protones (del inglés "Proton-Exchange-Membrane") aquí no mostrada a fondo, contactada por ambos lados por electrodos untados con catalizador (ánodo, cátodo). Sobre esta se aplica una tensión externa y por el lado del ánodo del electrolizador PEM 2 se suministra agua. Al desintegrar el agua se producen oxígeno, electrones e iones hidrógeno cargados positivamente. Los iones hidrógeno se difunden a través de la membrana conductora de protones al lado del cátodo, donde se combinan con los electrones del circuito externo para dar moléculas de hidrógeno H_2 . Cada uno de los gases producto generados H_2 y O_2 se purga en una derivación de gas propia 4, 6 del electrolizador PEM 2.

20 El proceso de electrólisis se surte en la FIG 1 a través de una bomba de alta presión 9 del agua de proceso PW necesaria. se trata en este contexto/ocasión de agua destilada totalmente desalada con una conductividad menor de 1 mS. El circuito de agua del lado del ánodo u oxígeno riega la membrana, abastece al proceso electroquímico del agua necesaria, que se desintegra, y elimina además del calor de reacción originado también el gas oxígeno generado.

25 El agua de proceso excedente EPW, que no se ha desintegrado en el proceso de electrólisis, se extrae del electrolizador PEM 2 con ayuda de una derivación de agua de proceso 8, pues la temperatura de operación del electrolizador PEM de base polimérica 2 está limitada a un intervalo de temperaturas de 50°C a 130°C y por consiguiente es necesaria una extracción continua del calor de reacción originado en el electrolizador PEM 2. La derivación del agua de proceso 8 es además parte de un circuito de agua de proceso para el electrolizador PEM 2.

30 El sistema de electrólisis 1 conforme a la FIG 1 comprende por añadidura una instalación de destilación a baja temperatura 10. La instalación de destilación a baja temperatura 10 muestra un intercambiador de calor 12, en el que en el primario se introduce el agua de proceso excedente EPW del electrolizador PEM 2 a través de la derivación del agua de proceso 8. A través de una línea de agua sin procesar 14 se suministra agua sin procesar RW a la instalación de destilación a baja temperatura 10, particularmente de origen natural como por ejemplo agua de mar, agua salobre o agua salada. A través de la línea de agua sin procesar 14 puede suministrarse
35 alternativamente también agua de una instalación industrial, agua residual municipal de una depuradora o también agua potable o agua corriente.

La instalación de destilación a baja temperatura 10 es por ejemplo una instalación de destilación por membrana, en la que del agua de proceso excedente EPW se extrae el calor y se utiliza para el procesamiento del agua sin procesar del secundario RW. El agua de proceso excedente EPW representa, por consiguiente, en el ejemplo de
40 ejecución conforme a la FIG 1 un medio de transferencia de calor WM. En la instalación de destilación a baja temperatura 10 se cede además el calor residual almacenado en el medio de transferencia de calor WM del proceso de electrólisis al agua sin procesar RW para producir agua desionizada corriente FM.

El agua DW desalada y destilada en la instalación de tratamiento 10 se extrae a continuación a través de una línea de deionato 16 de la instalación de destilación a baja temperatura 10 y se divide en dos corrientes: una de agua corriente, que se suministra a través de una válvula 18 a un conducto de suministro 20 del electrolizador PEM 2, y un flujo de agua industrial IW, que se extrae del sistema de electrólisis 1. A través de la válvula 18 se regula el agua de proceso PW, compuesta por el agua corriente FW y el agua de proceso EPW excedente refrigerada. El agua de proceso excedente EPW refrigerada se transporta a través de una línea 22 primero a un tanque de agua 24, de donde se bombea particularmente tras un paso de purificación asimismo a través de la válvula 18 del conducto de suministro 20 al electrolizador PEM 2. Paralelamente se elimina de la instalación de destilación a baja temperatura
50 el concentrado de agua residual producido al destilar el agua sin procesar RW a través de una derivación 26.

5 En la FIG 1 el tanque de agua 24 se prevé únicamente para el agua de proceso excedente EPW, que se utiliza de nuevo en el proceso de electrólisis, mientras que el agua corriente FW se suministra particularmente de manera continua al electrolizador PEM 2. Sin embargo, es posible, también almacenar primero agua destilada DW en la línea de deionato 16, antes de fraccionarla, o también almacenar el flujo de agua corriente FW, antes de suministrarla al electrolizador PEM 2.

La temperatura de operación imperante en la instalación de destilación a baja temperatura 10 asciende por ejemplo particularmente a 70°C. Debido al tipo de instalación de destilación a baja temperatura 10 esta temperatura es sin embargo suficiente, para procesar el agua sin procesar RW de la línea 14 de tal manera, que sirva como agua de proceso PW para el proceso de electrólisis.

10 A través de un primer sensor de temperatura TS1 se mide continuamente la temperatura en la instalación de destilación a baja temperatura 10. En función de esta temperatura se regula además el caudal de agua sin procesar RW. Para ello han de considerarse, respecto a la temperatura medida, unos límites inferior y superior y/o un valor mínimo y uno máximo. Si la temperatura alcanza el valor mínimo de aprox. 60°C o se encuentra por debajo de este valor, se reduce o incluso interrumpe el caudal de agua sin procesar RW. En caso de un claro aumento de la temperatura en la instalación de destilación a baja temperatura 10, en cambio, se eleva el caudal de agua sin procesar RW. El valor máximo para la temperatura en la instalación de destilación a baja temperatura 10 se fija de manera que el destilado cumpla aún los requisitos de pureza exigidos. En el caso del agua salada sin otras impurezas son tolerables temperaturas hasta 90°C, en el caso de aguas con impurezas oleosas pueden ser necesarias temperaturas por debajo de 80°C.

20 Un proceso de regulación similar tiene también lugar en el electrolizador PEM 2, cuya temperatura de operación se mide mediante otro sensor de temperatura TS 2. El caudal de agua desionizada DW, en adelante designada también como deionato, se regula en el electrolizador PEM 2 de tal forma que la temperatura de operación en el electrolizador PEM 2 no supere un valor previamente dado, que asegura una operación correcta del electrolizador PEM 2.

25 Además, el caudal de agua sin procesar RW se regula en función de la cantidad de calor residual del electrolizador PEM 2. Si en el electrolizador PEM 2 el agua de proceso PW se separa siempre en sus elementos, surge también una cantidad aumentada de calor residual. Este calor residual conlleva en la instalación de destilación a baja temperatura 10 de nuevo un elevado ritmo de producción de deionato DW, que se introduce en el electrolizador PEM 2 y puede allí cubrir el elevado consumo de agua.

30 Una segunda variante de ejecución de un sistema de electrólisis 1 puede verse en la FIG 2. La diferencia sustancial en comparación con la distribución conforme a la FIG 1 es, que en la segunda variante de ejecución se prevé un circuito cerrado para el medio de transferencia de calor WM. Para ello comprende también el electrolizador PEM 2 un intercambiador de calor 28. El medio de transferencia de calor WM, que en este contexto puede ser tanto agua de refrigeración como también otro refrigerante, se bombea al intercambiador de calor 28 del electrolizador PEM 2 y almacena allí el calor residual del proceso de electrólisis, calentándose el medio de transferencia de calor WM a una temperatura de entre 50°C y 100°C; si el medio de transferencia de calor WM se halla bajo presión, su temperatura puede ascender también hasta 130°C. a través de una línea de circuito 30 se introduce el medio de transferencia de calor WM calentado al intercambiador de calor 12 de la instalación de destilación a baja temperatura 10 y cede su calor al agua sin procesar RW. El agua sin procesar RW está sujeta en der instalación de destilación a baja temperatura 10 a un proceso de evaporación, así como a un posterior proceso de condensación, donde se produce deionato DW, una parte del cual se suministra como agua corriente FW a través del conducto de suministro 20 directamente al electrolizador PEM 2 y otra parte se sigue utilizando como agua industrial IW fuera del sistema de electrólisis 1. El concentrado de agua residual, que queda en el proceso de destilación, se reconduce a través del conducto 26, por ejemplo, al mar.

45 También en el sistema de electrólisis 1 conforme a la FIG 2 se mide la temperatura de operación en el electrolizador PEM 2 por medio del sensor de temperatura TS 2 y correspondientemente se controla y/o regula el circuito para el medio de transferencia de calor WM, así como el caudal de agua sin procesar RW.

50 Un tercer ejemplo de ejecución para la distribución y la conexión técnica de fluidos del electrolizador PEM 2 con la instalación de destilación a baja temperatura 10 se muestra en la FIG 3. Conforme a la FIG 3, a través del conducto de agua sin procesar 14 se introduce como agua sin procesar RW, por ejemplo, agua de mar con una temperatura inferior a 20°C. En el intercambiador de calor 12 se precalienta el agua sin procesar RW y se introduce, a continuación, a través de un conducto 32 en el segundo intercambiador de calor 28, asignado al electrolizador PEM 2. En el intercambiador de calor 28 se calienta el agua sin procesar RW, debido al calor residual que se origina en el proceso de electrólisis, y se lleva a través del conducto de agua caliente 34 de vuelta a la instalación de destilación a baja temperatura 10. Sólo en la instalación de destilación a baja temperatura 10 en contacto con aire se evapora el agua sin procesar RW calentada en un evaporador y, a continuación, se condensa, de forma que se produzca deionato DW, que se extrae a través de un conducto de deionato 16 de la instalación de destilación a baja temperatura 10.

5 El agua desionizada o deionato DW se almacena temporalmente, en el ejemplo de ejecución mostrado, primero en un tanque de agua 36. A través del conducto de suministro 20 se bombea una menor parte del agua desionizada DW como agua corriente FW de nuevo al electrolizador PEM 2. Otra parte del agua desionizada DW forma el flujo de agua industrial IW y se remineraliza, alimentándola, por ejemplo, a un lecho empedrado 38, de forma que se produzca agua potable TW, que se introduce a través de un conducto de agua potable 40 en la red municipal de suministro de agua potable o alternativamente se utiliza para otros procesos industriales. Es también posible, que el
10 das agua desionizada DW en la instalación de procesamiento 10 se divida en una corriente de agua corriente FW y un flujo de agua industrial IW, sin que el deionato DW se almacene temporalmente en un tanque de agua 36. En vez de la remineralización en el lecho empedrado 38 puede efectuarse aparte de esto otro tipo de procesamiento del agua desionizada DW, de forma que esta corriente de agua sirva al menos como agua de proceso en otro proceso industrial.

15 También en la distribución conforme a la FIG 3 se lleva a cabo una medición de la temperatura en la instalación de destilación a baja temperatura 10 así como en el electrolizador PEM 2 y, en base a los valores medidos, se regula el caudal de agua sin procesar RW (en este caso, el agua sin procesar RW representa también el medio de transferencia de calor WM para la recogida del calor residual del electrolizador PEM 2).

20 Los sistemas de electrólisis 1 conformes a las FIG 1 a FIG 3 se distinguen todos porque son autónomos en referencia a un suministro de agua potable. Sirven, por consiguiente, para un llamado funcionamiento aislado. Particularmente en los casos, en los que una parte del agua desionizada DW se procesa ulteriormente (remineralización) puede emplearse el aprovechamiento del calor residual del electrolizador PEM 2 para la desalación del agua de mar y la producción de agua potable TW en zonas pobres en agua en proximidades de la costa.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de operación de un sistema de electrólisis (1) para generar hidrógeno y oxígeno mediante descomposición de agua en un electrolizador PEM (2), donde
- al electrolizador PEM se suministra el agua de proceso (PW),
- 5
- el calor residual, generado en el electrolizador PEM (2) al descomponer el agua de proceso (PW) se almacena en un medio de transferencia de calor (WM),
 - el medio de transferencia de calor (WM) se suministra a una instalación de destilación a baja temperatura (10), y
 - en la instalación de destilación a baja temperatura (10) por medio del calor residual se produce agua desionizada (DW) a partir del agua sin procesar (RW) bajo presión atmosférica a temperaturas de operación de entre 60° y 70°,
- 10
- donde
- únicamente una parte, particularmente menos del 50% del agua desionizada se suministra (DW) como agua de proceso (PW) al electrolizador PEM (2), y
 - un flujo de agua industrial (IW), que comprende particularmente más del 50% del agua desionizada (DW), se extrae del sistema de electrólisis (1) tras la instalación de destilación a baja temperatura (10) y antes del electrolizador PEM (2).
- 15
2. Procedimiento según la Reivindicación 1, donde el agua de proceso (PW), que permanece sin descomponer en el electrolizador PEM (2), se extrae como agua de proceso excedente (EPW) del electrolizador PEM (2), alimentándose el agua de proceso excedente (EPW) de nuevo al electrolizador PEM (2).
3. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde como medio de transferencia de calor (WM) en la instalación de destilación a baja temperatura (10) se utiliza agua desionizada (DW).
- 20
4. Procedimiento según la Reivindicación 2, donde el agua de proceso excedente (EPW) se utiliza como medio de transferencia de calor (WM).
5. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde el medio de transferencia de calor (WM) se transvasa en un circuito cerrado (30) entre el electrolizador PEM (2) y la instalación de destilación a baja temperatura (10).
- 25
6. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde como medio de transferencia de calor (WM) se utiliza agua sin procesar (RW).
7. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde al menos una parte del flujo de agua industrial (IW) se remineraliza.
- 30
8. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde el agua desionizada en la instalación de destilación a baja temperatura (10) (DW) se almacena temporalmente.
9. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde para producir agua desionizada (DW) en la instalación de destilación a baja temperatura (10) se utiliza destilación por membrana.
- 35
10. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde el electrolizador PEM (2) se opera independientemente de un suministro de agua potable.
11. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde la instalación de destilación a baja temperatura (10) como agua sin procesar (RW) se suministra agua de mar, aguas residuales industriales o municipales o agua salobre.
- 40
12. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde un suministro del agua sin procesar (RW) se regula en función de la temperatura en la instalación de destilación a baja temperatura (10).
13. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones 2 a 12, donde se realiza una refrigeración del agua de proceso excedente (EPW) en un dispositivo refrigerante (12) del electrolizador PEM (2), integrado en la instalación de destilación a baja temperatura (10).

14. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde la cantidad de agua sin procesar preparada (RW) se regula en función de la cantidad de calor residual del electrolizador PEM (2).

15. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, donde un rendimiento específico del medio de transferencia de calor (WM) se regula en función de una temperatura de operación del electrolizador PEM (2).

FIG 1

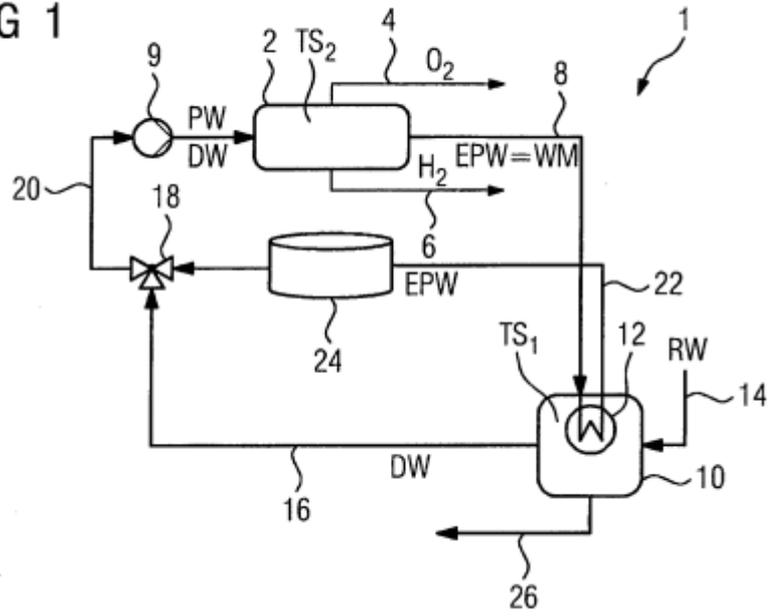


FIG 2

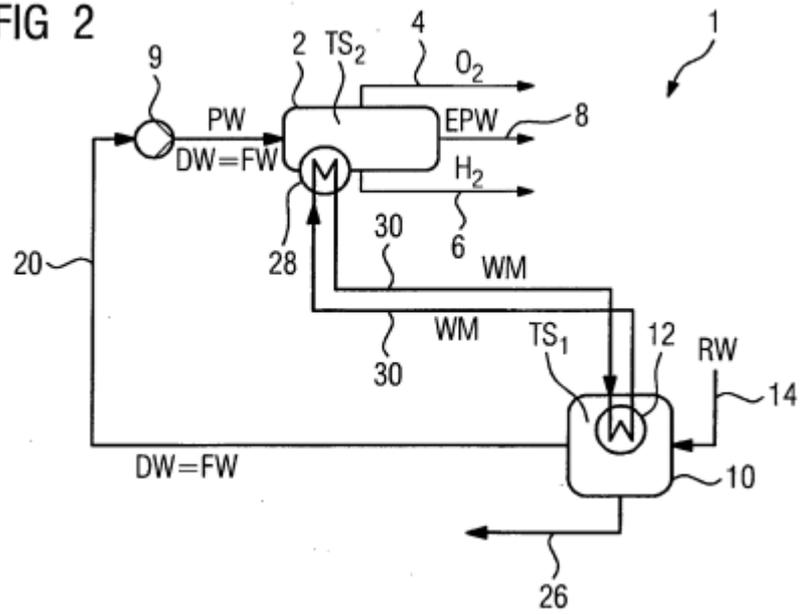


FIG 3

