

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 127**

51 Int. Cl.:

C25B 1/04	(2011.01)
C25B 15/02	(2011.01)
C25B 15/08	(2006.01)
C25B 9/19	(2011.01)
C25B 9/73	(2011.01)
C25B 9/77	(2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2018 PCT/JP2018/011900**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.09.2018 WO18174281**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2018 E 18771391 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2024 EP 3604617**

54 Título: **Sistema de electrolisis de agua alcalina y método para producir hidrógeno**

30 Prioridad:

23.03.2017 JP 2017057829
23.03.2017 JP 2017057732
31.03.2017 JP 2017072965

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.11.2024

73 Titular/es:

ASAHI KASEI KABUSHIKI KAISHA (100.0%)
1-1-2 YurakuchoChiyoda-ku
Tokyo 100-0006, JP

72 Inventor/es:

KOGA TAKEHIRO;
UCHINO YOUSUKE;
KOMURA RYO y
HASEGAWA SHINJI

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 985 127 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

Sistema de electrolisis de agua alcalina y método para producir hidrógeno

5 **Campo técnico**

La presente divulgación se refiere a un sistema de electrolisis de agua alcalina y a un método de producción de hidrógeno.

10 **Antecedentes**

En los últimos años, técnicas que usan energía renovable, tal como generación de energía eólica y generación de energía fotovoltaica, han atraído atención con el fin de abordar problemas incluyendo calentamiento global debido a gases de efecto invernadero tales como dióxido de carbono, reducción de las reservas de combustibles fósiles, o similares.

La naturaleza de la energía renovable es que está sujeta a una fluctuación muy grande ya que su salida depende de las condiciones climáticas. Por tanto, no siempre es posible transportar potencia eléctrica obtenida por generación de electricidad mediante energía renovable al sistema de potencia eléctrica general, y hay una preocupación sobre influencias sociales tales como desequilibrio de suministro y demanda de electricidad, desestabilización del sistema de potencia eléctrica, o similares.

Por tanto, está llevándose a cabo investigación para convertir la potencia eléctrica generada a partir de energía renovable en una forma adecuada para su almacenamiento y transporte para su uso. Específicamente, se ha realizado un estudio sobre cómo generar hidrógeno almacenable y transportable mediante electrolisis de agua usando potencia eléctrica generada a partir de energía renovable, y usar hidrógeno como material o fuente de energía.

El hidrógeno se usa ampliamente a nivel industrial en los campos, por ejemplo, de refinado de petróleo, síntesis química y refinado de metales, y, en los últimos años, puede usarse en muchas situaciones tales como estaciones de hidrógeno para vehículos de vehículos de pila de combustible (FCV), comunidades inteligentes y centrales eléctricas de hidrógeno. Por consiguiente, existe una alta expectativa por el desarrollo de tecnología para obtener, en particular, hidrógeno a partir de energía renovable.

Los métodos para electrolisis de agua incluyen electrolisis de agua con electrolito de polímero sólido, electrolisis de vapor a alta temperatura y electrolisis de agua alcalina. De estas, se considera que la electrolisis de agua alcalina es una de las más prometedoras debido a su industrialización a lo largo de décadas, disponibilidad a gran escala y economía en comparación con otros dispositivos de electrolisis de agua.

Sin embargo, para la adaptación de electrolisis de agua alcalina como medio para almacenar y transportar energía, es necesario hacer que sea posible llevar a cabo electrolisis de agua de manera eficiente y estable usando potencia eléctrica con gran fluctuación en la salida tal como se describió anteriormente, y se requiere abordar diversas cuestiones asociadas con celdas electrolíticas y dispositivos para la electrolisis de agua alcalina.

Con el fin de abordar la cuestión de mejorar la tasa de consumo de potencia eléctrica para la producción de hidrógeno suprimiendo la tensión del baño en la electrolisis de agua alcalina, se sabe que resulta eficaz usar una estructura en la que se elimina sustancialmente el hueco entre la membrana y los electrodos, lo cual se denomina estructura de hueco nulo, como estructura de la celda electrolítica (véanse los documentos P5553605b (PTL 1) y WO2015098058A (PTL 2)). Con la estructura de hueco nulo, escapando rápidamente el gas generado a través de los poros de un electrodo al lado opuesto al lado de membrana del electrodo, es posible reducir la distancia entre el electrodo al tiempo que se minimiza la acumulación de gas cerca del electrodo, manteniendo de ese modo la tensión del baño baja. La estructura de hueco nulo es muy eficaz para suprimir la tensión del baño y se adopta en diversos dispositivos de electrolisis.

El documento US 2014/202875 da a conocer un sistema de electrolisis de agua alcalina que comprende una línea de gas de hidrógeno y una línea de gas de oxígeno, cada una conectada a un electrolizador, en el que tanto la línea de gas de hidrógeno como la línea de gas de oxígeno están dotadas de un medidor de concentración de gas, un manómetro de presión y una válvula de control de presión. El medidor de concentración de gas está situado en el lado aguas arriba de la válvula de control de presión. La apertura de las válvulas de control de presión se realiza automáticamente mediante el bucle de control. El suministro de potencia puede ser fluctuante. Los depósitos son depósitos de almacenamiento para el electrolito y el O₂ y H₂ recogidos juntos. Los datos de presión, es decir, la diferencia de presión, se usan para estabilizar e igualar las presiones en las secciones de cátodo y ánodo.

El documento EP 3 591 095 da a conocer un sistema de electrolisis de agua alcalina que comprende una línea

de gas de hidrógeno y una línea de gas de oxígeno, cada una conectada a un electrolizador, en el que al menos una de la línea de gas de hidrógeno y la línea de gas de oxígeno está dotada de un medidor de concentración de gas, un manómetro de presión y una válvula de control de presión. El medidor de concentración de gas está situado en el lado aguas abajo de la válvula de control de presión. Se usa una fuente de potencia variable, es decir, fluctuante. También hay depósitos de separación para H₂ y O₂.

El documento US 4 323 442 da a conocer un sistema de electrolisis de agua alcalina que comprende una línea de gas de hidrógeno y una línea de gas de oxígeno, cada una conectada a un electrolizador, en el que cada una de la línea de gas de hidrógeno y la línea de gas de oxígeno está dotada de un medidor de concentración de gas, un manómetro de presión y una válvula de control de presión. El medidor de concentración de gas está situado en el lado aguas arriba de la válvula de control de presión. La apertura de las válvulas de control de presión es automática mediante el regulador. Los datos de presión, es decir la diferencia de presión, se usan para estabilizar e igualar las presiones en las secciones de cátodo y ánodo.

El documento KR 2003 0043917 da a conocer un sistema de electrolisis de agua alcalina que comprende una línea de gas de hidrógeno y una línea de gas de oxígeno, cada una conectada a un electrolizador, en el que la línea de gas de oxígeno está dotada de un medidor de concentración de gas, un manómetro de presión y una válvula de control de presión. El medidor de concentración de gas está situado en el lado aguas abajo de la válvula de control de presión y es paralelo al medidor de concentración de gas. La velocidad de flujo puede controlarse mediante una válvula en la misma línea. La apertura de las válvulas de control de presión es automática mediante el mecanismo de descarga. Los datos de presión, es decir la diferencia de presión, se usan para estabilizar e igualar las presiones en las secciones de cátodo y ánodo.

El documento US 2013/228456 da a conocer un sistema de electrolisis de agua alcalina que comprende una línea de gas de hidrógeno y una línea de gas de oxígeno, cada una conectada a un electrolizador, en el que al menos la línea de gas de salida de oxígeno está dotada de un medidor de concentración de gas, un manómetro de presión y una válvula de control de presión. El medidor de concentración de gas está situado en el lado aguas arriba de la válvula de control de presión. La apertura de las válvulas de control de presión es automática mediante el mecanismo de descarga. Se mide la presión tanto de H₂ como de O₂ y se controla la diferencia de presión. El oxígeno a partir del ánodo y el hidrógeno a partir del cátodo pueden recircularse de vuelta a la celda a partir de sus dispositivos de recogida.

El documento US 2011/198235 da a conocer un sistema de electrolisis de agua que comprende una línea de gas de hidrógeno y una línea de gas de oxígeno, cada una conectada a un electrolizador, en el que al menos la línea de gas de salida de oxígeno está dotada de un medidor de concentración de gas, un manómetro de presión y una válvula de control de presión. La apertura de las válvulas de control de presión es automática mediante el mecanismo de descarga. Se mide la presión tanto de H₂ como de O₂ y se controla la diferencia de presión. El oxígeno a partir del ánodo puede recircularse de vuelta a la celda a partir de sus dispositivos de recogida. También enseña que la bomba de flujo de agua se detiene pero se abre el escape.

El documento JP S 59 50186 da a conocer el almacenamiento de hidrógeno y el control usando densidad de corriente, pero esto desencadena que se introduzca más oxígeno y no está relacionado con el electrolito.

El documento US 4 323 442 da a conocer el mezclado de electrolitos, dado que el conjunto de circuitos de compensación es responsable de introducir algún anolito al catolito.

El documento CN 2450229 da a conocer un dispositivo que usa energía solar y (o) energía eólica para generar hidrógeno, incluyendo una celda solar y (o) generador eólico, tubo de electrolisis de agua, tubo de almacenamiento de agua, el tubo de almacenamiento de agua tiene un sensor de nivel de agua y un filtro de calidad de agua, y el filtro de calidad de agua entra en el agua. Se termina en una válvula de solenoide, que está caracterizada porque la parte inferior de los dos cilindros de dos electrolisis está conectada mediante un tubo aislante y después conectada a la tubería de salida en la parte inferior del cilindro de almacenamiento de agua. Después de conectarse las tres tuberías, se conecta una tubería de drenaje. Hay una válvula manual en la tubería de drenaje. Hay una válvula de solenoide en la tubería de agua, un sensor de nivel de agua está conectado al extremo superior del cilindro de electrolisis A, y aun condensador separador de gas-agua está sellado al extremo superior del cilindro de electrolisis B. La salida del condensador está conectada al compresor a través de una tubería, y un sensor de oxígeno y compresor están conectados a la tubería. El extremo de salida de la válvula unidireccional está conectado a una válvula unidireccional, el otro extremo de la válvula unidireccional está conectado al cilindro de acero a través de una tubería de conexión, y un sensor de presión está conectado a la tubería de conexión. Hay una tubería de drenaje de líquido residual insertada en la parte inferior de la botella de acero, y la tubería de drenaje de líquido residual está fuera de la botella de acero, parte de la misma está conectada a una válvula, y el otro extremo de la válvula está conectado a la tubería de salida de gas del cilindro de acero a través de una tubería de conexión. La tubería de salida de gas está conectada de manera secuencial con una válvula manual, una válvula reductora de presión y una válvula de solenoide. El equipo anteriormente mencionado está colocado en una carcasa, y un sensor de hidrógeno está instalado en la carcasa. La tubería de entrada de agua del cilindro de almacenamiento de agua, la tubería de drenaje del cilindro

de electrolisis y la tubería de hidrógeno se dirigen hacia fuera de la carcasa.

El documento CN 1258762 da a conocer un generador de hidrógeno de electrolisis de agua que tiene un conducto de líquido que comprende una bomba de suministro de agua, válvula antirretorno, cilindro de álcali, bomba circular, conmutador de velocidad de flujo, filtro y electrolizador; una estructura de conducto de hidrógeno que comprende un condensador de hidrógeno, regulador de diferencia de presión de funcionamiento, regulador de diferencia de presión de cierre, válvula de contrapeso, medidor de presión de válvula de descarga hidrógeno, sensor de presión de hidrógeno, detector de oxígeno en hidrógeno y válvula de soplado de hidrógeno; y una estructura de conducto de oxígeno que comprende un condensador de oxígeno, regulador de diferencia de presión de funcionamiento, regulador de diferencia de presión de cierre, medidor de presión de oxígeno, sensor de presión de oxígeno, instrumento de prueba de hidrógeno en oxígeno y válvula de salida de oxígeno. Su producto de hidrógeno tiene una pureza del 99,99 % y un contenido en agua de menos de 1,7 g/m³.

Lista de referencias

Bibliografía de patentes

PTL 1: documento JP5553605B

PTL 2: documento WO2015098058A

Sumario

Problema técnico

Sin embargo, en el sistema de electrolisis de agua alcalina convencional, en general, la electrolisis de agua se lleva a cabo ajustando las presiones de funcionamiento de un compartimento de ánodo y un compartimento de cátodo con una válvula de regulación de presión y midiendo concentraciones de gas de oxígeno y gas de hidrógeno usando un medidor de concentración para gas de oxígeno y gas de hidrógeno.

Con el fin de medir la concentración de gas de oxígeno y gas de hidrógeno, se provoca un ligero cambio de volumen en el sistema suministrando gas a un medidor de concentración de gas de oxígeno y de hidrógeno. Convencionalmente, cuando se funciona a una densidad de corriente de funcionamiento constante, un ligero cambio de volumen puede no provocar ningún problema con ajuste de presión. Sin embargo, cuando se usa un suministro de potencia fluctuante tal como energía renovable, incluso un ligero cambio de volumen puede provocar un problema con el control de presión. En particular, cuando se lleva a cabo electrolisis a una baja densidad de corriente, se provoca una disminución de la presión de funcionamiento mediante un cambio de volumen en el sistema, lo cual provoca un desequilibrio de presión diferencial entre el lado de compartimento de ánodo y el lado de compartimento de cátodo y da como resultado la rotura de una membrana y una disminución de la pureza de gas debido a permeación de gas a través de una membrana. Por tanto, resulta difícil alcanzar un funcionamiento estable.

Por tanto, un primer objetivo de la presente divulgación es proporcionar un sistema de electrolisis de agua alcalina que pueda mantener de manera estable un estado de presión en un lado de ánodo y en un lado de cátodo.

El sistema de electrolisis de agua alcalina y el método de electrolisis de agua alcalina convencionales también tienen un problema de degradación de la pureza de gas a baja densidad de corriente o aumento de temperatura en un sistema de electrolisis y degradación de una membrana provocada de ese modo a alta densidad de corriente cuando se funciona con un suministro de potencia fluctuante tal como energía fotovoltaica y energía eólica.

Por tanto, un segundo objetivo de la presente divulgación es proporcionar un sistema de electrolisis de agua alcalina que pueda obtener una alta pureza de gas a baja densidad de corriente y que pueda suprimir la degradación de una membrana suprimiendo un aumento de temperatura en el sistema de electrolisis a alta densidad de corriente, y un método del mismo.

Además, en el sistema de electrolisis de agua alcalina convencional, una corriente inversa fluye hasta un ánodo y un cátodo cuando se detiene la electrolisis con un suministro de potencia fluctuante, tal como energía fotovoltaica y energía eólica, lo cual puede provocar el deterioro de un ánodo y un cátodo.

Por tanto, un tercer objetivo de la presente divulgación es proporcionar un sistema de electrolisis de agua alcalina que pueda suprimir el deterioro de un ánodo y un cátodo con un suministro de potencia fluctuante.

Solución al problema

La presente invención se refiere al objeto reflejado en el conjunto adjunto de reivindicaciones 1-13. Línea de gas de oxígeno, cada una conectada a un electrolizador, en el que al menos una de la

5 Según una primera realización de la presente divulgación, puede proporcionarse un sistema de electrolisis de agua alcalina que puede mantener de manera estable un estado de presión de un lado de compartimento de ánodo y un lado de compartimento de cátodo.

10 Según una segunda realización de la presente divulgación, puede proporcionarse un sistema de electrolisis de agua alcalina que puede obtener una alta pureza de gas incluso a una baja densidad de corriente y que puede suprimir un aumento de temperatura en un sistema de electrolisis incluso a una alta densidad de corriente y suprimir la degradación de una membrana, y un método del mismo.

15 Según una tercera realización de la presente divulgación, con un suministro de potencia fluctuante tal como energía fotovoltaica y energía eólica, puede suprimirse la degradación de ánodo y cátodo que puede producirse cuando se detiene la electrolisis.

Breve descripción de los dibujos

20 En los dibujos adjuntos:

la figura 1 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un ejemplo de un sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización;

25 la figura 2 es un diagrama que ilustra esquemáticamente una parte de un ejemplo del sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización;

la figura 3 es un diagrama que ilustra esquemáticamente una parte de otro ejemplo del sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización;

30 la figura 4 es un diagrama que ilustra esquemáticamente una parte de aún otro ejemplo del sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización;

35 la figura 5 es una vista lateral que ilustra completamente un ejemplo de un electrolizador del sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización;

la figura 6 es una vista en perspectiva que ilustra un compartimento de electrolisis, cabeceras y conductos de un ejemplo de un sistema de electrolisis de agua alcalina de tipo de cabecera interna según la presente realización;

40 la figura 7 es una vista en perspectiva que ilustra un compartimento de electrolisis, cabeceras y conductos de un ejemplo de un sistema de electrolisis de agua alcalina de tipo de cabecera externa según la presente realización;

la figura 8 es una vista en planta que ilustra un ejemplo de un electrolizador del sistema de electrolisis de agua alcalina de tipo de cabecera interna según la presente realización;

45 la figura 9 es una vista en planta que ilustra un ejemplo de un electrolizador del sistema de electrolisis de agua alcalina de tipo de cabecera externa según la presente realización;

50 la figura 10 es un diagrama que ilustra esquemáticamente el sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización; y

la figura 11 es un diagrama que ilustra esquemáticamente el sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

Descripción detallada

55 A continuación se proporciona una descripción detallada de una realización de la presente divulgación (denominada a continuación en el presente documento "la presente realización").

60 A continuación se proporciona una descripción de una primera realización para lograr el primer objetivo de la presente divulgación.

La figura 1 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

65 (Sistema de electrolisis de agua alcalina)

ES 2 985 127 T3

Un sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización tiene una línea de gas de hidrógeno y una línea de gas de oxígeno, cada una conectada a un electrolizador 50.

5 En el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, al menos una de la línea de gas de hidrógeno y la línea de gas de oxígeno está dotada de un medidor de concentración de gas, un manómetro de presión y una válvula de control de presión.

10 El sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización tiene además un mecanismo que ajusta automáticamente la apertura de la válvula de control de presión.

Además, en el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, el medidor de concentración de gas está dispuesto en paralelo con la válvula de control de presión, y un medidor de concentración de gas línea está dotado de un mecanismo que puede controlar la presión y/o la velocidad de flujo.

15 En el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, el medidor de concentración de gas está dispuesto en el lado aguas arriba de la válvula de control de presión.

20 En el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, el medidor de concentración de gas está dispuesto en el lado aguas abajo de la válvula de control de presión.

25 El sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización tiene, tal como se ilustra en la figura 1, un electrolizador 50, una bomba 71 de alimentación que hace circular el electrolito, depósitos 72 de separación de gas-líquido (un depósito 72h de separación de hidrógeno, un depósito 72o de separación de oxígeno) que separan el electrolito a partir de hidrógeno y/u oxígeno, y un dispositivo 73 de reposición de agua que repone agua consumida por la electrolisis.

30 Según el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina de la presente realización, puede estabilizarse el estado de presión en el lado de compartimento de ánodo y en el lado de compartimento de cátodo. Más específicamente, según el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina de la presente realización, en la electrolisis de agua en un entorno de suministro de potencia fluctuante tal como energía fotovoltaica y energía eólica, se suprime una caída de presión cuando se detiene la electrolisis, y puede suprimirse una disminución de pureza de gas debida a rotura de una membrana y permeación de gas a través de una membrana provocada por un desequilibrio de presión diferencial entre el lado de compartimento de ánodo y el lado de compartimento de cátodo.

35 En primer lugar, se describirán los componentes del sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

Electrolizador

40 El electrolizador 50 para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización no está particularmente limitado, y puede ser un tipo monopolar o un tipo bipolar. Se prefiere un electrolizador bipolar desde un punto de vista industrial.

45 El tipo bipolar es uno de los métodos de conectar un gran número de celdas a un suministro de potencia, en el que una pluralidad de elementos 60 bipolares que tienen un ánodo 2a como una superficie de los mismos y un cátodo 2c como una superficie de los mismos, están dispuestos en la misma orientación y conectados en serie, y entonces sólo ambos extremos de los mismos están conectados a un suministro de potencia.

50 Un electrolizador 50 bipolar tiene una característica de permitir una pequeña corriente de suministro de potencia y puede usarse para producir una gran cantidad de compuesto, sustancia específica o similar mediante electrolisis en poco tiempo. Dado que el equipo de suministro de potencia que tiene una corriente fija y alta tensión es menos caro y más compacto en comparación con un equipo de suministro de potencia que tiene la misma potencia, el tipo bipolar es más preferible que el tipo monopolar desde un punto de vista industrial.

55 La figura 5 es una vista lateral que ilustra completamente un ejemplo de un electrolizador del sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

60 El electrolizador 50 bipolar para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización es un electrolizador bipolar, tal como se ilustra en la figura 5, en el que una pluralidad de elementos 60 bipolares, que incluyen, cada uno, un ánodo 2a, un cátodo 2c, una pared 1 de división que separa el ánodo 2a y el cátodo 2c uno de otro y un armazón 3 externo que limita la pared 1 de división, están apilados con la membrana 4 interpuesta entre los mismos.

Elemento bipolar

65 El elemento 60 bipolar usado para el electrolizador 50 bipolar para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina

según un ejemplo incluye la pared 1 de división que separa el ánodo 2a y el cátodo 2c uno de otro y el armazón 3 externo que limita la pared 1 de división, tal como se ilustra en la figura 5. Más específicamente, la pared 1 de división es conductora y el armazón 3 externo discurre a lo largo de la periferia de la pared 1 de división tal como para limitar la pared 1 de división.

5

Obsérvese que, en la presente realización, el elemento 60 bipolar puede usarse normalmente de tal manera que una dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división es una dirección vertical. Más específicamente, tal como se ilustra en las figuras 6 a 9, cuando la pared 1 de división es rectangular en una vista en planta, el elemento 60 bipolar puede usarse de tal manera que una dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división es la misma que la dirección de uno de dos conjuntos de lados orientados uno hacia el otro (véanse las figuras 6 a 9). En el presente documento, la dirección vertical también puede denominarse sentido de paso de electrolito.

10

En la presente realización, tal como se ilustra en la figura 5, el electrolizador 50 bipolar se forma apilando un número requerido de elementos 60 bipolares.

15

En el ejemplo del electrolizador 50 bipolar ilustrado en la figura 5, un cabezal 51g rápido, una placa 51i aislante y un elemento 51a de terminal de ánodo están dispuestos en orden desde un extremo y, además, una parte 7 de junta de lado de ánodo, una membrana 4, una parte 7 de junta de lado de cátodo y un elemento 60 bipolar están dispuestos unos al lado de otros en este orden. En este caso, cada elemento 60 bipolar está dispuesto de tal manera que el cátodo 2c correspondiente está orientado hacia el lado de elemento 51a de terminal de ánodo. Los componentes desde la parte 7 de junta de lado de ánodo hasta el elemento 60 bipolar están dispuestos de manera repetida tantas veces como se requiera para la cantidad de producción deseada. Después de disponerse de manera repetida el número requerido de componentes desde la parte 7 de junta de lado de ánodo hasta el elemento 60 bipolar, se disponen de nuevo una parte 7 de junta de lado de ánodo, una membrana 4 y una parte 7 de junta de lado de cátodo unas al lado de otras y, finalmente, se disponen un elemento 51c de terminal de cátodo, una placa 51i aislante y un cabezal 51g suelto en este orden. Todos estos componentes del electrolizador 50 bipolar se aprietan entre sí con un tirante 51r (véase la figura 5) o un mecanismo de apriete de cilindro hidráulico y se unifican y, de ese modo, se forma el electrolizador 50 bipolar.

20

25

30

La disposición del electrolizador 50 bipolar puede seleccionarse desde o bien el lado de ánodo 2a o bien el lado de cátodo 2c, y no se limita al orden anterior.

35

Tal como se ilustra en la figura 5, en el electrolizador 50 bipolar, los elementos 60 bipolares están dispuestos entre el elemento 51a de terminal de ánodo y el elemento 51c de terminal de cátodo, y las membranas 4 están dispuestas entre el elemento 51a de terminal de ánodo y el elemento 60 bipolar, entre elementos 60 bipolares adyacentes entre sí, y entre el elemento 60 bipolar y el elemento 51c de terminal de cátodo, respectivamente.

40

En el electrolizador 50 bipolar según la presente realización, tal como se ilustra en las figuras 6 a 9, las paredes 1 de división, los armazones 3 externos y las membranas 4 definen compartimentos 5 de electrodos a través de los cuales pasa el electrolito.

45

En particular, en el electrolizador 50 bipolar según la presente realización, una porción entre las paredes 1 de división de dos elementos 60 bipolares adyacentes y una porción entre las paredes 1 de división de cada elemento de terminal y del elemento 60 bipolar adyacente se denominan respectivamente celda 65 electrolítica. Cada celda 65 electrolítica incluye: una pared 1 de división, un compartimento 5a de ánodo y un ánodo 2a de un elemento; una membrana 4; y un cátodo 2c, un compartimento 5c de cátodo y una pared 1 de división del otro elemento.

50

En más detalle, cada compartimento 5 de electrodo tiene una entrada 5i de electrolito para introducir electrolito en el compartimento 5 de electrodo y una salida 5o de electrolito para extraer electrolito del compartimento 5 de electrodo en el límite con el armazón 3 externo. Más específicamente, cada compartimento 5a de ánodo incluye una entrada 5ai de electrolito de ánodo para introducir electrolito en el compartimento 5a de ánodo y una salida 5ao de electrolito de ánodo para extraer electrolito del compartimento 5a de ánodo. De manera similar, cada compartimento 5c de cátodo incluye una entrada 5ci de electrolito de cátodo para introducir electrolito en el compartimento 5c de cátodo y una salida 5co de electrolito de cátodo para extraer electrolito del compartimento 5c de cátodo (véanse las figuras 6 a 9).

55

60

En el compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo según la presente realización, un distribuidor interno puede estar previsto para distribuir electrolito de manera uniforme a la superficie de electrodo en el electrolizador 50. El compartimento 5 de electrodo también puede incluir una placa de desviación que tiene una función de limitar el flujo de líquido en el electrolizador 50, e incluir además una protuberancia para generar un torbellino de Karman en el compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo para obtener una concentración y temperatura uniformes del electrolito en el electrolizador 50 y facilitar la desgasificación de gas conectado al electrodo 2 y la membrana 4.

65

Una cabecera 10, que es una tubería para distribuir o recoger electrolito, está normalmente unida al

electrolizador 50 bipolar. La cabecera 10 incluye una cabecera 10ai de entrada de ánodo a través de la cual entra electrolito en un compartimento 5a de ánodo y una cabecera 10ci de entrada de cátodo a través de la cual entra electrolito en un compartimento 5c de cátodo en una parte inferior del armazón 3 externo dispuesto en la periferia de la pared 1 de división y, de la misma manera, incluye una cabecera 10ao de salida de ánodo a través de la cual sale electrolito del compartimento 5a de ánodo y una cabecera 10co de salida de cátodo a través de la cual sale electrolito del compartimento 5c de cátodo en una parte superior del armazón 3 externo dispuesto en la periferia de la pared 1 de división.

La cabecera 10 unida al electrolizador 50 bipolar ilustrada en las figuras 6 a 9 está normalmente dispuesta como cabecera 10i interna y cabecera 10O externa. En la presente divulgación, puede adoptarse cualquier tipo sin ninguna limitación particular.

La figura 6 es una vista en perspectiva que ilustra un ejemplo de un compartimento de electrolisis, cabeceras y conductos para un sistema de electrolisis de agua alcalina de tipo de cabecera interna según la presente realización.

La figura 7 es una vista en perspectiva que ilustra un ejemplo de un compartimento de electrolisis, cabeceras y conductos para un sistema de electrolisis de agua alcalina de tipo de cabecera externa según la presente realización.

La figura 8 es una vista en planta que ilustra un ejemplo del electrolizador para el sistema de electrolisis de agua alcalina de tipo de cabecera interna según la presente realización.

La figura 9 es una vista en planta que ilustra un ejemplo del electrolizador para el sistema de electrolisis de agua alcalina de tipo de cabecera externa según la presente realización

En el ejemplo ilustrado en las figuras 6 y 8, el conducto 20, que es una tubería para recoger gas y electrolito distribuido o recogido por la cabecera 10, está conectado a la cabecera 10. En más detalle, el conducto 20 incluye una tubería de distribución de líquido que se comunica con una cabecera de entrada y una tubería de recogida de líquido que se comunica con una cabecera de salida.

En un ejemplo, la cabecera 20 incluye una tubería 20lai de distribución de líquido para ánodo en comunicación con una cabecera 10lai de entrada de ánodo y una tubería 20lci de distribución de líquido para cátodo en comunicación con una cabecera 10lci de entrada de cátodo en una parte inferior del armazón 3 externo y, de la misma manera, la cabecera 20 incluye una tubería 20lao de recogida de líquido para ánodo en comunicación con una cabecera 10lao de salida de ánodo y una tubería 20lco de recogida de líquido para cátodo en comunicación con una cabecera 10lco de salida de cátodo en una parte superior del armazón 3 externo.

Normalmente, tal como se ilustra en las figuras 6 y 8, la cabecera 10lai de entrada de ánodo, la cabecera 10lci de entrada de cátodo, la cabecera 10lao de salida de ánodo y la cabecera 10lco de salida de cátodo se proporcionan una para cada compartimento 5 de electrodo. Sin embargo, la presente realización no se limita a lo mismo, y puede proporcionarse más de una para cada compartimento 5 de electrodo.

Además, tal como se ilustra en las figuras 6 y 8, la tubería 20lai de distribución de líquido para ánodo puede comunicarse con la totalidad de la cabecera 10lai de entrada de ánodo, la tubería 20lci de distribución de líquido para cátodo puede comunicarse con la totalidad de la cabecera 10lci de entrada de cátodo, la tubería 20lao de recogida de líquido para ánodo puede comunicarse con la totalidad de la cabecera 10lao de salida de ánodo, y la tubería 20lco de recogida de líquido para cátodo puede comunicarse con la totalidad de la cabecera 10lco de salida de cátodo.

En la presente realización, la dirección de extensión de la cabecera 10 no está particularmente limitada. Sin embargo, como el ejemplo ilustrado en las figuras 6 y 8, desde el punto de vista de la facilidad de obtención de los efectos de la presente divulgación, es preferible que la cabecera de entrada (la cabecera 10lai de entrada de ánodo, la cabecera 10lci de entrada de cátodo) y la cabecera de salida (la cabecera 10lao de salida de ánodo, la cabecera 10lco de salida de cátodo) se extiendan respectivamente en paralelo a una dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división, y es más preferible que cualquiera de las cabeceras 10 se extienda en paralelo a una dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división.

Obsérvese que "extenderse en paralelo a una dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división" no significa que "se extienda estrictamente en la misma dirección que la dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división", e incluye el caso en el que "cada cabecera se extiende en la dirección inclinada dentro de un intervalo de 10° o menos, por ejemplo, con respecto a la dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división". Obsérvese que el ángulo de inclinación es preferiblemente de 5° o menos, y más preferiblemente 2° o menos.

En la presente realización, la dirección de extensión del conducto 20 no está particularmente limitada. Sin embargo, como el ejemplo ilustrado en las figuras 6 y 8, desde el punto de vista de la facilidad de obtención de

los efectos de la presente divulgación, es preferible que la tubería de distribución de líquido (la tubería 20lai de distribución de líquido para ánodo, la tubería 20lci de distribución de líquido para cátodo) y la tubería de recogida de líquido (la tubería 20lao de recogida de líquido para ánodo, la tubería 20lco de recogida de líquido para cátodo) se extiendan respectivamente en la dirección perpendicular a la pared 1 de división, y es más preferible
5 que cualquiera de los conductos 20 se extienda en la dirección perpendicular a la pared 1 de división.

Obsérvese que "extenderse en la dirección perpendicular a la pared 1 de división" en el presente documento no significa que "se extienda estrictamente en la dirección perpendicular a la pared 1 de división", e incluye el caso en el que "cada cabecera se extiende en la dirección inclinada dentro de un intervalo de 45° o menos cuando se
10 observa desde la dirección a lo largo de la pared 1 de división", por ejemplo. Obsérvese que la inclinación es preferiblemente de 30° o menos, y más preferiblemente de 15° o menos.

En el ejemplo ilustrado en las figuras 7 y 9, el conducto 20, que es una tubería que recoge gas y electrolito distribuido o recogido por la cabecera 10, está unido a la cabecera 10. En más detalle, el conducto 20 incluye
15 una tubería de distribución de líquido que se comunica con la cabecera de entrada y una tubería de recogida de líquido que se comunica con la cabecera de salida.

En un ejemplo, una tubería 20Oai de distribución de líquido para ánodo que se comunica con la cabecera 10Oai de entrada de ánodo y una tubería 20Oci de distribución de líquido para cátodo que se comunica con la cabecera 10Oci de entrada de cátodo están incluidas en una parte inferior del armazón 3 externo y, de la misma manera,
20 una tubería 20Oao de recogida de líquido para ánodo que se comunica con la cabecera 10Oao de salida de ánodo y una tubería 20Oco de recogida de líquido para cátodo que se comunica con la cabecera 10Oco de salida de cátodo están incluidas a cada lado del armazón 3 externo.

Normalmente, tal como se ilustra en las figuras 7 y 9, aunque la cabecera 10Oai de entrada de ánodo, la cabecera 10Oci de entrada de cátodo, la cabecera 10Oao de salida de ánodo y la cabecera 10Oco de salida de
25 cátodo se proporcionan una para cada compartimento 5 de electrodo, la presente realización no se limita a lo mismo, y pueden proporcionarse más de una para cada compartimento 5 de electrodo.

Además, normalmente, aunque la tubería 20Oai de distribución de líquido para ánodo, la tubería 20Oci de distribución de líquido para cátodo, la tubería 20Oao de recogida de líquido para ánodo y la tubería 20Oco de recogida de líquido para cátodo se proporcionan una para cada compartimento 5 de electrodo, la presente
30 realización no se limita a lo mismo, y cada tubería puede usarse por más compartimento 5 de electrodo.

En la presente realización, la relación de posición entre el compartimento 5 de electrodo y la cabecera 10 no está particularmente limitada y, tal como se ilustra en las figuras 7 y 9, cuando se usa el elemento 60 bipolar de tal manera que la dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división es una dirección vertical, la cabecera de
35 entrada puede estar ubicada en la parte inferior o el lado del compartimento 5 de electrodo (en el dibujo, en la parte inferior), y la cabecera de salida puede estar ubicada en la parte superior o el lado del compartimento 5 de electrodo (en el dibujo, en el lado). Además, la tubería de distribución de líquido que se comunica con la cabecera de entrada está ubicada en la parte inferior o el lado del compartimento 5 de electrodo (en el dibujo, en la parte inferior), y la tubería de recogida de líquido que se comunica con la cabecera de salida puede estar ubicada en la parte superior o el lado del compartimento 5 de electrodo (en el dibujo, en el lado).
40

45 En la presente realización, la dirección de extensión de la cabecera 10 no está particularmente limitada

En la presente realización, la dirección de extensión del conducto 20 no está particularmente limitada. Sin embargo, como ejemplo ilustrado en las figuras 7 y 9, desde el punto de vista de la facilidad de obtención de los efectos de la presente divulgación, es preferible que la tubería de distribución de líquido (la tubería 20Oai de distribución de líquido para ánodo, la tubería 20Oci de distribución de líquido para cátodo) y la tubería de recogida de líquido (la tubería 20Oao de recogida de líquido para ánodo, la tubería 20Oco de recogida de líquido para cátodo) se extiendan respectivamente en la dirección perpendicular a la pared 1 de división, y es más preferible que cualquiera de los conductos 20 se extienda en la dirección perpendicular a la pared 1 de división.
50

En el compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo según la presente realización, desde el punto de vista de la eficiencia de electrolisis de agua, es preferible que la cabecera de entrada y la cabecera de salida se proporcionen de manera remota. También es preferible que se proporcionen una frente a otra a través del centro del compartimento 5 de electrodo, y todavía es preferible que, tal como se ilustra en las figuras 6 a 9, cuando la forma de la pared 1 de división es una forma rectangular en una vista en planta, se proporcionen de tal manera que sean simétricas con respecto al centro del rectángulo.
55
60

En el ejemplo ilustrado en las figuras 6 a 9, el compartimento 5 de electrodo tiene una forma cuboide como resultado de que la pared 1 de división de forma rectangular en una vista en planta y la membrana 4 de forma rectangular en una vista en planta estén dispuestas en paralelo entre sí y como resultado de que una superficie interna en el lado de pared 1 de división del armazón 3 externo cuboide prevista en la periferia de la pared 1 de división sea perpendicular a la pared 1 de división. Sin embargo, en la presente divulgación, la forma
65

del compartimento 5 de electrodo no se limita a cuboide tal como se ilustra. Puede cambiarse de manera apropiada dependiendo de las formas de la pared 1 de división y la membrana 4 en una vista en planta, un ángulo formado por la superficie interna en el lado de pared 1 de división del armazón 3 externo y la pared 1 de división, y puede ser cualquier forma siempre que puedan obtenerse los efectos de la presente divulgación.

5 En la presente realización, la relación de posición entre el compartimento 5 de electrodo y la cabecera 10 no está particularmente limitada y, tal como se ilustra en las figuras 6 a 9, cuando se usa el elemento 60 bipolar de tal manera que la dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división es una dirección vertical, la cabecera de entrada puede estar ubicada en la parte inferior o el lado del compartimento 5 de electrodo (en el dibujo, en la parte inferior), la cabecera de salida puede estar ubicada en la parte superior o el lado del compartimento 5 de electrodo (en el dibujo, en la parte superior), la tubería de distribución de líquido que se comunica con la cabecera de entrada puede estar ubicada en la parte inferior o el lado del compartimento 5 de electrodo (en el dibujo, en la parte inferior), y la tubería de recogida de líquido que se comunica con la cabecera de salida puede estar ubicada en la parte superior o el lado del compartimento 5 de electrodo (en el dibujo, en la parte superior).

15 Obsérvese que, en el electrolizador 50 bipolar del sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, con el fin de reducir una convección en el compartimento 5 de electrolisis provocada por perturbación de gas y líquido en el compartimento 5 de electrolisis suprimiendo un aumento local de la temperatura de electrolito, una pluralidad de distribuidores 6 pueden estar dispuestos en paralelo con la dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división.

20 Es preferible que el electrolizador 50 para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización tenga de 50 a 500 elementos 60 bipolares, más preferiblemente de 70 a 300 elementos 60 bipolares, y de manera particularmente preferible de 100 a 200 elementos 60 bipolares.

25 Una reducción logarítmica mitiga la influencia de la corriente de fuga sobre la pureza de gas. Por otro lado, un aumento logarítmico hace que sea difícil distribuir electrolito a cada celda 65 electrolítica de manera uniforme. En el caso de ser menor que el límite inferior o mayor que el límite superior, será difícil obtener tanto un efecto de permitir un sistema de control eléctrico estabilizado disminuyendo la autodescarga provocada cuando se detiene el suministro de potencia como un efecto de permitir la realización de almacenamiento de potencia con alta eficiencia, más específicamente, una disminución de potencia de bomba y una reducción de corriente de fuga.

30 Cuando el número (log) del elemento 60 bipolar se aumenta excesivamente, puede hacer que la producción del electrolizador 50 sea difícil, y cuando se apilan muchos elementos 60 bipolares con mala precisión de producción, puede ser fácil que la presión de superficie de sellado no sea homogénea, lo cual provocará fuga de electrolito o gas.

35 A continuación se proporciona una descripción de detalles de los componentes del electrolizador 50 bipolar para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

40 A continuación, también se describen en detalle realizaciones preferidas para potenciar el efecto de la presente divulgación.

45 Pared de división

En la presente realización, la forma de la pared 1 de división puede ser una forma de tipo placa que tiene un grosor predeterminado, pero no está particularmente limitada.

50 La forma de la pared 1 de división en una vista en planta no está particularmente limitada, y puede ser una forma rectangular (tal como un cuadrado o un rectángulo) o una forma circular (tal como un círculo o una elipse), en la que una forma rectangular puede tener una esquina redondeada.

55 Obsérvese que la pared 1 de división puede usarse de tal manera que, normalmente, la dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división es una dirección vertical. Más específicamente, tal como se ilustra en las figuras 6 a 9, cuando la forma de la pared 1 de división en una vista en planta es rectangular, puede usarse de tal manera que la dirección dada D1 a lo largo de la pared 1 de división es la misma dirección que uno de dos conjuntos de lados opuestos entre sí. En el presente documento, la dirección vertical anteriormente mencionada también puede denominarse sentido de paso de electrolito.

60 Desde el punto de vista de lograr un suministro uniforme de potencia eléctrica, cada pared de división está preferiblemente realizada de un material que tiene conductividad, y desde el punto de vista de la resistencia a álcalis y la resistencia al calor, los materiales preferidos incluyen níquel, aleación de níquel, acero suave y aleación de níquel revestida con níquel.

65 Electrodo

En la producción de hidrógeno mediante electrolisis de agua alcalina según la presente realización, la reducción del consumo de energía, específicamente la reducción de tensión del baño, presenta un desafío significativo. Dado que la tensión del baño depende en gran medida del electrodo 2, el rendimiento del electrodo 2 es importante.

5 Además de la tensión requerida para la electrolisis de agua que se determina de manera teórica, la tensión de electrolisis para la electrolisis de agua alcalina también incluye una sobretensión de una reacción de ánodo (que genera oxígeno), una sobretensión de una reacción de cátodo (que genera hidrógeno) y una tensión que depende de la distancia entre el ánodo 2a y el cátodo 2c. Tal como se usa en el presente documento, el término "sobretensión" se refiere a una tensión que se necesita aplicar de manera excesiva más allá del potencial de descomposición teórico para provocar un determinado flujo de corriente, y su valor depende del valor de corriente. Cuando se hace fluir la misma corriente, el uso del electrodo 2 con baja sobretensión disminuirá el consumo de potencia.

15 Para proporcionar bajas propiedades de sobretensión, los requisitos para el electrodo 2 incluyen alta conductividad, alta capacidad de generación de oxígeno (o capacidad de generación de hidrógeno) y alta capacidad de humectación del electrolito en la superficie del electrodo 2.

20 También se observa que el electrodo 2 para electrolisis de agua alcalina que tiene bajas propiedades de sobretensión es menos sensible, incluso en el caso de usar una fuente de corriente inestable tal como energía renovable, a la corrosión del sustrato y la capa de catalizador del electrodo 2, desprendimiento de la capa de catalizador, disolución en el electrolito y adhesión de inclusiones a la membrana 4.

25 El electrodo 2 de la presente realización es preferiblemente un cuerpo poroso desde los puntos de vista de usar un área de superficie más grande para la electrolisis y retirar el gas generado mediante electrolisis de manera eficiente a partir de la superficie del electrodo 2. En particular, en el caso de un electrolizador de hueco nulo, es necesario retirar el gas desprendido a partir del lado trasero de una superficie en contacto con la membrana 4, y es preferible que la superficie en contacto con la membrana del electrodo 2 y la superficie opuesta penetren una en otra.

30 Los ejemplos del cuerpo poroso incluyen malla de ligamento tafetán, metal de punzonado, metal expandido, espuma de metal y similares.

35 Puede usarse un sustrato en sí mismo como electrodo 2 según la presente realización, o, alternativamente, puede usarse un electrodo que tiene una capa de catalizador con alta actividad de reacción en la superficie de un sustrato. Sin embargo, es preferible usar un electrodo que tiene una capa de catalizador con alta actividad de reacción en la superficie de a sustrato.

40 Aunque el material del sustrato no está particularmente limitado, se prefiere acero suave, acero inoxidable, níquel y aleaciones a base de níquel en cuanto a resistencia frente al entorno de funcionamiento.

45 La capa de catalizador del ánodo 2a tiene preferiblemente una alta capacidad de producción de oxígeno. Puede usarse níquel, cobalto, hierro, un elemento del grupo de platino o similar para la capa de catalizador del ánodo. Con el fin de lograr la actividad y durabilidad deseadas, la capa de catalizador puede formarse usando cualquiera de estos ejemplos en forma de una simple sustancia de metal, un compuesto tal como un óxido, un óxido complejo o aleación de una pluralidad de elementos de metal, o una mezcla de los mismos. Los ejemplos específicos incluyen revestimiento de níquel, revestimiento de aleación de níquel y cobalto, níquel y hierro, y similares, óxidos complejos incluyendo níquel y/o cobalto tales como LaNiO_3 , LaCoO_3 y NiCo_2O_4 , compuestos de elementos del grupo de platino tales como óxido de iridio, materiales de carbono tales como grafeno, y similares. Pueden estar contenidas sustancias orgánicas tales como polímeros con el fin de mejorar la durabilidad y adhesión al sustrato.

55 La capa de catalizador del cátodo 2c tiene preferiblemente una alta capacidad de producción de hidrógeno y durabilidad. Puede usarse níquel, cobalto, hierro, un elemento del grupo de platino o similar para la capa de catalizador del cátodo 2c. Con el fin de lograr la actividad y durabilidad deseadas, la capa de catalizador puede formarse usando una sustancia simple de metal tal como paladio, iridio, platino, oro, rutenio, rodio, cerio, níquel, cobalto, tungsteno, hierro, molibdeno, plata, cobre, circonio, titanio, hafnio y lantanoides, un compuesto tal como un óxido, un óxido complejo o aleación de una pluralidad de elementos de metal, o una mezcla de los mismos y materiales de carbono tales como grafeno, y similares.

60 Una capa de catalizador excesivamente gruesa puede aumentar la resistencia eléctrica y aumentar la sobretensión, mientras que una capa de catalizador excesivamente delgada puede conducir a deterioro del electrodo 2 y aumento de la sobretensión debido a disolución o desprendimiento del catalizador resultante de una electrolisis prolongada o parada de la electrolisis.

65 Por estos motivos, es preferible un grosor de capa de catalizador de no menos de 0,2 μm y no más de 1.000 μm ,

y es más preferible un grosor de capa de catalizador de no menos de 0,5 µm y no más de 300 µm.

El grosor de una capa de catalizador puede medirse, por ejemplo, observando una sección transversal del electrodo 2 usando un microscopio electrónico.

5 Los ejemplos de métodos mediante los cuales puede formarse la capa de catalizador sobre el sustrato incluyen: un método de pulverización térmica tal como revestimiento o pulverización de plasma; un método de descomposición térmica incluyendo aplicar de una disolución de capa de precursor sobre el sustrato y posteriormente realizar el calentamiento de la misma; un método que incluye mezclar una sustancia catalizadora con un componente aglutinante e inmovilizarlo sobre un sustrato; y un método de formación de película a vacío tal como pulverización.

Armazón externo

15 Aunque la forma del armazón 3 externo según la presente realización no está particularmente limitada siempre que pueda limitar la pared 1 de división correspondiente, el armazón 3 externo puede tener una forma que incluye una superficie interna que se extiende a lo largo de una extensión de la pared 1 de división en una dirección perpendicular al plano de la pared 1 de división.

20 La forma del armazón 3 externo no está particularmente limitada y puede determinarse de manera apropiada dependiendo de la forma de la pared 1 de división en una vista en planta.

El material del armazón 3 externo es preferiblemente un material que tiene conductividad. Desde los puntos de vista de resistencia a álcalis y resistencia al calor, se prefieren níquel, aleación de níquel, acero suave y aleación de níquel revestida con níquel.

25

Membrana

30 Se usa una membrana 4 permeable a los iones en el electrolizador 50 bipolar para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización con el fin de poder separar el gas de hidrógeno y gas de oxígeno producidos uno de otro al tiempo que todavía se conducen iones. Esta membrana 4 permeable a los iones puede ser una membrana de intercambio iónico que tiene capacidad de intercambio iónico o una membrana porosa a través de la cual puede penetrar electrolito. La membrana 4 permeable a los iones tiene preferiblemente una baja permeabilidad al gas, alta conductividad iónica, baja conductividad de electrones y alta resistencia.

35

Membrana porosa

40 La membrana porosa tiene una pluralidad de orificios pasantes finos y tiene una estructura que permite que el electrolito pase a través de la membrana 4. El control de la estructura porosa, tal como tamaño de poro, porosidad e hidrofilia, es muy importante dado que el electrolito penetra al interior de la membrana porosa para desarrollar la conducción iónica. Por otro lado, se requiere que la membrana porosa evite que no sólo el electrolito sino también el gas generado pasen a través, es decir, que tenga propiedades de barrera frente a gases. Desde este punto de vista, el control de la estructura porosa también es importante.

45 La membrana porosa tiene una pluralidad de orificios pasantes finos y puede ser, por ejemplo, una membrana porosa polimérica, una membrana porosa inorgánica, un material textil tejido o un material textil no tejido. Pueden prepararse con técnicas conocidas.

50 Los ejemplos de métodos mediante los cuales puede producirse una membrana porosa polimérica incluyen un método de inversión de fases (método de separación de microfases), un método de extracción, un método de estiramiento y un método de estiramiento de gel húmedo. El método de inversión de fases (método de separación de microfases) es un método en el que se usa una disolución obtenida disolviendo un material polimérico en un buen disolvente para preparar una película y después se induce porosidad sometiendo la película a separación de fases en un mal disolvente (método de separación de fases inducida por no disolvente).

55 El método de extracción es un método en el que se amasa un polvo inorgánico, tal como carbonato de calcio, con un material polimérico, se prepara una película y después se disuelve el polvo inorgánico y se extrae para inducir porosidad. El método de estiramiento es un método en el que una película de un material polimérico que tiene una determinada estructura cristalina se estira en determinadas condiciones para abrir poros en la película. El método de estiramiento de gel húmedo es un método en el que se hace que un material polimérico se hinche usando un disolvente orgánico, tal como parafina líquida, y se usa para formar una lámina de tipo gel, se estira la lámina en determinadas condiciones y después se extrae y se retira el disolvente orgánico.

60

Los ejemplos de métodos mediante los cuales puede producirse una membrana porosa inorgánica incluyen un método de sinterización. En el método de sinterización, se cuece un producto conformado obtenido mediante prensado o extrusión y se unifica en un estado quedando poros en el mismo.

65

Los ejemplos de métodos mediante los cuales puede producirse un material textil no tejido incluyen un método de hilado y un método de electrohilado. El método de hilado es un método en el que filamentos hilados a partir de gránulos fundidos se unen mediante laminado en caliente y de ese modo se unifican en forma de una lámina. El método de electrohilado es un método en el que se realiza pulverización mientras se aplica una alta tensión entre una jeringa que contiene polímero fundido y un colector para acumular fibras alargadas de manera delgada sobre el colector.

La membrana porosa contiene preferiblemente un material polimérico y partículas inorgánicas hidrófilas. La presencia de partículas inorgánicas hidrófilas confiere hidrofilia sobre la membrana porosa.

Material polimérico

Los ejemplos de materiales poliméricos que pueden usarse incluyen polisulfona, polietersulfona, polifenilsulfona, poli(fluoruro de vinilideno), policarbonato, copolímero de tetrafluoroetileno-perfluoroalquil vinil éter, copolímero de tetrafluoroetileno-etileno, poli(fluoruro de vinilideno), politetrafluoroetileno, polímero de ácido perfluorosulfónico, polímero de ácido perfluorocarboxílico, polietileno, polipropileno, poli(sulfuro de fenileno), poli(p-fenilenbenzobisoxazol), policetona, poliimida y polieterimida. De estos materiales poliméricos, son más preferibles polisulfona, polietersulfona, polifenilsulfona, poli(sulfuro de fenileno) y politetrafluoroetileno, y es más preferible polisulfona. Puede usarse de manera individual uno de estos materiales poliméricos o pueden usarse juntos dos o más de estos materiales poliméricos.

Usando polisulfona, polietersulfona o polifenilsulfona como material polimérico, puede mejorarse adicionalmente la resistencia a alta temperatura y disolución de álcali de alta concentración.

Además, la membrana 4 puede prepararse de manera más sencilla adoptando un método tal como separación de fases inducida por no disolvente. Particularmente, en un caso en el que se usa polisulfona, el diámetro de poro puede controlarse de manera más exacta.

Puede someterse polisulfona, polietersulfona o polifenilsulfona a tratamiento de reticulación. El peso molecular promedio en peso de polisulfona, polietersulfona o polifenilsulfona que se ha sometido a tratamiento de reticulación, en cuanto a peso molecular promedio en peso equivalente a poliestireno convencional, es preferiblemente de no menos de 40.000 y no más de 150.000. El método de tratamiento de reticulación no está particularmente limitado y puede reticularse mediante irradiación con radiación tal como un haz de electrones o rayos γ , reticulación térmica usando un agente de reticulación, o similares. Obsérvese que el peso molecular promedio en peso equivalente a poliestireno convencional puede medirse mediante GPC.

Partículas inorgánicas hidrófilas

Es preferible que la membrana porosa contenga partículas inorgánicas hidrófilas para desarrollar una alta permeabilidad iónica y altas propiedades de barrera frente a gases. Las partículas inorgánicas hidrófilas pueden estar unidas a la superficie de la membrana porosa o una parte de las mismas pueden estar enterradas en el material polimérico que constituye la membrana porosa. Cuando las partículas inorgánicas hidrófilas están contenidas en huecos en la membrana porosa, son difíciles de separar de la membrana porosa y, como resultado, puede mantenerse el rendimiento de la membrana porosa durante un tiempo prolongado.

Los ejemplos de partículas inorgánicas hidrófilas incluyen al menos un material inorgánico seleccionado de un grupo que consiste, por ejemplo, en: óxido o hidróxido de circonio, bismuto y cerio; óxido de elementos del grupo IV en la tabla periódica; nitruro de elementos del grupo IV en la tabla periódica y carburo de elementos del grupo IV en la tabla periódica. De estos, en cuanto a estabilidad química, son más preferibles óxido de circonio, bismuto y cerio y óxido de elementos del grupo IV en la tabla periódica, es más preferible óxido de circonio, bismuto y cerio, y es todavía más preferible óxido de circonio.

Soporte poroso

Cuando se usa una membrana porosa como membrana 4, la membrana porosa puede usarse con un soporte poroso. Es preferible que la membrana porosa incluya un soporte poroso. Es más preferible que la membrana porosa esté apilada sobre ambas superficies del soporte poroso, o puede apilarse una membrana porosa sobre ambas superficies del soporte poroso de una manera simétrica.

Puede incluirse un soporte poroso para mejorar adicionalmente la resistencia de la membrana 4. Por ejemplo, puede evitarse que la membrana 4 se corte, se rasgue o se estire debido a esfuerzo mecánico. En una estructura en la que una membrana porosa está apilada sobre ambas superficies del soporte poroso, aunque se generen daños u orificios (punteados o similares) en una superficie del soporte poroso, pueden garantizarse las propiedades de barrera frente a gases mediante una membrana porosa apilada sobre el otro soporte poroso. En una estructura en la que hay membranas porosas apiladas en ambas superficies del soporte poroso de una manera simétrica, puede evitarse eficazmente la ondulación de la membrana, y se mejora adicionalmente la

facilidad de manipulación durante el transporte o la instalación de una membrana.

Los materiales del soporte poroso no están particularmente limitados, y pueden ser preferiblemente un material que no reduce sustancialmente la permeabilidad iónica del electrolito en la membrana 4. Los materiales del soporte poroso no están particularmente limitados, y los ejemplos incluyen, por ejemplo, poli(sulfuro de fenileno), polietileno, polipropileno, una resina que contiene flúor, p-fenilbenzobisoxazol, policetona, poliimida y polieterimida. De estos, puede estar contenido preferiblemente poli(sulfuro de fenileno). Cuando se usa poli(sulfuro de fenileno), se muestra una excelente durabilidad frente a alta temperatura y disoluciones alcalinas altamente concentradas, y también se muestra una excelente estabilidad química frente a oxígeno activo generado a partir del ánodo 2a durante la electrolisis de agua. Además, por facilidad de procesamiento para dar una variedad de formas tales como un material textil tejido, un material textil no ejido o similares, puede ajustarse de manera apropiada según el propósito o el entorno de funcionamiento. Puede usarse de manera individual uno de estos materiales o pueden usarse juntos dos o más de estos materiales.

15 Membrana de intercambio iónico

Los ejemplos de membranas de intercambio iónico que pueden usarse incluyen membranas de intercambio catiónico que permiten la permeación selectiva de cationes y membranas de intercambio aniónico que permiten la permeación selectiva de aniones. Puede usarse cualquier tipo de membrana de intercambio iónico.

Pueden usarse materiales conocidos como material de la membrana de intercambio iónico sin ninguna limitación particular. Por ejemplo, puede usarse de manera adecuada una resina que contiene flúor o una resina modificada de un copolímero de poliestireno-divinilbenceno. En particular, es preferible una membrana de intercambio iónico que contiene flúor debido a ser excelente en cuanto a la resistencia al calor, resistencia química y similares.

Estructura de hueco nulo

En el elemento 60 bipolar de cada celda de hueco nulo, es preferible adoptar una configuración en la que un resorte está dispuesto entre un electrodo 2 y la pared 1 de división correspondiente y en la que el electrodo 2 está soportado por el resorte como medio de reducción de la distancia entre electrodos. Por ejemplo, en un primer ejemplo, un resorte realizado de un material conductor puede estar unido a la pared 1 de división, y el electrodo 2 puede estar unido al resorte. En un segundo ejemplo, un resorte puede estar unido a nervaduras 6 de electrodo que están unidas a la pared 1 de división, y el electrodo 2 puede estar unido al resorte. En el caso de adoptar una configuración de este tipo usando un cuerpo elástico, es necesario ajustar de manera apropiada la resistencia del resorte, el número de resortes, la forma y similares, según sea necesario, para no introducir ausencia de uniformidad en la presión del electrodo 2 contra la membrana 4.

Además, reforzando la rigidez del otro electrodo 2 emparejado con el electrodo 2 soportado a través del cuerpo elástico, el otro electrodo 2 está estructurado para tener poca deformación aunque se presione. Por otro lado, proporcionando el electrodo 2 soportado mediante el cuerpo elástico con una estructura flexible que puede deformarse cuando se presiona contra la membrana 4, pueden absorberse irregularidades debidas a tolerancia de precisión de fabricación de la celda 65 electrolítica, deformación de electrodo y similares, y puede mantenerse una estructura de hueco nulo.

Más específicamente, puede adoptarse una estructura de al menos tres capas en la que un colector 2r de corriente está unido a las puntas 6 de distribuidores (nervaduras 6), un cuerpo 2e elástico conductor está unido a un lado de superficie superior del colector 2r de corriente (es decir, en un lado opuesto al lado de la pared 1 de división), y un electrodo 2 está apilado en un lado de superficie superior del mismo (es decir, en una parte que es adyacente al cuerpo 2e elástico conductor y pasa a ser el lado de la membrana 4). El cuerpo elástico está compuesto por el colector 2r de corriente y el cuerpo 2e elástico conductor.

En el electrolizador 50 bipolar para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, se proporcionan un cuerpo 2e elástico conductor y un colector 2r de corriente entre el cátodo 2c o el ánodo 2a y la pared 1 de división de tal manera que el cuerpo 2e elástico conductor está interpuesto entre el cátodo 2c o el ánodo 2a y el colector 2r de corriente.

Colector de corriente

El colector 2r de corriente transmite electricidad al cuerpo 2e elástico conductor y/o al electrodo 2 apilados sobre el mismo, soporta las cargas recibidas a partir de los mismos y tiene una función de permitir que gas producido a partir del electrodo 2 pase al lado de la pared 1 de división sin impedimentos. Por consiguiente, el colector 2r de corriente está preferiblemente en forma de un metal expandido, una placa porosa perforada o similar. En este caso, la fracción abierta del colector 2r de corriente está preferiblemente dentro de un intervalo que permite que gas de hidrógeno generado a partir del electrodo 2 escape al lado de la pared 1 de división sin impedimentos. Sin embargo, si la fracción abierta es demasiado alta, pueden surgir problemas tales como resistencia reducida del

colector 2r de corriente y conductividad inferior al cuerpo 2e elástico conductor, y si la fracción abierta es demasiado baja, esto puede afectar adversamente al escape de gas.

5 Puede usarse níquel, aleación de níquel, acero inoxidable, acero suave y similares como material del colector 2r de corriente desde los puntos de vista de conductividad y resistencia a álcalis, pero, desde el punto de vista de resistencia a la corrosión, se prefieren níquel y acero suave, acero inoxidable y aleación de níquel revestida con níquel. Un colector 2r de corriente tal como se describió anteriormente puede fijarse a las nervaduras 6 por medios tales como soldadura puntual y soldadura por láser.

10 Cuerpo elástico conductor

15 El cuerpo 2e elástico conductor se proporciona entre un colector 2r de corriente y un electrodo 2 y está en contacto con el colector 2r de corriente y el electrodo 2. Los requisitos esenciales del mismo son que el cuerpo 2e elástico conductor transmita electricidad al electrodo 2 y no dificulte la difusión de gas producido a partir del electrodo 2. Esto se debe a que, si se dificulta la difusión de gas, aumenta la resistencia eléctrica y disminuye el área del electrodo 2 usada para electrolisis, dando como resultado una eficiencia de electrolisis inferior. La función más importante del cuerpo 2e elástico conductor es poner la membrana 4 y el electrodo 2 en estrecho contacto entre sí aplicando de manera uniforme una presión apropiada al electrodo 2 para no dañar la membrana 4.

20 Los ejemplos de métodos preferibles de fijación del electrodo 2 para obtener una estructura de hueco nulo Z incluyen soldadura puntual con el cuerpo 2e elástico conductor, fijación con pasadores realizados de metal o plástico, y presión de prensado mediante elasticidad del cuerpo 2e elástico conductor.

25 Además, la forma del otro electrodo 2 emparejado con el electrodo 2 soportado a través del cuerpo elástico es importante, y la forma deseable del mismo es una forma plana.

30 En general, preferiblemente el grosor del electrodo 2 es de aproximadamente 0,7 mm a 3 mm. Si el electrodo es demasiado delgado, el electrodo 2 puede deformarse por la diferencia de presión entre el compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo o mediante presión de prensado, y esto puede conducir, por ejemplo, a una depresión de una parte de extremo del electrodo 2, ensanchamiento de la distancia entre electrodos, y aumento de la tensión.

35 Compartimento de electrodo

En el electrolizador 50 bipolar según la presente realización, las paredes 1 de división, los armazones 3 externos y las membranas 4 definen compartimentos 5 de electrodos a través de los cuales pasa electrolito tal como se ilustra en las figuras 6 a 9.

40 En la presente realización, una cabecera 10 del electrolizador bipolar puede estar dispuesta como tipo de cabecera 10I interna o tipo de cabecera 10O externa. En el ejemplo ilustrado, los propios espacios ocupados por el ánodo 2a y el cátodo 2c pueden ser espacios dentro del compartimento 5 de electrodo, por ejemplo. Además, particularmente, cuando se proporciona una caja de separación de gas-líquido, el espacio ocupado por la caja de separación de gas-líquido también puede ser el espacio dentro del compartimento 5 de electrodo.

45 Distribuidor

50 En el electrolizador 50 bipolar para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, es preferible que los distribuidores 6 (un distribuidor 6a de ánodo, un distribuidor 6c de cátodo) estén unidos a la pared 1 de división, y los distribuidores 6 estén físicamente conectados a los electrodos 2. Con esta estructura, los distribuidores 6 sirven como soportes para los electrodos 2, haciendo que sea más fácil mantener la estructura de hueco nulo Z.

55 Para cada uno de los distribuidores 6, un electrodo 2 puede estar dispuesto sobre los mismos, o un colector 2r de corriente, un cuerpo 2e elástico conductor y un electrodo 2 pueden estar dispuestos sobre los mismos en este orden.

60 En el ejemplo anteriormente descrito del electrolizador 50 bipolar para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina, se adopta una estructura en la que el distribuidor 6, el colector 2r de corriente, el cuerpo 2e elástico conductor y el electrodo 2 están apilados en este orden en el compartimento 5c de cátodo, mientras que se adopta una estructura en la que el distribuidor 6 y el electrodo 2 están apilados en este orden en el compartimento 5a de ánodo.

65 Obsérvese que, aunque se adopta una estructura de "distribuidores 6, el colector 2r de corriente, el cuerpo 2e elástico conductor y el electrodo 2" en el compartimento 5c de cátodo y se adopta una estructura de "distribuidores 6 y el electrodo 2" en el compartimento 5a de ánodo en el ejemplo anteriormente descrito del

electrolizador 50 bipolar para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina, esto no es una limitación en la presente divulgación y también puede adoptarse la estructura de “distribuidores 6, el colector 2r de corriente, el cuerpo 2e elástico conductor y el electrodo 2” en el compartimento 5a de ánodo.

5 Los distribuidores 6 (distribuidores 6a de ánodo, distribuidores 6c de cátodo) tienen preferiblemente una función de transmitir corriente desde la pared 1 de división hasta el ánodo 2a o cátodo 2c además de una función de soportar el ánodo 2a o cátodo 2c.

10 En el electrolizador 50 bipolar para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, es preferible que al menos parte de los distribuidores 6 sean conductores, y es más preferible que todos los distribuidores 6 sean conductores. Esta configuración puede inhibir un aumento de tensión de celda debido a desviación de electrodo.

15 Normalmente se usa un metal conductor como material de distribuidores 6. Por ejemplo, puede usarse acero suave revestido con níquel, acero inoxidable, níquel o similares.

La longitud de cada distribuidor 6 (un distribuidor 6a de ánodo, un distribuidor 6c de cátodo) puede determinarse de manera apropiada basándose en el tamaño de la pared 1 de división.

20 La altura de cada distribuidor 6 puede determinarse de manera apropiada basándose en la distancia desde la pared 1 de división hasta cada brida, el grosor de la junta 7, el grosor de cada electrodo 2 (un ánodo 2a, un cátodo 2c) y la distancia entre el ánodo 2a y el cátodo 2c.

25 Además, aunque el grosor de cada distribuidor 6 puede ser de 0,5 mm a 5 mm, o de 1 mm a 2 mm, lo cual es fácil de usar, teniendo en cuenta el coste, productividad, resistencia o similares, no hay ninguna limitación particular.

30 Aunque cada electrodo 2 y el colector 2r de corriente se fijan normalmente al distribuidor 6 mediante soldadura puntual, puede usarse otra soldadura tal como soldadura por láser o similar. Además, pueden atarse al distribuidor 6 para fijarse estrechamente al mismo usando un elemento tal como cable o cuerda. Al igual que con el ánodo 2a o el cátodo 2c, cada distribuidor 6 está fijado a la pared 1 de división mediante soldadura puntual, soldadura por láser o similar.

35 Junta

En el electrolizador 50 bipolar para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, es preferible que, entre los armazones 3 externos que limitan las paredes 1 de división, esté intercalada una junta 7 junto con la membrana 4.

40 La junta 7 se usa para proporcionar un sello contra electrolito y gas producido entre cada uno de los elementos 60 bipolares y la membrana 4 y entre los elementos 60 bipolares, y puede evitar la fuga de electrolito y gas producido al exterior del electrolizador y el mezclado de gas entre los compartimentos de electrodos.

45 La junta 7 está generalmente configurada con una forma cuadrangular o anular obtenida vaciando la superficie de electrodo de conformidad con la superficie del elemento en contacto con el cuerpo de armazón. Una membrana 4 puede apilarse entre elementos intercalando la membrana 4 con dos juntas 7 de este tipo. Además, también es preferible que la junta 7 comprenda una parte de hendidura que pueda albergar la membrana 4 para poder sujetar la membrana 4, y la junta 7 está dotada de una abertura que permite exponer la membrana 1 albergada en ambas superficies de la junta 7. De esta manera, la junta 7 puede albergar la parte de borde de la membrana 4 en la parte de hendidura y cubrir la cara de extremo de la parte de borde de la membrana 4. Esta configuración puede prevenir de manera más fiable las fugas del electrolito o gas a partir de la cara de extremo de la membrana 4.

55 Es preferible proporcionar una parte sobresaliente que sobresale desde una cualquiera de las superficies de la junta 7. Con una parte sobresaliente de este tipo, la parte sobresaliente se empuja localmente durante el apilamiento, y la membrana 4 albergada en la hendidura en la posición correspondiente a la parte sobresaliente se empuja por la junta 7. Por tanto, la junta 7 puede sujetar la membrana 4 más firmemente y prevenir fugas de electrolito y gas más fácilmente.

60 El material de la junta 7 no está particularmente limitado y puede seleccionarse un material de caucho conocido, material de resina o similar que tiene propiedades de aislamiento.

65 Los ejemplos específicos de tales materiales de caucho y resina incluyen: materiales de caucho tales como caucho natural (NR), caucho de estireno-butadieno (SBR), caucho de cloropreno (CR), caucho de butadieno (BR), caucho de acrilonitrilo-butadieno (NBR), caucho de silicona (SR), caucho de etileno-propileno (EPT), caucho de etileno-propileno-dieno (EPDM), caucho de fluoro (FR), caucho de isobutileno-isopreno (IIR), caucho

de uretano (UR) y caucho de polietileno clorosulfonado (CSM); materiales de resina de fluoro tales como politetrafluoroetileno (PTFE), copolímero de tetrafluoroetileno/perfluoroalquil vinil éter (PFA), copolímero de tetrafluoroetileno-etileno (ETFE), copolímero de clorotrifluoroetileno-etileno (ECTFE); y materiales de resina tales como poli(sulfuro de fenileno) (PPS), polietileno, poliimida y poliacetil. De estos, caucho de etileno-propileno-

5

dieno (EPDM) y caucho de fluoro (FR) son particularmente preferibles desde el punto de vista del módulo elástico y la resistencia a álcalis.

Puede incorporarse un material de refuerzo en la junta 7. Esto puede inhibir el aplastamiento de la junta 7 al presionar cuando se intercala entre armazones durante el apilamiento y hace que sea más fácil prevenir el daño de la junta 7.

10

Un material de metal conocido, material de resina, material de carbono o similar puede usarse como material de refuerzo de este tipo. Los ejemplos específicos incluyen metales tales como níquel y acero inoxidable, resinas tales como nailon, polipropileno, PVDF, PTFE y PPS, y materiales de carbono tales como partículas de carbono y fibra de carbono.

15

Los ejemplos de forma preferida del material de refuerzo incluyen material textil tejido, material textil no tejido, fibra corta, membrana porosa o similares. Puede proporcionarse una capa de protección sobre la superficie de la junta 7. Esto mejora la adhesión entre la junta 7 y el elemento y resistencia a álcalis de la junta 7. El material de la capa de protección puede elegirse de los materiales de la junta 7.

20

Puede usarse un adhesivo en la unión de la junta 7 a un elemento 60 bipolar. Puede aplicarse un adhesivo a una superficie de la junta 7 y después unirse al armazón 3 externo en un lado del elemento. Obsérvese que es preferible que, después de secar el adhesivo, se aplique agua sobre la superficie de electrodo del elemento 60 bipolar para humedecer el electrodo 2. En el caso de una junta 7 que incluye una hendidura para albergar el borde de la membrana 4 con el fin de poder sujetar la membrana 4, la junta 7 puede unirse en un estado en el que la membrana 4 está sujeta por la misma, o puede unirse y posteriormente usarse para sujetar la membrana 4.

25

30 Cabecera

El electrolizador 50 bipolar para el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina tiene un compartimento 5c de cátodo y un compartimento 5a de ánodo para cada celda 65 electrolítica. Con el fin de llevar a cabo una reacción de electrolisis de manera continua en el electrolizador 50, es necesario suministrar de manera continua un electrolito que contiene una cantidad suficiente de material que va a consumirse por electrolisis al interior del compartimento 5c de cátodo y el compartimento 5a de ánodo de cada celda 65 electrolítica.

35

La celda 65 electrolítica está conectada a un sistema de tuberías de suministro/descarga de electrolito, denominado cabecera 10, compartido por una pluralidad de celdas 65 electrolíticas. En general, la tubería de distribución de ánodo se denomina cabecera 10ai de entrada de ánodo, la tubería de distribución de cátodo se denomina cabecera 10ci de entrada de cátodo, la tubería de recogida de ánodo se denomina cabecera 10ao de salida de ánodo, y la tubería de recogida de cátodo se denomina cabecera 10co de salida de cátodo. Cada celda 65 electrolítica está conectada a cada tubería de distribución de electrolito y cada tubería de recogida de electrolito a través de un manguito o similar.

45

Aunque el material de la cabecera 10 no está particularmente limitado, es necesario adoptar un material que pueda resistir de manera suficiente las propiedades corrosivas del electrolito que va a usarse, condiciones de funcionamiento tales como presión y temperatura, y similares. El material de la cabecera 10 puede ser hierro, níquel, cobalto, PTFE, ETFE, PFA, poli(cloruro de vinilo), polietileno o similares.

50

En la presente realización, el alcance de cada compartimento 5 de electrodo varía dependiendo de la estructura detallada del armazón 3 externo dispuesto en la periferia de la pared 1 de división, y la estructura detallada del armazón 3 externo varía dependiendo de la forma de disposición de la cabecera 10 (tubería para distribución o recogida de electrolito) unida al armazón 3 externo. Ejemplos representativos de formas de disposición de la cabecera 10 de un electrolizador 50 bipolar son un tipo de cabecera 10i interna y un tipo de cabecera 10O externa.

55

Cabecera interna

La cabecera 10i interna es un tipo en el que un electrolizador 50 bipolar y una cabecera 10 (una tubería para distribución o recogida de electrolito) están unificados.

60

Más específicamente, en un electrolizador 50 bipolar de tipo de cabecera 10i interna, una cabecera 10ai de entrada de ánodo y una cabecera 10ci de entrada de cátodo están dispuestas en una parte inferior dentro de la pared 1 de división y/o el armazón 3 externo y se extienden en una dirección perpendicular a la pared 1 de división, mientras que una cabecera 10ao de salida de ánodo y una cabecera 10co de salida de cátodo están

65

dispuestas en una parte superior dentro de la pared 1 de división y/o el armazón 3 externo y se extienden en una dirección perpendicular a la pared 1 de división.

5 La cabecera 10lai de entrada de ánodo, la cabecera 10lci de entrada de cátodo, la cabecera 10lao de salida de ánodo y la cabecera 10lco de salida de cátodo que están incluidas dentro del electrolizador 50 bipolar de tipo de cabecera interna se denominan de manera colectiva cabecera 10l interna.

10 En un ejemplo del tipo de cabecera 10l interna, la cabecera 10lai de entrada de ánodo y la cabecera 10lci de entrada de cátodo están incluidas en parte de una parte inferior del armazón 3 externo dispuesto en la periferia de la pared 1 de división y, de manera similar, la cabecera 10lao de salida de ánodo y la cabecera 10lco de salida de cátodo están incluidas en parte de una parte superior del armazón 3 externo dispuesto en la periferia de la pared 1 de división.

15 Cabecera externa

La cabecera 10O externa es un tipo en el que un electrolizador 50 bipolar y una cabecera 10 (una tubería para distribución o recogida de electrolito) están separados.

20 En el caso de un electrolizador 50 bipolar de tipo de cabecera 10O externa, la cabecera 10Oai de entrada de ánodo y la cabecera 10Oci de entrada de cátodo se proporcionan por separado de una manera tal como para discurrir a lo largo del electrolizador 50 en una dirección perpendicular a la superficie que porta la corriente de la celda 65 electrolítica. La cabecera 10Oai de entrada de ánodo y la cabecera 10Oci de entrada de cátodo están conectadas a cada celda 65 electrolítica mediante un manguito.

25 La cabecera 10Oai de entrada de ánodo, la cabecera 10Oci de entrada de cátodo, la cabecera 10Oao de salida de ánodo y la cabecera 10Oco de salida de cátodo que están conectadas de manera externa al electrolizador 50 bipolar de tipo de cabecera 10O externa se denominan colectivamente cabecera 10O externa.

30 En el ejemplo de un tipo de cabecera 10O externa, se proporcionan elementos de tipo luz en orificios pasantes para la cabecera 10 en una parte inferior del armazón 3 externo dispuesto en la periferia de la pared 1 de división, y estos elementos de tipo luz están conectados a la cabecera 10ai de entrada de ánodo y la cabecera 10ci de entrada de cátodo. Asimismo, se proporcionan elementos de tipo luz (por ejemplo, un manguito o un tubo) en orificios pasantes para la cabecera 10 en una parte superior del armazón 3 externo dispuesto en la periferia de la pared 1 de división, y estos elementos de tipo luz están conectados a la cabecera 10ao de salida de ánodo y la cabecera 10co de salida de cátodo.

40 El electrolizador 50 bipolar de tipo de cabecera 10l interna o de tipo de cabecera 10O externa puede incluir una caja de separación de gas-líquido para separar electrolito a partir de gas generado mediante electrolisis dentro del electrolizador bipolar. La posición de instalación de la caja de separación de gas-líquido no está particularmente limitada, y la caja de separación de gas-líquido puede instalarse entre el compartimento 5a de ánodo y la cabecera 10ao de salida de ánodo, o entre el compartimento 5c de cátodo y la cabecera 10co de salida de cátodo.

45 La superficie de la caja de separación de gas-líquido puede estar recubierta con un material de recubrimiento que puede resistir de manera suficiente las propiedades corrosivas del electrolito y condiciones de funcionamiento tales como presión y temperatura. Puede adoptarse un material eléctricamente aislante como material de recubrimiento con el objetivo de aumentar la resistencia eléctrica de un circuito de corriente de fuga dentro del electrolizador. Por ejemplo, puede adoptarse EPDM, PTFE, ETFE, PFA, poli(cloruro de vinilo), polietileno o similares como material de recubrimiento.

50 Sistema de electrolisis de agua alcalina

La figura 1 ilustra esquemáticamente un ejemplo del sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

55 El sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización incluye, por ejemplo, un electrolizador 50, una bomba 71 de alimentación que hace circular electrolito, un depósito 72 de separación de gas-líquido (un depósito 72h de separación de hidrógeno, un depósito 72o de separación de oxígeno) que separa electrolito a partir de hidrógeno y/u oxígeno y un dispositivo 73 de reposición de agua que repone agua consumida por la electrolisis, tal como se ilustra en la figura 1.

60 Según el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina de la presente realización, se reduce la autodescarga provocada cuando se detiene el suministro de potencia durante el funcionamiento con el suministro de potencia fluctuante usando energía renovable o similar, y puede obtenerse un sistema de control eléctrico estabilizado.

65 El sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización incluye un electrolizador 50 que tiene

un compartimento 5 de electrodo, y un controlador 91 que controla la velocidad de flujo de circulación de electrolito dependiendo de la densidad de corriente aplicada al compartimento 5 de electrodo.

5 Es preferible que el controlador 91 sea uno de los seleccionados de inversores unidos a la tubería 20i (20ai, 20ci) de distribución de líquido que distribuye electrolito al compartimento 5 de electrodo. Además de lo anteriormente mencionado, el controlador 91 puede ser un dispositivo de control que controla el encendido/apagado de la bomba.

10 En la presente realización, es preferible que la velocidad de flujo de circulación disminuya a medida que disminuye la densidad de corriente. Además, es preferible que la velocidad de flujo de circulación aumente a medida que aumenta la densidad de corriente. Esto permite la prevención de la disminución de pureza de gas y el aumento excesivo de la temperatura de funcionamiento, y el sistema de electrolisis de agua puede hacerse funcionar de manera estable con un suministro de potencia fluctuante tal como energía renovable.

15 La razón de la velocidad de flujo de circulación con respecto a la densidad de corriente es preferiblemente de $1 \times 10^6 \text{ m}^5/\text{C}$ a $1 \times 10^9 \text{ m}^5/\text{C}$.

20 Es preferible que el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina incluya además un detector que detecta la parada de suministro de potencia y un controlador que detiene automáticamente una bomba de alimentación. Con el detector y el controlador, puede reducirse eficazmente una disminución de pureza de gas incluso con un suministro de potencia fluctuante tal como energía renovable sin manipulación artificial.

25 Es preferible que el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina incluya un electrolizador que tiene un compartimento de cátodo y un depósito de hidrógeno que está conectado al compartimento de cátodo a través de una tubería de introducción de hidrógeno en el lado aguas arriba en el sentido de paso de electrolito y almacena gas de hidrógeno que va a introducirse en el compartimento de cátodo.

30 Como ejemplo ilustrado en la figura 1, el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización tiene una línea 100h de gas de hidrógeno conectada al electrolizador 50 para comunicarse con un depósito 72h de separación de hidrógeno y una línea 100o de gas de oxígeno conectada al electrolizador 50 para comunicarse con un depósito 72o de separación de oxígeno.

35 En el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según un ejemplo, tal como se ilustra en la figura 1, medidores de concentración de gas (un medidor O_2 de concentración de oxígeno (medidor de concentración de hidrógeno en gas de oxígeno), un medidor H_2 de concentración de hidrógeno (medidor de concentración de oxígeno en gas de hidrógeno)), un manómetro PI de presión, termómetros TI, una válvula PV1 de control de presión prevista en serie con la línea 100h de gas de hidrógeno, una válvula PV2 de control de presión prevista en serie con la línea 100o de gas de oxígeno y válvulas 80 a 87 de control de presión (válvulas) están dispuestos en al menos una de la línea 100h de gas de hidrógeno y la línea 100o de gas de oxígeno.

40 Según un ejemplo de la figura 1, se proporciona una línea que discurre desde el depósito 72o de separación de oxígeno hasta un recipiente 92 estanco a través de un separador 90 de niebla conectado en serie con respecto a la línea y la válvula PV2 de control de presión. En este ejemplo, también se proporciona una derivación, que discurre desde el depósito 72o de separación de oxígeno hasta el recipiente 92 estanco a través del medidor O_2 de concentración de oxígeno (medidor de concentración de hidrógeno en gas de oxígeno) conectado en paralelo con la línea. Tal como se ilustra en la figura 1, la línea anteriormente mencionada y la derivación están conectadas mediante un enfriador 91 de gas.

45 De manera similar, en el ejemplo ilustrado en la figura 1, se proporciona una línea que discurre desde el depósito 72h de separación de hidrógeno hasta un recipiente 92 estanco a través de un separador 90 de niebla conectado en serie con respecto a la línea y la válvula PV1 de control de presión. En este ejemplo, también se proporciona una derivación, que discurre desde el depósito 72h de separación de hidrógeno hasta el recipiente 92 estanco a través del medidor H_2 de concentración de hidrógeno (medidor de concentración de oxígeno en gas de hidrógeno) conectado en paralelo con la línea. Además, tal como se ilustra en la figura 1, la línea y la derivación anteriormente mencionadas están conectadas mediante un enfriador 91 de gas.

50 El sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización puede tener además un mecanismo (no ilustrado) que ajusta la apertura de las válvulas 80 a 87 de control de presión. Con esta configuración, una presión diferencial entre la línea 100h de gas de hidrógeno y la línea 100o de gas de oxígeno puede mantenerse constante de manera más precisa.

55 En el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según un ejemplo ilustrado en la figura 1, el medidor de concentración de gas está dispuesto en paralelo con la válvula de control de presión, lo cual permite la medición de la concentración de gas usando una diferencia de presión entre el lado aguas arriba y el lado aguas abajo del medidor de concentración y, por tanto, el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina tiene una ventaja de que ya no se necesita una bomba usada para un medidor de concentración de gas.

Además, en el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según un ejemplo ilustrado en la figura 1, el medidor O₂l de concentración de oxígeno (medidor de concentración de hidrógeno en gas de oxígeno) está dispuesto en paralelo con la válvula PV2 de control de presión que se proporciona en serie con respecto a la línea 100o de gas de oxígeno, y la línea de medidor O₂l de concentración de oxígeno está dotada de un mecanismo (no ilustrado) que puede controlar la presión y/o la velocidad de flujo.

En el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según un ejemplo, el medidor H₂l de concentración de hidrógeno (medidor de concentración de oxígeno en gas de hidrógeno) está dispuesto en paralelo con la válvula PV1 de control de presión prevista en serie con la línea 100h de gas de hidrógeno, y la línea del medidor H₂l de concentración de hidrógeno está dotado de un mecanismo (no ilustrado) que puede controlar la presión y/o la velocidad de flujo.

El mecanismo anteriormente mencionado que puede controlar la velocidad de flujo, o similar, de la línea de medidor de concentración de gas puede hacerse funcionar manualmente o hacerse funcionar automáticamente.

La figura 2 ilustra esquemáticamente una parte de un ejemplo del sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización. Obsérvese que la figura 2 ilustra únicamente el lado de la línea 100o de gas de oxígeno del sistema.

A continuación, a los elementos similares a los del sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según un ejemplo ilustrado en la figura 1 se les asignan los mismos números de referencia y se omite una explicación de los mismos.

En el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina ilustrado en la figura 2, el medidor de concentración de gas (en particular, el medidor O₂l de concentración de oxígeno en la figura 2) está dispuesto en paralelo con la válvula de control de presión (en particular la válvula PV2 de control de presión en la figura 2). Más específicamente, en el medidor O₂l de concentración de oxígeno, el lado de admisión está dispuesto entre el depósito 72o de separación de oxígeno y la válvula PV2 de control de presión, y el lado de descarga está dispuesto entre la válvula PV2 de control de presión y el recipiente 92 estanco.

Este caso tiene una ventaja de que ya no se necesita una bomba usada para el medidor de concentración de gas anteriormente mencionado.

La figura 3 ilustra esquemáticamente una parte de otro ejemplo del sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización. Obsérvese que la figura 3 ilustra únicamente el lado de la línea 100o de gas de oxígeno del sistema.

A continuación, a los elementos similares a los del sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según un ejemplo ilustrado en la figura 1 se les asignan los mismos números de referencia y se omite una explicación de los mismos.

En el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina ilustrado en la figura 3, el medidor de concentración de gas (en particular el medidor O₂l de concentración de oxígeno en la figura 3) está dispuesto en el lado aguas arriba de la válvula de control de presión (en particular la válvula PV2 de control de presión en la figura 2). Más específicamente, el medidor O₂l de concentración de oxígeno está dispuesto entre el depósito 72o de separación de oxígeno y la válvula PV2 de control de presión. En el caso de este ejemplo, es preferible que se haga fluir gas hasta el medidor O₂l de concentración de oxígeno usando una bomba o similar.

En el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según otro ejemplo ilustrado en la figura 3, un medidor de concentración de gas está dispuesto entre el electrolizador 50 y la válvula de control de presión, lo cual permite la medición de la concentración en todo momento y la prevención de una caída de presión.

La figura 4 ilustra esquemáticamente una parte de aún otro ejemplo del sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización. Obsérvese que la figura 4 ilustra únicamente el lado de la línea 100o de gas de oxígeno del sistema.

A continuación, a los elementos similares a los del sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según un ejemplo ilustrado en la figura 1 se les asignan los mismos números de referencia y se omite una explicación de los mismos.

En el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina ilustrado en la figura 4, el medidor de concentración de gas (en particular el medidor O₂l de concentración de oxígeno en la figura 4) está dispuesto en el lado aguas abajo de la válvula de control de presión (en particular la válvula PV2 de control de presión en la figura 4). Más específicamente, el medidor O₂l de concentración de oxígeno está dispuesto entre la válvula PV2 de control de presión y el recipiente 92 estanco. En el caso de este ejemplo, es preferible que se haga fluir gas hasta el

medidor O₂ de concentración de oxígeno usando una bomba o similar.

A continuación, se describirán componentes del sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

5 Bomba de alimentación

La bomba 71 de alimentación usada en la presente realización no está particularmente limitada y puede determinarse de manera apropiada.

10 - Depósito de separación de gas-líquido -

15 El depósito 72 de separación de gas-líquido usado en la presente realización incluye un depósito 72h de separación de hidrógeno que separa el electrolito a partir del gas de hidrógeno y un depósito 72o de separación de oxígeno que separa el electrolito a partir del gas de oxígeno.

El depósito 72h de separación de hidrógeno está conectado al compartimento 5c de cátodo y el depósito 72o de separación de oxígeno está conectado al compartimento 5a de ánodo para su uso.

20 El depósito 72 de separación de gas-líquido para el sistema de electrolisis de agua alcalina incluye dos depósitos tales como un depósito 72o de separación de oxígeno usado para un compartimento 5a de ánodo y un depósito 72h de separación de hidrógeno usado para un compartimento 5c de cátodo.

25 El depósito 72 de separación de gas-líquido para el compartimento 5a de ánodo separa el gas de oxígeno generado en el compartimento 5a de ánodo a partir del electrolito, y el depósito 72 de separación de gas-líquido para el compartimento 5c de cátodo separa el gas de hidrógeno generado en el compartimento 5c de cátodo a partir del electrolito.

30 La mezcla del electrolito y el gas generado que se descargan a partir de la celda 65 electrolítica se hace fluir al interior del depósito 72 de separación de gas-líquido. Si la separación de gas a partir de líquido no se realiza de manera apropiada, cuando se mezclan electrolito del compartimento 5c de cátodo y electrolito del compartimento 5a de ánodo, se mezclan gas de oxígeno y gas de hidrógeno y, como resultado, se reduce la pureza de gas. En el peor de los casos, existe un riesgo de formación de gas explosivo.

35 El gas y el electrolito que se hacen fluir al interior del depósito 72 de separación de gas-líquido se separan para dar la fase gaseosa en la capa superior del depósito y la fase líquida en la capa inferior del depósito. El grado de separación de gas/líquido se determina basándose en el flujo de electrolito en el depósito 72 de separación de gas-líquido, la velocidad de flotación de burbujas en el gas generado y el tiempo de retención en el depósito 72 de separación de gas-líquido.

40 El electrolito después de separarse el gas a partir del mismo fluye hacia fuera de la salida en la porción inferior del depósito y fluye de nuevo al interior de la celda 65 electrolítica. Por tanto, se forma una trayectoria de circulación. Dado que el gas de oxígeno y de hidrógeno descargados a partir del orificio de descarga en la porción superior del depósito incluyen niebla alcalina, es preferible que un dispositivo tal como un separador de niebla y un enfriador que puede licuar la niebla en exceso y devolverla al depósito 72 de separación de gas-líquido esté unido aguas abajo del orificio de descarga.

50 El depósito 72 de separación de gas-líquido puede estar dotado de un indicador de nivel de líquido para ver el nivel de líquido del electrolito almacenado en el mismo.

Además, es preferible que el depósito 72 de separación de gas-líquido incluya una válvula de descarga de presión, que permite una reducción de seguridad de la presión cuando la presión supera la presión establecida incluso en el caso en el que la presión aumenta debido al gas generado durante la electrolisis.

55 Es preferible que el orificio de flujo de entrada al depósito 72 de separación de gas-líquido esté ubicado por encima de la cara de electrolito para mejorar el rendimiento de separación de gas/líquido. Sin embargo, esto no es restrictivo.

60 Es preferible que el nivel de electrolito en el depósito 72 de separación de gas-líquido esté ubicado por encima de la superficie superior del electrolizador para no reducir el nivel de líquido en el electrolizador cuando se detiene la circulación. Sin embargo, esto no es restrictivo.

65 Es preferible que una válvula de cierre esté unida entre la celda 65 electrolítica y el depósito 72 de separación de gas-líquido. Sin embargo, esto no es restrictivo.

Dispositivo de reposición de agua

ES 2 985 127 T3

El dispositivo 73 de reposición de agua usado para la presente realización no está particularmente limitado, y puede determinarse de manera de manera apropiada.

- 5 Puede usarse agua limpia como agua. Sin embargo, teniendo en cuenta el funcionamiento a largo plazo, es preferible usar agua sometida a intercambio iónico, agua RO, agua ultrapura o similar.

Otros

- 10 El sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización puede incluir un rectificador 74, un medidor 75 de concentración de oxígeno, un medidor 76 de concentración de hidrógeno, un medidor 77 de flujo, un manómetro 78 de presión, un intercambiador de calor y una válvula 80 de control de presión además del electrolizador 50, el depósito 72 de separación de gas-líquido y el dispositivo 73 de reposición de agua.

- 15 El sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización puede incluir preferiblemente un detector que detecta la parada del suministro de potencia y un controlador que detiene automáticamente una bomba de alimentación. Con el detector y el controlador, puede reducirse eficazmente una influencia de autodescarga con un suministro de potencia fluctuante tal como energía renovable sin manipulación artificial.

- 20 Método de electrolisis de agua alcalina

El método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización puede llevarse a cabo usando el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

- 25 En el método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, la válvula de control de presión puede controlarse de tal manera que se cierra completamente cuando se detiene la electrolisis.

Con este método, puede evitarse una fuga de presión cuando se detiene la electrolisis, una disminución de la presión de gas debido a una disminución de la temperatura de electrolito, y un aumento de la presión diferencial entre el lado de compartimento de ánodo y el lado de compartimento de cátodo, y, como resultado, puede suprimirse una disminución de pureza de gas.

- 30 Obsérvese que "cuando se detiene la electrolisis" se refiere al punto de tiempo en el que la corriente que pasa se vuelve 0 (cero), y durante 30 segundos después de ese punto de tiempo, preferiblemente 10 segundos después de ese punto de tiempo.

- 35 En la presente realización, una diferencia de presión entre la línea de gas de hidrógeno y la línea de gas de oxígeno cuando se detiene la electrolisis puede ajustarse obteniendo datos de presión a partir del manómetro de presión de la línea de gas de hidrógeno y el manómetro de presión de la línea de gas de oxígeno y controlando la válvula de control de presión basándose en tales datos de presión.

- 40 La diferencia de presión entre la línea de gas de hidrógeno y la línea de gas de oxígeno (presión en el lado de compartimento de cátodo - presión en el lado de compartimento de ánodo) cuando se detiene la electrolisis puede ser preferiblemente de -10 a 10 kPa, y más preferiblemente de -5 a 5 kPa.

- 45 A continuación, se describirán condiciones preferibles para el método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

- 50 El electrolito usado para la presente realización puede ser disolución acuosa alcalina en la que se disuelve sal alcalina, y ejemplos de la cual incluyen disolución acuosa de NaOH, disolución acuosa de KOH o similares.

La concentración de sal alcalina puede ser preferiblemente del 20 % en peso al 50 % en peso, y más preferiblemente del 25 % en peso al 40 % en peso.

- 55 En la presente realización, una disolución acuosa de KOH del 25 % en peso al 40 % en peso es particularmente preferible en cuanto a conductividad iónica, viscosidad cinética y congelación en temperaturas frías.

En el método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, es preferible que la temperatura de electrolito en la celda 65 electrolítica sea de 80 °C a 130 °C.

- 60 Con el intervalo de temperatura anteriormente mencionado, puede evitarse eficazmente que los elementos del dispositivo 70 de electrolisis tales como la junta 7 y la membrana 4 se deterioren mientras se mantiene una alta eficiencia de electrolisis.

- 65 La temperatura del electrolito puede ser de manera adicionalmente preferible de 85 °C a 125 °C, y de manera particularmente preferible desde 90 °C hasta 115 °C.

En el método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, la densidad de corriente aplicada a la celda 65 electrolítica puede ser preferiblemente de $0,05 \text{ kA/m}^2$ a 20 kA/m^2 , de manera adicionalmente preferible de 4 kA/m^2 a 20 kA/m^2 , y de manera particularmente preferible de 6 kA/m^2 a 15 kA/m^2 .

5 En particular, cuando se usa el suministro de potencia fluctuante, es preferible que el límite superior de la densidad de corriente sea el intervalo anteriormente mencionado.

10 En el método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, la presión en la celda 65 electrolítica puede ser preferiblemente de 3 kPa a 1.000 kPa, y de manera adicionalmente preferible de 3 kPa a 300 kPa.

15 En la presente realización, el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina configurado tal como se ilustra en la figura 1, por ejemplo, puede producirse usando los componentes anteriormente mencionados del sistema 70 de electrolisis de agua alcalina. Sin embargo, esto no es restrictivo.

20 Además, en la presente realización, es preferible que el flujo de electrolito en el manguito de salida se detenga deteniendo la bomba 71 de alimentación cuando se detiene el suministro de potencia al electrolizador 50. Cuando se detiene el flujo del electrolito en el manguito de salida, el electrolito fluye hacia fuera a la cabecera de salida debido a su propio peso, y se forma una capa de gas aislante en el manguito de salida, que aumenta infinitamente la resistencia de líquido del manguito de salida, y no fluye casi ninguna corriente de fuga al interior del manguito de salida. Como resultado, puede reducirse una influencia de autodescarga.

25 En el método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, el efecto anteriormente mencionado puede percibirse cuando se usa un suministro de potencia fluctuante tal como energía fotovoltaica y energía eólica.

Método de producción de hidrógeno

30 El método de producción de hidrógeno según la presente realización incluye realizar la electrolisis de agua que contiene álcali mediante un electrolizador para producir hidrógeno, y puede llevarse a cabo usando el sistema de electrolisis de agua según la presente realización y el método del mismo.

35 En la presente realización, el sistema puede tener una línea de gas de hidrógeno y una línea de gas de oxígeno, cada una conectada al electrolizador.

Además, en el sistema, puede proporcionarse un medidor de concentración de gas, un manómetro de presión y una válvula de control de presión en al menos una de la línea de gas de hidrógeno y la línea de gas de oxígeno.

40 En la presente realización, una diferencia de presión entre la línea de gas de hidrógeno y la línea de gas de oxígeno durante una parada de electrolisis puede ajustarse obteniendo datos de presión a partir del manómetro de presión de la línea de gas de hidrógeno y el manómetro de presión de la línea de gas de oxígeno y controlando la válvula de control de presión basándose en tales datos de presión.

45 Detalles del sistema de electrolisis de agua y el método de electrolisis de agua según la presente realización son tal como se describieron anteriormente.

A continuación se proporciona una descripción de una segunda realización para lograr el segundo objetivo de la presente divulgación.

50 La segunda realización puede combinarse con la primera realización anteriormente mencionada o la tercera realización descrita a continuación de una manera apropiada.

La figura 10 ilustra esquemáticamente el sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

55 Sistema de electrolisis de agua alcalina

60 El sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización incluye un electrolizador 50 que tiene un compartimento 5 de electrodo y un controlador 91 que controla la velocidad de flujo de circulación del electrolito dependiendo de la densidad de corriente aplicada al compartimento 5 de electrodo.

El sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización incluye además una tubería 90 de unión conectada a un depósito 72h de separación de hidrógeno que separa el electrolito a partir del gas de hidrógeno y un depósito 72o de separación de oxígeno que separa el electrolito a partir del gas de oxígeno.

65 El controlador 91 puede seleccionarse preferiblemente al menos de una válvula de control automática (no ilustrada) unida a tuberías 20i (20ai, 20ci) de distribución de líquido que distribuyen electrolito al compartimento 5

de electrodo y un inversor (no ilustrado) unido a la bomba de alimentación que hace circular el electrolito.

Además, es preferible que el electrolizador 50 y la cabecera 10, que es una tubería que distribuye y recoge el electrolito, estén unificados, la cabecera 10 se proporciona en la parte inferior de la pared 1 de división del electrolizador 50 y/o el armazón 3 externo del electrolizador 50, y se proporciona de tal manera que se extiende en la dirección perpendicular a la pared 1 de división.

Además, es preferible que la membrana 4 que separa el compartimento 5a de ánodo con respecto al compartimento 5c de cátodo en el compartimento 5 de electrodo pueda contener polisulfona.

El sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización tiene un electrolizador 50, una bomba 71 de alimentación que hace circular el electrolito, depósitos 72 de separación de gas-líquido (un depósito 72h de separación de hidrógeno, un depósito 72o de separación de oxígeno) que separan electrolito a partir de hidrógeno y/u oxígeno, y un dispositivo 73 de reposición de agua que repone agua consumida por la electrolisis, tal como se ilustra en la figura 10, por ejemplo.

Método de electrolisis de agua alcalina

El método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización puede llevarse a cabo usando el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

En el método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, la velocidad de flujo de circulación de electrolito se controla dependiendo de la densidad de corriente aplicada al compartimento 5 de electrodo y, en este caso, el electrolito descargado a partir del depósito 72h de separación de hidrógeno y el electrolito descargado a partir del depósito 72o de separación de oxígeno se mezclan en la tubería 90 de unión y se introducen en el compartimento 5 de electrodo.

En la presente realización, es preferible que la velocidad de flujo de circulación disminuya a medida que disminuye la densidad de corriente. Además, es preferible que la velocidad de flujo de circulación aumente a medida que aumenta la densidad de corriente.

La razón de velocidad de flujo de circulación con respecto a la densidad de corriente es preferiblemente de $1 \times 10^6 \text{ m}^5/\text{C}$ a $1 \times 10^9 \text{ m}^5/\text{C}$.

Además, en la presente realización, es preferible que el flujo de electrolito en el manguito de salida se detenga deteniendo la bomba 71 de alimentación cuando se detiene el suministro de potencia al electrolizador 50. Cuando se detiene el flujo del electrolito en el manguito de salida, el electrolito fluye hacia fuera a la cabecera de salida debido a su propio peso, y se forma una capa de gas aislante en el manguito de salida, lo cual aumenta infinitamente la resistencia de líquido del manguito de salida, y no fluye casi ninguna corriente de fuga al interior del manguito de salida. Como resultado, puede reducirse una influencia de una autodescarga.

En el método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, el efecto anteriormente mencionado puede percibirse cuando se usa un suministro de potencia fluctuante tal como energía fotovoltaica y energía eólica.

A continuación se proporciona una descripción de una tercera realización para lograr el tercer objetivo de la presente divulgación. La tercera realización puede combinarse con la primera realización o la segunda realización anteriormente mencionadas de una manera apropiada.

La figura 11 ilustra esquemáticamente el sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

Sistema de electrolisis de agua alcalina

Un primer aspecto del sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización incluye un electrolizador 50 que tiene un compartimento 5c de cátodo; y un depósito 81h' de hidrógeno que está conectado, mediante la tubería 84h de introducción de hidrógeno, al compartimento 5c de cátodo en el lado aguas arriba en el sentido de paso de electrolito D1 y almacena gas de hidrógeno que va a introducirse en el compartimento 5c de cátodo.

En el primer aspecto, es preferible que el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina incluya además una tubería (20Oci) de distribución de líquido que distribuye electrolito al compartimento 5c de cátodo, y la tubería (20Oci) de distribución de líquido sirve como tubería 84h de introducción de hidrógeno.

También es preferible que el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina incluya además un depósito 81h de hidrógeno que está conectado, mediante la tubería 85h de extracción de hidrógeno, al compartimento 5c de cátodo en el lado aguas abajo en el sentido de paso de electrolito D1 y almacena gas de hidrógeno generado en

el compartimento 5c de cátodo, y el depósito 81h de hidrógeno sirve como depósito 81h' de hidrógeno que almacena gas de hidrógeno que va a introducirse en el compartimento 5c de cátodo.

5 En este contexto, es preferible que la tubería 84h de introducción de hidrógeno tenga una válvula de control (no ilustrada).

10 En un segundo aspecto, el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización incluye un electrolizador que tiene un compartimento 5a de ánodo y un depósito 81o' de oxígeno que está conectado, mediante la tubería 84o de introducción de oxígeno, al compartimento 5a de ánodo en el lado aguas arriba en el sentido de paso de electrolito D1 y almacena gas de oxígeno que va a introducirse en el compartimento 5a de ánodo.

15 En el segundo aspecto, es preferible que el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina incluya además una tubería (20Oai) de distribución de líquido que distribuye electrolito al compartimento 5a de ánodo, y la tubería (20Oai) de distribución de líquido sirve como tubería 84o de introducción de oxígeno.

20 También es preferible que el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina incluya además un depósito 81o de oxígeno que está conectado, mediante la tubería 85o de extracción de oxígeno, al compartimento 5a de ánodo en el lado aguas abajo en el sentido de paso de electrolito D1 y almacena gas de oxígeno generado en el compartimento 5a de ánodo, y el depósito 81o de oxígeno sirve como depósito 81o' de oxígeno que almacena gas de oxígeno que va a introducirse en el compartimento 5a de ánodo.

25 En este contexto, es preferible que la tubería 84o de introducción de oxígeno tenga una válvula de control (no ilustrada).

En la presente realización, tal como se ilustra en la figura 11, es preferible que el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina tenga tanto el primer aspecto como el segundo aspecto anteriormente mencionados juntos.

30 El sistema de electrolisis de agua alcalina según la presente realización incluye, por ejemplo, un electrolizador 50, una bomba 71 de alimentación que hace circular electrolito, un depósito 72 de separación de gas-líquido que separa electrolito a partir de hidrógeno y/u oxígeno y un dispositivo 73 de reposición de agua que repone agua consumida por la electrolisis, tal como se ilustra en la figura 11.

35 Método de electrolisis de agua alcalina

El método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización puede llevarse a cabo usando el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización.

40 En el primer aspecto del método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, usando el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, se introduce gas de hidrógeno en el compartimento 5c de cátodo a través de la tubería 84h de introducción de hidrógeno cuando se detiene la electrolisis.

45 Además, en el primer aspecto, es preferible que se detecte automáticamente una disminución de la corriente cuando se detiene la electrolisis, y se inicie la introducción de gas de hidrógeno después de la disminución de la corriente. Para la detección automática, puede usarse un sensor de corriente sin contacto tal como un tipo de elemento de Hall o una resistencia en derivación.

50 Además, en el primer aspecto, puede introducirse gas de hidrógeno preferiblemente a una tasa de 0,000001 a 1 m³/m²/hora, más preferiblemente introducirse a una tasa de 0,0001 a 0,5 m³/m²/hora.

55 En el segundo aspecto del método de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, usando el sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización, se introduce gas de oxígeno en el compartimento 5a de ánodo a través de la tubería 84o de introducción de oxígeno cuando se detiene la electrolisis.

60 Además, en el segundo aspecto, es preferible que se detecte automáticamente una disminución de la corriente cuando se detiene la electrolisis, y se inicie la introducción de gas de oxígeno después de la disminución de corriente. Para la detección automática, puede usarse un sensor de corriente sin contacto tal como un sensor de elemento de Hall o una resistencia en derivación.

Además, en el segundo aspecto, puede introducirse gas de oxígeno preferiblemente a una tasa de 0,000001 a 1 m³/m²/hora, más preferiblemente introducirse a una tasa de 0,0001 a 0,5 m³/m²/hora.

65 El sistema 70 de electrolisis de agua alcalina según la presente realización puede tener tanto el primer aspecto como el segundo aspecto anteriormente mencionados juntos.

El sistema de electrolisis de agua, el método de electrolisis de agua y el método de producción de hidrógeno según la realización de la presente divulgación se han descrito anteriormente con referencia a los dibujos adjuntos.

5

Ejemplos

A continuación se describe la presente divulgación en más detalle mediante ejemplos.

10 A continuación se describirán el ejemplo A y el ejemplo comparativo A.

Se produjeron un elemento bipolar y un dispositivo de electrolisis para electrolisis de agua alcalina usando el elemento bipolar tal como se describe a continuación.

15 Pared de división, armazón externo

Se usó como elemento bipolar un elemento que incluía una pared de división que dividía un ánodo y un cátodo y un armazón externo que limitaba la pared de división. Todos estos elementos en contacto con electrolito, tales como la pared de división y el armazón del elemento bipolar, estaban realizados de níquel.

20

Ánodo

Se usó un sustrato de metal expandido de níquel que se había sometido a granallado por adelantado, y se pulverizó el producto granulado de óxido de níquel sobre ambos lados de un sustrato conductor mediante pulverización de plasma para producir un ánodo.

25

Cátodo

Se usó como sustrato conductor un sustrato de malla de ligamento tafetán obtenido tricotando alambres finos de níquel que tenían un diámetro de 0,15 mm con una abertura de malla de 420 μm (40 de malla) y que soportaba platino sobre el mismo.

30

Membrana

Se cargaron óxido de circonio (nombre de producto: óxido de circonio EP; producido por Daiichi Kigenso Kagaku Kogyo Co., Ltd.) y N-metil-2-pirrolidona (producida por Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) en un recipiente de molino de bolas que contenía bolas SUS (acero inoxidable) de 0,5 mm de diámetro. Se agitaron estos materiales juntos a una velocidad de rotación de 70 rpm durante tres horas y se dispersaron para obtener una mezcla. Se filtró la mezcla resultante a través de una malla de acero inoxidable (recuento de malla: 595 μm (30 de malla)) para separar las bolas de la mezcla. Se añadieron polisulfona (Udel® (Udel es una marca registrada en Japón, en otros países o ambos) producida por Solvay Advanced Polymers) y polivinilpirrolidona (producida por Wako Pure Chemical Industries, Ltd.; peso molecular promedio en peso (Mw): 900.000) a la mezcla de la que se habían separado las bolas, y se agitaron con las mismas durante 12 horas usando un motor de tres-uno para provocar la disolución y obtener un líquido de recubrimiento que tenía la siguiente composición.

35

40

45

Polisulfona: 15 partes en masa

Polivinilpirrolidona: 6 partes en masa

50

N-Metil-2-pirrolidona: 70 partes en masa

Óxido de circonio: 45 partes en masa

Se aplicó el líquido de recubrimiento a ambos lados de una malla de poli(sulfuro de fenileno) (producida por Clever Co., Ltd.; grosor: 280 μm ; abertura de malla: 358 μm ; diámetro de fibra: 150 μm) que sirve como sustrato usando un dispositivo de recubrimiento de tipo coma para obtener un grosor de recubrimiento de 150 μm en cada lado. Inmediatamente después del recubrimiento, se expuso el sustrato recubierto con el líquido de recubrimiento a vapor a partir de un baño de coagulación que contenía una mezcla de agua pura/isopropanol (producida por Wako Pure Chemical Industries, Ltd.; agua pura/isopropanol = 50/50 (v/v)) a 30 °C. Inmediatamente después de eso, se sumergió el sustrato recubierto con el líquido de recubrimiento en el baño de coagulación. Se formó una película de recubrimiento sobre la superficie del sustrato mediante coagulación de polisulfona. Después de eso, se aclaró exhaustivamente la película de recubrimiento con agua pura para obtener una membrana porosa. Esta membrana porosa se denominó membrana A.

55

60

65

Se ajustó el cátodo A a un cuadrado de 50 cm (50 cm por 50 cm) mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de cátodo A.

Se ajustó el ánodo A a un cuadrado de 50 cm (50 cm por 50 cm) mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de ánodo A.

- 5 Se ajustó la membrana A a un cuadrado de 52 cm (52 cm por 52 cm) mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de membrana A.

Estructura de hueco nulo

- 10 Se apilaron elementos bipolares a través de una junta que sujeta una membrana para ensamblar un electrolizador bipolar, y se prensaron la muestra de cátodo A y la muestra de ánodo A desde ambos lados de la membrana de modo que entran en contacto entre sí para formar una estructura de hueco nulo.

- 15 Sólo se usó la muestra de ánodo A en el lado de ánodo, y se usó la muestra de cátodo A compuesta por una combinación de "cátodo/cuerpo elástico conductor/colector" en el lado de cátodo.

Se usó la muestra de ánodo anteriormente mencionada. Como colector, se usó un sustrato de metal expandido de níquel que se había sometido a granallado por adelantado. El sustrato tenía un grosor de 1 mm y una fracción abierta del 54 %.

- 20 Electrolizador bipolar, elemento bipolar

- 25 Se usaron nueve elementos bipolares. Tal como se ilustra en la figura 5, en un lado de extremo, se dispusieron un cabezal rápido, una placa aislante y una unidad de terminal de ánodo y, además de lo mismo, se dispusieron nueve conjuntos de una parte de junta de lado de ánodo, una membrana, una parte de junta de lado de cátodo y un elemento bipolar dispuestos en este orden. Además, se dispusieron una parte de junta de lado de ánodo, una membrana y una parte de junta de lado de cátodo. En el otro lado de extremo, se dispusieron una unidad de terminal de cátodo, una placa aislante y un cabezal suelto. Después de eso, se apilaron tanto desde el lado de cabezal rápido como desde el lado de cabezal suelto con una presión de superficie de sello de junta de 30 2.450 kN/m² para ensamblar un electrolizador bipolar.

En el ejemplo A, el compartimento de cátodo y el compartimento de ánodo tenían 10 compartimentos, respectivamente, que constituían una conexión en serie de 10 pares.

- 35 Junta

La junta estaba realizada de caucho de EPDM y tenía una resistencia a la tracción a una deformación del 100 % de 4,0 MPa y un grosor de 4,0 mm.

- 40 Cabecera, conducto

Se adoptó un elemento 60 bipolar de tipo de cabecera 10I interna.

- 45 Tal como se ilustra en las figuras 6 y 8, las cabeceras 10 (la cabecera 10Iai de entrada de ánodo, la cabecera 10Ici de entrada de cátodo, la cabecera 10Iao de salida de ánodo y la cabecera 10Ico de salida de cátodo) estaban dispuestas, cada una, para estar en paralelo con los dos lados de la pared 1 de división del elemento 60 bipolar (dispuestas para extenderse en ortogonal al lado superior y al lado inferior de la pared 1 de división).

- 50 Además, tal como se ilustra en las figuras 6 y 8, todos los conductos 20 (la tubería 20Iai de distribución de líquido para ánodo, la tubería 20Ici de distribución de líquido para cátodo, la tubería 20Iao de recogida de líquido para ánodo y la tubería 20Ico de recogida de líquido para cátodo) estaban dispuestos de tal manera que se extendían en la dirección vertical con respecto a la pared 1 de división del elemento 60 bipolar.

- 55 De esta manera, se produjo el electrolizador de tipo de cabecera 10I interna.

- 60 Se hizo fluir el electrolito hasta el compartimento 5c de cátodo a través de la cabecera 10Ici de entrada de cátodo, y desde el compartimento 5c de cátodo a través de la cabecera 10Ico de salida de cátodo. Además, se hizo fluir el electrolito hasta el compartimento 5a de ánodo a través de la cabecera 10Iai de entrada de ánodo, y desde el compartimento 5a de ánodo a través de la cabecera 10Ico de salida de ánodo.

- 65 Tal como se ilustra en la figura 5, la entrada 5ci de electrolito de cátodo está conectada a un extremo en el lado inferior del armazón 3 externo que tiene una forma rectangular en una vista en planta, y la salida 5co de electrolito de cátodo está conectada a la parte superior del lado que es continuo con el otro extremo en el lado inferior del armazón 3 externo que tiene una forma rectangular en una vista en planta. La entrada 5ci de electrolito de cátodo y la salida 5co de electrolito de cátodo estaban dispuestas, en el compartimento 5 de electrolisis que tiene una forma rectangular en una vista en planta, de tal manera que están una frente a otra a

ES 2 985 127 T3

través del centro del compartimento 5 de electrodo. El electrolito fluyó desde abajo hacia arriba con una inclinación con respecto a la dirección vertical, y subió a lo largo de la superficie de electrodo.

5 En el electrolizador 50 bipolar según el ejemplo A, el electrolito fluyó al interior del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo desde la entrada 5i de electrolito del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo, y el electrolito y el gas producido fluyeron desde la salida 5o de electrolito del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo fuera del electrolizador 50.

10 En el compartimento 5c de cátodo, se genera gas de hidrógeno mediante electrolisis, y en el compartimento 5a de ánodo, se genera gas de oxígeno mediante electrolisis. Por tanto, en la cabecera 10lco de salida de cátodo, se produjo un flujo de fase mixta del electrolito y el gas de hidrógeno, y en la cabecera 10lco de salida de ánodo, se produjo un flujo de fase mixta del electrolito y el gas de oxígeno.

15 El electrolizador bipolar se produjo según los siguientes procedimientos.

20 Se unió la muestra de cátodo A a la superficie de cátodo del armazón bipolar y se unió la muestra de ánodo A a la superficie de ánodo del armazón bipolar para obtener un elemento bipolar. Además, se unió la muestra de cátodo A al armazón de terminal de cátodo para obtener un elemento de terminal de cátodo, y se unió la muestra de ánodo A al armazón de terminal de ánodo para obtener un elemento de terminal de ánodo.

Se ajustó el área del electrodo (ánodo y cátodo) unido al elemento bipolar hasta $0,25 \text{ m}^2$, se ajustó el grosor del elemento bipolar hasta $0,033 \text{ m}$ y se ajustaron cada uno de los grosores del elemento de terminal de cátodo y el elemento de terminal de ánodo hasta $0,0125 \text{ m}$.

25 Se prepararon nueve de los elementos bipolares anteriormente mencionados. Además, se prepararon uno del elemento de terminal de cátodo y el elemento de terminal de ánodo anteriormente mencionados para cada uno.

30 Se unió una junta a armazones de metal de la totalidad de los elementos bipolares, el elemento de terminal de cátodo y el elemento de terminal de ánodo.

35 Se interpuso un fragmento de muestra de membrana A entre el elemento de terminal de ánodo y el lado de cátodo del elemento bipolar. Se dispusieron nueve elementos bipolares en serie de tal manera que un lado de ánodo y el otro lado de cátodo de elementos bipolares adyacentes estaban uno frente a otro, y se interpusieron cada uno de ocho fragmentos de muestras de membrana A entre elementos bipolares adyacentes. Además, se interpuso un fragmento de muestra de membrana A entre el lado de ánodo del noveno elemento bipolar y el elemento de terminal de cátodo, que se apretó mediante una máquina de prensado, y se usaron el cabezal rápido, la placa aislante y el cabezal suelto. De esta manera, se obtuvo un electrolizador bipolar de tipo de cabecera interna.

40 El dispositivo de electrolisis de agua alcalina tal como se ilustra en la figura 1 se produjo usando una bomba de alimentación, un depósito de separación de gas-líquido, un dispositivo de reposición de agua o similares, todos los cuales se han usado habitualmente en la técnica.

45 Hidrógeno y oxígeno separados por el depósito 72 de separación de gas-líquido se descargan al recipiente 92 estanco a través del separador 90 de niebla, entre los mismos se proporcionaron un manómetro (PI) de presión, un termómetro (TI) y una válvula PV de control de presión.

50 Como medidor de concentración de hidrógeno en gas de oxígeno (H_2) y medidor de concentración de oxígeno en gas de hidrógeno (O_2), se usaron respectivamente un dispositivo SD-D58 y SD-1DOX producidos por Riken Keiki Co., Ltd. Estos medidores de concentración realizaron el análisis enviando gas de medición a la parte de sensor de medidor de concentración mediante una bomba de succión (no ilustrada). El medidor de concentración de gas estaba conectado entre el depósito 72 de separación de gas-líquido y el recipiente 92 estanco en paralelo con los mismos a través de las válvulas 80 a 83 y 84 a 87. Además, en el lado aguas arriba de H_2 y O_2 se proporcionó un enfriador 91 de tipo vórtex, que es un enfriador de gas, para eliminar la niebla.

55 El método de electrolisis de agua alcalina usando un dispositivo de electrolisis para electrolisis de agua alcalina se llevó a cabo en las siguientes condiciones.

60 Se usó una disolución acuosa de KOH al 30 % como electrolito.

La circulación del compartimento de ánodo, el depósito de separación de oxígeno (un depósito de separación de gas-líquido para ánodo) y el compartimento de cátodo, el depósito de separación de hidrógeno (un depósito de separación de gas-líquido para cátodo) y el compartimento de cátodo, se llevaron a cabo mediante una bomba de alimentación.

65 Obsérvese que, como conductos de circulación, se usó un sistema de tuberías de acero al carbono 20A SGP

habiéndose sometido las porciones en contacto con electrolito a revestimiento de superficie interna con Teflon® (Teflon es una marca registrada en Japón, otros países o ambos).

5 Se preparó un depósito de separación de gas-líquido que tenía una altura de 1.400 mm y una capacidad de 1 m³. El volumen de líquido en el depósito de separación de gas-líquido era de aproximadamente el 50 % de la capacidad de diseño.

10 Se aplicó corriente desde el rectificador hasta el electrolizador bipolar de tal manera que se obtienen las áreas de 0,1 kA/m² y 10 kA/m² con respecto al cátodo y al ánodo, respectivamente. En el ejemplo A1, el electrodo tiene un área de 500 mm × 500 mm. Por tanto, se aplicaron 25 A a 0,1 kA/m² y se aplicaron 2.500 A a 10 kA/m² desde el rectificador hasta el electrolizador bipolar.

Ejemplo A1

15 Se midieron presiones del lado de cátodo y lado de ánodo en el electrolizador mediante los manómetros PI1 y PI2 de presión, respectivamente, y se aplicó corriente hasta que el dispositivo se estabilizó a 8 kA/m² mientras se ajustó el lado de compartimento de cátodo (lado de hidrógeno) hasta 50 kPa y se ajustó el lado de compartimento de ánodo (lado de oxígeno) hasta 49 kPa. Cuando se estabilizaron, se ajustaron las presiones de los mismos mediante las válvulas PV1 y PV2 de control de presión dispuestas aguas abajo del manómetro de presión. H₂l midió la concentración de gas con las válvulas 80 y 82 abiertas y las válvulas 81 y 83 cerradas, y O₂l midió la concentración de gas con las válvulas 84 y 86 abiertas y válvulas 85 y 87 cerradas. Estaban dispuestas tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 2.

25 Después de estabilizarse el dispositivo, se redujo la corriente gradualmente hasta 0 A y se detuvo el paso de corriente.

30 Tras detenerse el paso de corriente, se cerraron las válvulas 80, 82, 84 y 86 y después se abrieron durante 30 segundos a intervalos de 15 minutos para permitir que el gas pasara a través de H₂l y O₂l. Se llevó a cabo esta operación durante 60 minutos. En este momento, se ajustó la válvula de regulación de presión de tal manera que se mantuvieron automáticamente 50 kPa en el lado de compartimento de cátodo y se mantuvo automáticamente una presión 1 kPa inferior a la del lado de compartimento de cátodo en el lado de compartimento de ánodo.

35 Después de 60 minutos, la presión en el lado de compartimento de cátodo era de 35 kPa, la presión interna del lado de compartimento de ánodo era de 34 kPa y la temperatura de líquido en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo tras el mantenimiento era de 80 °C.

Ejemplo comparativo A1

40 De la misma manera que en el ejemplo A1, se llevó a cabo el paso de corriente hasta que se estabilizó el dispositivo con el valor de corriente de 2.000 A.

Después de estabilizarse el dispositivo, se redujo la corriente gradualmente hasta 0 A y se detuvo el paso de corriente.

45 Tras detenerse el paso de corriente, se hizo pasar el gas a través de H₂l y O₂l mientras las válvulas 80, 82, 84 y 86 estaban abiertas. Se llevó a cabo esta operación durante 60 minutos. En este momento, se ajustó la válvula de regulación de presión de tal manera que se mantuvieron automáticamente 50 kPa en el lado de compartimento de cátodo y se mantuvo automáticamente una presión 1 kPa inferior a la del lado de compartimento de cátodo en el lado de compartimento de ánodo.

50 Después de 60 minutos, la presión en el lado de compartimento de cátodo era de 2 kPa, la presión interna en el lado de compartimento de ánodo era de 1 kPa y la temperatura de líquido en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo tras el mantenimiento era de 81 °C. En este momento, la apertura de la válvula de regulación de presión era del 0 % tanto en el lado de compartimento de cátodo como en el lado de compartimento de ánodo.

55 Después de eso, se mantuvo este estado durante 30 minutos adicionales, y la temperatura de líquido resultante en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo era de 75 °C y la presión interna resultante en el lado de compartimento de ánodo era de -1 kPa.

Ejemplo A2

60 Se produjeron el electrolizador bipolar y el sistema de electrolisis de agua alcalina de la misma manera que en el ejemplo A1 con la excepción de la estructura de cabecera, que se cambió por un tipo de cabecera externa.

65 Cabecera, conducto

Tal como se ilustra en las figuras 7 y 9, los conductos 20 (una tubería 20Oai de distribución de líquido para ánodo, una tubería 20Oci de distribución de líquido para cátodo, una tubería 20Oao de recogida de líquido para ánodo y una tubería 20Oco de recogida de líquido para cátodo) que distribuyen y recogen el electrolito se proporcionaron al exterior del alojamiento del electrolizador 50 bipolar según el ejemplo A2. Además, como cabecezas 10 que permiten que el electrolito pase desde los conductos 20 hasta el compartimento 5 de electrodo, se conectaron manguitos (una cabecera 10Oai de entrada de ánodo, una cabecera 10Oci de entrada de cátodo, una cabecera 10Oao de salida de ánodo y una cabecera 10Oco de salida de cátodo) al exterior del electrolizador 50.

En este contexto, tal como se ilustra en la figura 4, las cabecezas 10 (la cabecera 10Oai de entrada de ánodo, la cabecera 10Oci de entrada de cátodo, la cabecera 10Oao de salida de ánodo y la cabecera 10Oco de salida de cátodo) estaban todas dispuestas para extenderse al exterior desde el lado de la pared 1 de división del elemento 60 bipolar. Además, tal como se ilustra en las figuras 7 y 9, los conductos 20 (la tubería 20Oai de distribución de líquido para ánodo, la tubería 20Oci de distribución de líquido para cátodo, la tubería 20Oao de recogida de líquido para ánodo y la tubería 20Oco de recogida de líquido para cátodo) estaban todos dispuestos para extenderse en la dirección perpendicular a la pared 1 de división del elemento 60 bipolar.

De esta manera, se produjo el electrolizador 50 de tipo de cabecera 10O externa.

Se hizo fluir el electrolito hasta el compartimento 5c de cátodo a través de la cabecera 10Oci de entrada de cátodo, y desde el compartimento 5c de cátodo a través de la cabecera 10Oco de salida de cátodo. Además, se hizo fluir el electrolito hasta el compartimento 5a de ánodo a través de la cabecera 10Oai de entrada de ánodo, y desde el compartimento 5a de ánodo a través de la cabecera 10Oco de salida de ánodo.

Tal como se ilustra en las figuras 7 y 9, el manguito de entrada está conectado a un extremo en el lado inferior del armazón 3 externo que tiene una forma rectangular en una vista en planta, y el manguito de salida está conectado a la porción superior del lado que es continuo con el otro extremo en el lado inferior del armazón 3 externo que tiene una forma rectangular en una vista en planta. El manguito de entrada y el manguito de salida se dispusieron, en el compartimento 5 de electrolisis que tiene una forma rectangular en una vista en planta, de tal manera que están uno frente a otro a través del centro del compartimento 5 de electrodo. El electrolito fluyó desde abajo hacia arriba con una inclinación con respecto a la dirección vertical, y subió a lo largo de la superficie de electrodo.

En el electrolizador 50 bipolar según el ejemplo A2, el electrolito fluyó al interior del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo desde los manguitos de entrada del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo, respectivamente, y el electrolito y el gas producido fluyeron desde los manguitos de salida del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo fuera del electrolizador 50.

En el compartimento 5c de cátodo, se genera gas de hidrógeno mediante electrolisis, y en el compartimento 5a de ánodo, se genera gas de oxígeno mediante electrolisis. Por tanto, en la cabecera 10Oco de salida de cátodo, se produjo un flujo de fase mixta del electrolito y el gas de hidrógeno, y en la cabecera 10Oao de salida de ánodo, se produjo un flujo de fase mixta del electrolito y el gas de oxígeno.

Las presiones en el lado de cátodo y el lado de ánodo en el electrolizador se midieron mediante los manómetros PI1 y PI2 de presión, respectivamente, y se hizo pasar corriente a través del electrolizador hasta que se estabilizó a 8 kA/m² mientras se ajustó el lado de compartimento de cátodo hasta 50 kPa y se ajustó el lado de compartimento de ánodo hasta 49 kPa. Se ajustó la presión usando las válvulas PV1 y PV2 de control de presión dispuestas respectivamente aguas abajo de los manómetros de presión. H₂l midió la concentración de gas con las válvulas 80 y 82 abiertas y las válvulas 81 y 83 cerradas, y O₂l midió la concentración de gas con las válvulas 84 y 86 abiertas y las válvulas 85 y 87 cerradas. Estaban dispuestas tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 2.

Después de estabilizarse el dispositivo, se redujo la corriente gradualmente hasta 0 A y se detuvo el paso de corriente.

Tras detenerse el paso de corriente, se cerraron las válvulas 80, 82, 84 y 86 y después se abrieron durante 30 segundos a intervalos de 15 minutos para permitir que el gas pasara a través de H₂l y O₂l. Se llevó a cabo esta operación durante 30 minutos. En este momento, se ajustó la válvula de regulación de presión de tal manera que se mantuvieron automáticamente 50 kPa en el lado de compartimento de cátodo y se mantuvo automáticamente una presión 1 kPa inferior a la del lado de compartimento de cátodo en el lado de compartimento de ánodo.

Después de 30 minutos, la presión en el lado de compartimento de cátodo era de 40 kPa, la presión interna del lado de compartimento de ánodo era de 39 kPa y la temperatura de líquido en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo tras el mantenimiento era de 84 °C.

Ejemplo de referencia A1

Se produjo un electrolizador bipolar de la misma manera que en el ejemplo A2.

5

Las presiones en el lado de cátodo y el lado de ánodo en el electrolizador se midieron mediante los manómetros PI1 y PI2 de presión, respectivamente, y se hizo pasar corriente a través del electrolizador hasta que se estabilizó a 8 kA/m² mientras se ajustó el lado de compartimento de cátodo hasta 50 kPa y se ajustó el lado de compartimento de ánodo hasta 49 kPa. Se ajustó la presión usando las válvulas PV1 y PV2 de control de presión dispuestas respectivamente aguas abajo de los manómetros de presión. H₂l midió la concentración de gas con las válvulas 80 y 82 abiertas y las válvulas 81 y 83 cerradas, y O₂l midió la concentración de gas con las válvulas 84 y 86 abiertas y las válvulas 85 y 87 cerradas.

10

Después de estabilizarse el dispositivo, se redujo la corriente gradualmente hasta 0 A y se detuvo el paso de corriente.

15

Tras detenerse el paso de corriente, las válvulas 80, 82, 84 y 86 permanecieron abiertas para permitir que el gas pasara a través de H₂l y O₂l. Se llevó a cabo esta operación durante 30 minutos. En este momento, se ajustó la válvula de regulación de presión de tal manera que se mantuvieron automáticamente 50 kPa en el lado de compartimento de cátodo y se mantuvo automáticamente una presión 1 kPa inferior a la del lado de compartimento de cátodo en el lado de compartimento de ánodo.

20

Después de 30 minutos, la presión en el lado de compartimento de cátodo era de 5 kPa, la presión interna del lado de compartimento de ánodo era de 4 kPa y la temperatura de líquido en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo tras el mantenimiento era de 83 °C. En este momento, la apertura de la válvula de regulación de presión era del 0 % tanto en el lado de compartimento de cátodo como en el lado de compartimento de ánodo.

25

Ejemplo A3

30

Se detuvo el paso de corriente después del funcionamiento estable de la misma manera que en el ejemplo A2 con la excepción de que la presión de lado de compartimento de cátodo era de 30 kPa y la presión de lado de compartimento de ánodo era de 29 kPa. Las condiciones detalladas se ilustran en la tabla 1. Después de 30 minutos, la presión en el lado de compartimento de cátodo era de 18 kPa, la presión en el lado de compartimento de ánodo era de 17 kPa y la temperatura de líquido en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo era de 83 °C.

35

Ejemplo comparativo A2

40

Se llevaron a cabo el paso estable de corriente y la detención del paso de corriente de la misma manera que en el ejemplo A3 con la excepción de que las válvulas 80, 82, 84 y 86 de la línea para el medidor de concentración de gas estaban normalmente abiertas después de detener el paso de corriente. Las condiciones detalladas se ilustran en la tabla 1. Después de 30 minutos, las presiones internas eran de 0 kPa tanto en el lado de compartimento de cátodo como en el lado de compartimento de ánodo, y la temperatura de líquido en el lado de compartimento de cátodo depósito de separación de gas-líquido era de 84 °C.

45

Ejemplo A4

50

Usando el mismo electrolizador bipolar que el del ejemplo A1, se llevaron a cabo el paso estable de corriente y la detención del paso de corriente de la misma manera que en el ejemplo A1 con la excepción de que: las válvulas 80 y 83 para el medidor de concentración de gas en el lado de compartimento de ánodo estaban abiertas y, por tanto, las válvulas 81 y 82 estaban cerradas; las válvulas 84 y 87 para el medidor de concentración de gas en el lado de compartimento de cátodo estaban abiertas y, por tanto, las válvulas 85 y 86 estaban cerradas; y el estado de válvulas anteriormente mencionado se mantuvo incluso tras detenerse el paso de corriente. Las condiciones detalladas se ilustran en la tabla 1. Los elementos anteriormente mencionados estaban dispuestos tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 3. Después de 60 minutos, la presión en el lado de compartimento de cátodo era de 43 kPa, la presión en el lado de compartimento de ánodo era de 42 kPa y la temperatura de líquido en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo era de 79 °C.

55

60

Ejemplo A5

Se llevaron a cabo el paso estable de corriente y la detención del paso de corriente de la misma manera que en el ejemplo A4 con la excepción de que la presión en el lado de compartimento de cátodo y la presión en el lado de compartimento de ánodo durante el paso estable de corriente eran de 30 kPa y 29 kPa, respectivamente. Las condiciones detalladas se ilustran en la tabla 1. Después de 60 minutos, la presión en el lado de compartimento

65

de cátodo era de 20 kPa, la presión en el lado de compartimento de ánodo era de 19 kPa y la temperatura de líquido en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo era de 80 °C.

Ejemplo A6

5 Se llevaron a cabo el paso estable de corriente y la detención del paso de corriente de la misma manera que en el ejemplo A4 con la excepción de que la presión en el lado de compartimento de cátodo y la presión en el lado de compartimento de ánodo durante el paso estable de corriente eran de 30 kPa y 29 kPa, respectivamente. Las condiciones detalladas se ilustran en la tabla 1. Después de 30 minutos, la presión en el lado de compartimento de cátodo era de 24 kPa, la presión en el lado de compartimento de ánodo era de 23 kPa y la temperatura de líquido en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo era de 82 °C.

Ejemplo A7

15 Usando el mismo electrolizador bipolar que el del ejemplo A2, se llevaron a cabo el paso estable de corriente y la detención del paso de corriente de la misma manera que en el ejemplo A1 con la excepción de que: las válvulas 81 y 82 para el medidor de concentración de gas en el lado de compartimento de ánodo estaban abiertas y, por tanto, las válvulas 80 y 83 estaban cerradas, las válvulas 85 y 86 para el medidor de concentración de gas en el lado de compartimento de cátodo estaban abiertas y, por tanto, las válvulas 84 y 87 estaban cerradas; el estado de válvulas anteriormente mencionado se mantuvo tras detenerse el paso de corriente; y se añadió una operación en la que la válvula de control de presión se abrió durante 30 segundos a intervalos de 15 minutos. Los elementos anteriormente mencionados estaban dispuestos tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 4. Después de 60 minutos, la presión en el lado de compartimento de cátodo era de 35 kPa, la presión en el lado de compartimento de ánodo era de 34 kPa y la temperatura de líquido en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo era de 83 °C.

Ejemplo A8

30 Se llevaron a cabo el paso estable de corriente y la detención del paso de corriente de la misma manera que en el ejemplo A7 con la excepción de que el periodo de mantenimiento fue de 30 minutos. Las condiciones detalladas se ilustran en la tabla 1. Después de 30 minutos, la presión en el lado de compartimento de cátodo era de 44 kPa, la presión en el lado de compartimento de ánodo era de 43 kPa y la temperatura de líquido en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo era de 85 °C.

35 (Ejemplo A9)

40 Se llevaron a cabo el paso estable de corriente y la detención del paso de corriente de la misma manera que en el ejemplo A7 con la excepción de que la presión en el lado de compartimento de cátodo era de 30 kPa y la presión en el lado de compartimento de ánodo era de 29 kPa durante el paso estable de corriente. Las condiciones detalladas se ilustran en la tabla 1. Después de 30 minutos, la presión en el lado de compartimento de cátodo era de 18 kPa, la presión en el lado de compartimento de ánodo era de 17 kPa y la temperatura de líquido en el depósito de separación de gas-líquido en el lado de compartimento de cátodo era de 84 °C.

Ejemplo A10

45 Se usó el mismo electrolizador bipolar que el del ejemplo A1 en las condiciones ilustradas en la tabla 1 y se evaluó el electrolizador de la misma manera que para los ejemplos de referencia B y C descritos a continuación.

Ejemplo A11

50 Se usó el mismo electrolizador bipolar que el del ejemplo A1 en las condiciones ilustradas en la tabla 1 y se evaluó el electrolizador de la misma manera que para los ejemplos de referencia B y C descritos a continuación.

Tabla 1

55

Sistema de electrolisis de agua alcalina				Antes del mantenimiento			Funcionamiento de válvulas	Tras el mantenimiento		
Cabe-cera	Configu-ración	Tempe-ratura durante el paso de corriente	Presión diferencial	Presión interna en el lado de compartimento de	Presión interna en el lado de compartimento de	Periodo de manteni-miento	-	Presión interna en el lado de compartimento de	Presión interna en el lado de compartimento de	Tempe-ratura tras el manteni-miento

ES 2 985 127 T3

					cátodo	ánodo			cátodo	ánodo	
Ejemplo A1	Interna	Figura 2	90 °C	1 kPa	50 kPa	49 kPa	60 min	Válvula abierta durante 30 s cada 15 min	35 kPa	34 kPa	80 °C
Ejemplo comparativo A1	Interna	Figura 2	90 °C	1 kPa	50 kPa	49 kPa	60 min		2 kPa	1 kPa	81 °C
Ejemplo A2	Externa	Figura 2	90 °C	1 kPa	50 kPa	49 kPa	30 min	Válvula abierta durante 30 s cada 15 min	40 kPa	39 kPa	84 °C
Ejemplo de referencia A1	Externa	Figura 2	90 °C	1 kPa	50 kPa	49 kPa	30 min		5 kPa	4 kPa	83 °C
Ejemplo A3	Externa	Figura 2	90 °C	1 kPa	30 kPa	29 kPa	30 min	Válvula abierta durante 30 s cada 15 min	18 kPa	17 kPa	83 °C
Ejemplo comparativo A2	Externa	Figura 2	90 °C	1 kPa	30 kPa	29 kPa	30 min		0 kPa	0 kPa	84 °C
Ejemplo A4	Interna	Figura 3	90 °C	1 kPa	50 kPa	49 kPa	60 min		43 kPa	42 kPa	79 °C
Ejemplo A5	Interna	Figura 3	90 °C	1 kPa	30 kPa	29 kPa	60 min		20 kPa	19 kPa	80 °C
Ejemplo A6	Interna	Figura 3	90 °C	1 kPa	30 kPa	29 kPa	30 min		24 kPa	23 kPa	82 °C
Ejemplo A7	Externa	Figura 4	90 °C	1 kPa	50 kPa	49 kPa	60 min	Válvula abierta durante 30 s cada 15 min	35 kPa	34 kPa	83 °C
Ejemplo A8	Externa	Figura 4	90 °C	1 kPa	50 kPa	49 kPa	30 min	Válvula abierta durante 30 s cada 15 min	44 kPa	43 kPa	85 °C
Ejemplo A9	Externa	Figura 4	90 °C	1 kPa	30 kPa	29 kPa	30 min	Válvula abierta durante 30 s cada 15 min	18 kPa	17 kPa	84 °C
Ejemplo A10	Interna	Figura 2	90 °C	1 kPa	50 kPa	49 kPa	60 min	Válvula abierta durante 30 s cada 15 min	35 kPa	34 kPa	80 °C
Ejemplo A11	Interna	Figura 2	90 °C	1 kPa	50 kPa	49 kPa	60 min	Válvula abierta durante 30 s cada 15 min	35 kPa	34 kPa	80 °C

Con o sin inversor	Densidad de corriente	Velocidad de flujo	Configuración de cabecera	Temperatura en el lado de salida de electrolizador	H ₂ /O ₂ después de 100 horas con 0,1 kA/m ²	H ₂ /O ₂ después de 100 horas con 10 kA/m ²
-	kA/m ²	l/min	Interna /	°C	%	%

ES 2 985 127 T3

				Externa			
Ejemplo A10	con	0,1	0,7	Interna	84 °C	0,51	0,24
Ejemplo A11	sin	0	0	Interna	80 °C	-	-

	Sistema de electrolisis		Paso de corriente – generación de hidrógeno		Parada – introducción de hidrógeno		Razón de introducción de hidrógeno	Prueba de electrolisis			
	Válvula de control para tubería de introducción	Área de electrodo	Capacidad de producción de hidrógeno	Cantidad de producción de hidrógeno total (energización durante 12 h)	Cantidad de introducción de hidrógeno	Cantidad de introducción de hidrógeno total (parada durante 12 h)		Tensión de celda			
								Inicial	SD 100 veces	SD 1.000 veces	SD 2.000 veces
	con/sin	m ²	m ³ /m ² /h	m ³ /m ²	m ³ /m ² /h	m ³ /m ²	%	V	V	V	V
Ejemplo A10	sin	0,25	2,51	30,12	0	0	0	1,79	1,85	1,9	2,2
Ejemplo A11	con	0,25	2,51	30,12	0,000001	0,000012	3,98406E-05	1,81	1,8	1,82	1,84

A continuación se describirá el ejemplo de referencia B.

5 Ejemplo de referencia B1

Se produjeron un elemento bipolar y un sistema de electrolisis de agua alcalina usando el elemento bipolar de la siguiente manera.

10 Pared de división, armazón externo

Como elemento bipolar, se usó uno que tenía una pared de división que dividía el ánodo y el cátodo y un armazón externo que rodeaba la pared de división. Todos estos elementos en contacto con el electrolito, tales como la pared de división y el armazón del elemento bipolar, estaban realizados de níquel.

15 Ánodo

Como ánodo, se usó un sustrato de metal expandido de níquel que se había sometido a granallado por adelantado, y se pulverizaron productos granulados de óxido de níquel sobre ambas superficies de un sustrato conductor mediante un método de pulverización de plasma para producir el ánodo.

20 Cátodo

Se usó como sustrato conductor un sustrato de malla de ligamento de tafetán obtenido tricotando alambres finos de níquel que tenían un diámetro de 0,15 mm con una abertura de malla de 420 µm (40 de malla) y que soportaba platino sobre el mismo.

Membrana

30 Se cargaron Óxido de circonio (nombre de producto: óxido de circonio EP; producido por Daiichi Kigenso Kagaku Kogyo Co., Ltd.) y N-metil-2-pirrolidona (producida por Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) en un recipiente de molino de bolas que contenía bolas SUS (acero inoxidable) de 0,5 mm de diámetro. Se agitaron estos materiales juntos a una velocidad de rotación de 70 rpm durante tres horas y se dispersaron para obtener una mezcla. Se filtró la mezcla resultante a través de una malla de acero inoxidable (recuento de malla: 595 µm (30 de malla)) para separar las bolas de la mezcla. Se añadieron polisulfona (Udel® (Udel es una marca registrada en Japón, otros países o ambos) producida por Solvay Advanced Polymers) y polivinilpirrolidona (producida por Wako Pure Chemical Industries, Ltd.; peso molecular promedio en peso (Mw): 900.000) a la mezcla de la que se habían separado las bolas, y se agitaron con la misma durante 12 horas usando un motor de tres-uno para provocar la disolución y obtener un líquido de recubrimiento que tenía la siguiente composición.

Polisulfona: 15 partes en masa

Polivinilpirrolidona: 6 partes en masa

5

N-Metil-2-pirrolidona: 70 partes en masa

Óxido de circonio: 45 partes en masa

10 Se aplicó el líquido de recubrimiento a ambos lados de una malla de poli(sulfuro de fenileno) (producida por Clever Co., Ltd.; grosor: 280 μm ; abertura de malla: 358 μm ; diámetro de fibra: 150 μm) que sirve como sustrato usando un dispositivo de recubrimiento de tipo coma para obtener un grosor de recubrimiento de 150 μm en cada lado. Inmediatamente después del recubrimiento, se expuso el sustrato recubierto con el líquido de recubrimiento a vapor a partir de un baño de coagulación que contenía una mezcla de agua pura/isopropanol (producida por Wako Pure Chemical Industries, Ltd.; agua pura/isopropanol = 50/50 (v/v)) a 30 °C. Inmediatamente después de eso, se sumergió el sustrato recubierto con el líquido de recubrimiento en el baño de coagulación. Se formó una película de recubrimiento sobre la superficie del sustrato mediante coagulación de polisulfona. Después de eso, se aclaró exhaustivamente la película de recubrimiento con agua pura para obtener una membrana porosa. Esta membrana porosa se denominó membrana A.

20

Se ajustó el cátodo A a un cuadrado de 50 cm (50 cm por 50 cm) mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de cátodo A.

25

Se ajustó el ánodo A a un cuadrado de 50 cm (50 cm por 50 cm) mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de ánodo A.

Se ajustó la membrana A a un cuadrado de 52 cm (52 cm por 52 cm) mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de membrana A.

30

Estructura de hueco nulo

Se apilaron elementos bipolares a través de una junta que sujeta una membrana para ensamblar un electrolizador bipolar, y se prensaron la muestra de cátodo A y la muestra de ánodo A desde ambos lados de la membrana de modo que entran en contacto entre sí para formar una estructura de hueco nulo.

35

Sólo se usó la muestra de ánodo A en el lado de ánodo, y se usó la muestra de cátodo A compuesta por una combinación de "cátodo/cuerpo elástico conductor/colector" en el lado de cátodo.

40

Se usó la muestra de ánodo anteriormente mencionada. Como colector, se usó un sustrato de metal expandido de níquel que se había sometido a granallado por adelantado. El sustrato tenía un grosor de 1 mm y una fracción abierta del 54 %. Se usó la muestra de cátodo anteriormente mencionada. Como cuerpo elástico conductor, se corrugaron cuatro fragmentos de material textil de metal tejido de alambres de níquel que tenían un diámetro de alambre de 0,15 mm para tener una altura de corrugación de 5 mm.

45

Electrolizador bipolar, elemento bipolar

Se usaron nueve elementos bipolares. Tal como se ilustra en la figura 10, en un lado de extremo, se dispusieron un cabezal rápido, una placa aislante y una unidad de terminal de ánodo y, además de lo mismo, se dispusieron nueve conjuntos de una parte de junta de lado de ánodo, una membrana, una parte de junta de lado de cátodo y un elemento bipolar dispuestos en este orden. Además, se dispusieron una parte de junta de lado de ánodo, una membrana y una parte de junta de lado de cátodo. En el otro lado de extremo, se dispusieron una unidad de terminal de cátodo, una placa aislante y un cabezal suelto. Después de eso, se apilaron tanto desde el lado de cabezal rápido como desde el lado de cabezal suelto con una presión de superficie de sello de junta de 2.450 kN/m^2 para ensamblar un electrolizador bipolar.

55

En el ejemplo de referencia B, el compartimento de cátodo y el compartimento de ánodo tenían 10 compartimentos, respectivamente, que constituían una conexión en serie de 10 pares.

Junta

60

La junta estaba realizada de caucho de EPDM y tenía una resistencia a la tracción a una deformación del 100 % de 4,0 MPa y un grosor de 4,0 mm.

Cabecera, conducto

65

Se adoptó el elemento 60 bipolar de tipo de cabecera 10l interna.

5 Tal como se ilustra en las figuras 6 y 8, las cabezeras 10 (la cabezera 10lai de entrada de ánodo, la cabezera 10lci de entrada de cátodo, la cabezera 10lao de salida de ánodo y la cabezera 10lco de salida de cátodo) estaban dispuestas, cada una, para estar en paralelo con los dos lados de la pared 1 de división del elemento 60 bipolar (dispuestas para extenderse en ortogonal al lado superior y al lado inferior de la pared 1 de división).

10 Además, tal como se ilustra en las figuras 6 y 8, todos los conductos 20 (la tubería 20lai de distribución de líquido para ánodo, la tubería 20lci de distribución de líquido para cátodo, la tubería 20lao de recogida de líquido para ánodo y la tubería 20lco de recogida de líquido para cátodo) estaban dispuestos de tal manera que se extendían en la dirección vertical con respecto a la pared 1 de división del elemento 60 bipolar.

De esta manera, se produjo el electrolizador de tipo de cabezera 10l interna.

15 Se hizo fluir el electrolito hasta el compartimento 5c de cátodo a través de la cabezera 10lci de entrada de cátodo, y desde el compartimento 5c de cátodo a través de la cabezera 10lco de salida de cátodo. Además, se hizo fluir el electrolito hasta el compartimento 5a de ánodo a través de la cabezera 10lai de entrada de ánodo, y desde el compartimento 5a de ánodo a través de la cabezera 10lco de salida de ánodo.

20 Tal como se ilustra en la figura 7, la entrada 5ci de electrolito de cátodo está conectada a un extremo en el lado inferior del armazón 3 externo que tiene una forma rectangular en una vista en planta, y la salida 5co de electrolito de cátodo está conectada a la porción superior del lado que es continuo con el otro extremo en la porción inferior del armazón 3 externo que tiene una forma rectangular en una vista en planta. La entrada 5ci de electrolito de cátodo y la salida 5co de electrolito de cátodo estaban dispuestas, en el compartimento 5 de electrolisis que tiene una forma rectangular en una vista en planta, de tal manera que están una frente a otra a través del centro del compartimento 5 de electrodo. El electrolito fluyó desde abajo hacia arriba con una inclinación con respecto a la dirección vertical, y subió a lo largo de la superficie de electrodo.

30 En el electrolizador 50 bipolar según el ejemplo de referencia B, el electrolito fluyó al interior del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo desde la entrada 5i de electrolito del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo, y el electrolito y el gas producido fluyeron desde la salida 5o de electrolito del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo fuera del electrolizador 50.

35 En el compartimento 5c de cátodo, se genera gas de hidrógeno mediante electrolisis, y en el compartimento 5a de ánodo, se genera gas de oxígeno mediante electrolisis. Por tanto, en la cabezera 10lco de salida de cátodo, se produjo un flujo de fase mixta del electrolito y el gas de hidrógeno, y en la cabezera 10lco de salida de ánodo, se produjo un flujo de fase mixta del electrolito y el gas de oxígeno.

El electrolizador bipolar según el ejemplo de referencia B1 se produjo según los siguientes procedimientos.

40 Se unió la muestra de cátodo A a la superficie de cátodo del armazón bipolar y se unió la muestra de ánodo A a la superficie de ánodo del armazón bipolar para obtener un elemento bipolar. Además, se unió la muestra de cátodo A al armazón de terminal de cátodo para obtener un elemento de terminal de cátodo, y se unió la muestra de ánodo A al armazón de terminal de ánodo para obtener un elemento de terminal de ánodo.

45 Se ajustó el área del electrodo (ánodo y cátodo) unido al elemento bipolar hasta $0,25 \text{ m}^2$, se ajustó el grosor del elemento bipolar hasta $0,033 \text{ m}$ y se ajustaron los grosores del elemento de terminal de cátodo y el elemento de terminal de ánodo hasta $0,0125 \text{ m}$.

50 Como estructura de cabezera de suministro de electrolito del electrolizador bipolar, se usó un tipo de cabezera interna.

Se prepararon nueve de los elementos bipolares anteriormente mencionados. Además, se prepararon uno del elemento de terminal de cátodo y el elemento de terminal de ánodo anteriormente mencionados para cada uno.

55 Se unió una junta a armazones de metal de la totalidad del elemento bipolar, el elemento de terminal de cátodo y el elemento de terminal de ánodo.

60 Se interpuso un fragmento de muestra de membrana A entre el elemento de terminal de ánodo y el lado de cátodo del elemento bipolar. Se dispusieron nueve elementos bipolares en serie de tal manera que un lado de ánodo y el otro lado de cátodo de elementos bipolares adyacentes estaban uno frente a otro, y se interpusieron cada uno de ocho fragmentos de muestras de membrana A entre elementos bipolares adyacentes. Además, se interpuso un fragmento de muestra de membrana A entre el lado de ánodo del noveno elemento bipolar y el elemento de terminal de cátodo, que se apretó mediante una máquina de prensado, y se usaron el cabezal rápido, la placa aislante y el cabezal suelto. De esta manera, se obtuvo un electrolizador bipolar de tipo de cabezera interna.

65

El sistema de electrolisis de agua alcalina tal como se ilustra en la figura 10 se produjo usando una bomba de alimentación, un depósito de separación de gas-líquido, un dispositivo de reposición de agua o similares, todos los cuales se han usado habitualmente en la técnica.

- 5 El método de electrolisis de agua alcalina usando un sistema de electrolisis de agua alcalina se llevó a cabo en las siguientes condiciones

Se usó una disolución acuosa de KOH al 30 % como electrolito.

- 10 La circulación del compartimento de ánodo, el depósito de separación de oxígeno (un depósito de separación de gas-líquido para ánodo) y el compartimento de cátodo, el depósito de separación de hidrógeno (un depósito de separación de gas-líquido para cátodo) y el compartimento de cátodo se llevaron a cabo mediante una bomba de alimentación. La temperatura del electrolito se ajustó hasta 90 °C.

- 15 Obsérvese que, como conductos de circulación, se usó un sistema de tuberías de acero al carbono 20 A SGP habiéndose sometido las porciones en contacto con electrolito a revestimiento de superficie interna con Teflon® (Teflon es una marca registrada en Japón, otros países o ambos).

Se preparó un depósito de separación de gas-líquido que tenía una altura de 1.400 mm y una capacidad de 1 m³.

- 20 El volumen de líquido en el depósito de separación de gas-líquido era de aproximadamente el 50 % de la capacidad de diseño.

Se aplicó corriente desde el rectificador hasta el electrolizador bipolar de tal manera que se obtienen las áreas de 0,1 kA/m² y 10 kA/m² con respecto al cátodo y al ánodo, respectivamente. En el ejemplo de referencia B1, el electrodo tiene un área de 500 mm × 500 mm. Por tanto, se aplicaron 25 A a 0,1 kA/m² y se aplicaron 2.500 A a 10 kA/m² desde el rectificador hasta el electrolizador bipolar.

25

Se midió la presión en el electrolizador mediante un manómetro de presión, y se llevó a cabo la electrolisis ajustando de modo que la presión de lado de compartimento de cátodo era de 50 kPa y la presión de lado de compartimento de ánodo era de 49 kPa. El ajuste de presión se llevó a cabo mediante una válvula de control de presión instalada aguas abajo de cada manómetro de presión.

30

Control de flujo automático en el lado de entrada del electrolizador

- 35 Se conectó un inversor a la bomba de alimentación y se midió el valor de corriente mediante un amperímetro 81. Basándose en los resultados de medición, se ajustaron las frecuencias mediante el inversor para que fueran de 0,7 l/min y 7 l/min cuando las velocidades de flujo eran de 0,1 kA/m² y 10 kA/m², respectivamente.

Ejemplo de referencia B2

40

Se produjeron el electrolizador bipolar y el sistema de electrolisis de agua alcalina de la misma manera que en el ejemplo de referencia B1 con la excepción de que se adoptó un tipo de cabecera externa.

Cabecera, conducto

45

Se adoptó el elemento 60 bipolar de tipo de cabecera 100 externa.

Tal como se ilustra en las figuras 7 y 9, se proporcionaron conductos 20 (una tubería 20Oai de distribución de líquido para ánodo, una tubería 20Oci de distribución de líquido para cátodo, una tubería 20Oao de recogida de líquido para ánodo y una tubería 20Oco de recogida de líquido para cátodo) que distribuyen y recogen electrolito al exterior del alojamiento del electrolizador 50 bipolar según el ejemplo de referencia B. Además, como cabeceras 10 que permiten que el electrolito pase a través de los conductos 20 hasta el compartimento 5 de electrodo, se conectaron manguitos (una cabecera 10Oai de entrada de ánodo, una cabecera 10Oci de entrada de cátodo, una cabecera 10Oao de salida de ánodo y una cabecera 10Oco de salida de cátodo) al exterior del electrolizador 50.

50

55

En este contexto, tal como se ilustra en la figura 7, las cabeceras 10 (la cabecera 10Oai de entrada de ánodo, la cabecera 10Oci de entrada de cátodo, la cabecera 10Oao de salida de ánodo y la cabecera 10Oco de salida de cátodo) estaban todas dispuestas de tal manera que se extendían al exterior desde el lado de la pared 1 de división del elemento 60 bipolar. Además, tal como se ilustra en la figura 7, los conductos 20 (la tubería 20Oai de distribución de líquido para ánodo, la tubería 20Oci de distribución de líquido para cátodo, la tubería 20Oao de recogida de líquido para ánodo y la tubería 20Oco de recogida de líquido para cátodo) estaban todos dispuestos de tal manera que se extendían en la dirección perpendicular a la pared 1 de división del elemento 60 bipolar.

60

- 65 De esta manera, se produjo el electrolizador 50 de tipo de cabecera 100 externa.

Se hizo fluir el electrolito hasta el compartimento 5c de cátodo a través de la cabecera 10Oci de entrada de cátodo, y desde el compartimento 5c de cátodo a través de la cabecera 10Oco de salida de cátodo. Además, se hizo fluir el electrolito hasta el compartimento 5a de ánodo a través de la cabecera 10Oai de entrada de ánodo, y desde el compartimento 5a de ánodo a través de la cabecera 10Oco de salida de ánodo.

5 Tal como se ilustra en la figura 7, el manguito de entrada está conectado a un extremo en la parte inferior del armazón 3 externo de una forma rectangular en una vista en planta, y el manguito de salida está conectado a la porción superior del lado que es continuo con el otro extremo en la parte inferior del armazón 3 externo de una forma rectangular en una vista en planta. El manguito de entrada y el manguito de salida se dispusieron, en el
10 compartimento 5 de electrolisis que tiene una forma rectangular en una vista en planta, de tal manera que están uno frente a otro a través del centro del compartimento 5 de electrodo. El electrolito fluyó desde abajo hacia arriba con una inclinación con respecto a la dirección vertical, y subió a lo largo de la superficie de electrodo.

15 En el electrolizador 50 bipolar según el ejemplo de referencia B, el electrolito fluyó al interior del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo desde los manguitos de entrada del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo, respectivamente, y el electrolito y el gas producido fluyeron desde los manguitos de salida del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo fuera del electrolizador 50.

20 En el compartimento 5c de cátodo, se genera gas de hidrógeno mediante electrolisis, y en el compartimento 5a de ánodo, se genera gas de oxígeno mediante electrolisis. Por tanto, en la cabecera 10Oco de salida de cátodo, se produjo un flujo de fase mixta del electrolito y el gas de hidrógeno, y en la cabecera 10Oao de salida de ánodo, se produjo un flujo de fase mixta del electrolito y el gas de oxígeno.

Ejemplo de referencia B3

25 El electrolizador bipolar se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia B1. El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia B1 con la excepción de que no se llevó a cabo un control de flujo automático en el lado de entrada de electrolizador.

30 Se conectó un inversor a la bomba de alimentación y se ajustó la frecuencia para obtener una velocidad de flujo de 7 l/min.

Ejemplo de referencia B4

35 El electrolizador bipolar se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia B1. El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia B1 con la excepción de que no se llevó a cabo un control de flujo automático en el lado de entrada de electrolizador.

40 Se conectó un inversor a la bomba de alimentación y se ajustó la frecuencia para obtener una velocidad de flujo de 0,7 l/min.

Ejemplo de referencia B5

45 El electrolizador bipolar se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia B2. El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia B2 con la excepción de que no se llevó a cabo un control de flujo automático en el lado de entrada de electrolizador.

50 Se conectó un inversor a la bomba de alimentación y se ajustó la frecuencia para obtener una velocidad de flujo de 7 l/min.

Ejemplo de referencia B5

55 El electrolizador bipolar se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia B2. El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia B2 con la excepción de que no se llevó a cabo un control de flujo automático en el lado de entrada de electrolizador.

60 Se conectó un inversor a la bomba de alimentación y se ajustó la frecuencia para obtener una velocidad de flujo de 0,7 l/min.

La electrolisis de agua alcalina del ejemplo de referencia B se evaluó de la siguiente manera.

Medición de pureza de gas

65 Se inició el paso de corriente con la densidad de corriente de 0,1 kA/m². Después de 100 horas, se midió la concentración de hidrógeno en el oxígeno resultante (H₂/O₂) y se calculó la pureza (%) de oxígeno. Además, a las 100 horas tras iniciarse el paso de corriente con la densidad de corriente de 10 kA/m², se midió la

concentración de hidrógeno (H₂/O₂) en el oxígeno resultante y se calculó la pureza (%) de oxígeno.

(Medición de temperatura en el lado de salida de electrolizador)

- 5 Se midieron las temperaturas en los lados de salida de electrolizador en el lado de ánodo y el lado de cátodo con un termómetro 83 para calcular el valor medio aritmético de la temperatura (°C) en el lado de salida de electrolizador.

La tabla 2 muestra los resultados de la evaluación del ejemplo de referencia B.

10

Tabla 2

	Con/sin inversor	Densidad de corriente	Velocidad de flujo	Configuración de cabecera	Temperatura en el lado de salida de electrolizador	H ₂ /O ₂ después de 100 horas con 0,1 kA/m ²	H ₂ /O ₂ después de 100 horas con 10 kA/m ²
	-	kA/m ²	l/min	Interna / externa	°C	%	%
Ejemplo de referencia B1	con	0,1	0,7	Interna	84	0,51	0,24
	con	10	7	Interna	87	0,21	0,19
Ejemplo de referencia B2	con	0,1	0,7	Externa	83	0,1	0,05
	con	10	7	Externa	86	0,04	0,018
Ejemplo de referencia B3	sin	0,1	7	Interna	76	2,6	2,1
	sin	10	7	Interna	86	0,2	0,2
Ejemplo de referencia B4	sin	0,1	0,7	Interna	84	0,53	0,52
	sin	10	0,7	Interna	94	0,1	0,1
Ejemplo de referencia B5	sin	0,1	7	Externa	74	1,12	0,58
	sin	10	7	Externa	86	0,03	0,02
Ejemplo de referencia B6	sin	0,1	0,7	Externa	82	0,09	0,04
	sin	10	0,7	Externa	93	0,01	0

- 15 En el ejemplo de referencia B1, las temperaturas de lado de salida de electrolizador eran de 90 °C o menos, lo cual estaba dentro del intervalo permisible, con ambas densidades de corriente. Además, las purezas de gas eran del 1 % o menos, lo cual estaba dentro del intervalo permisible, con ambas densidades de corriente.

- 20 En el ejemplo de referencia B2, las temperaturas de lado de salida de electrolizador eran de 90 °C o menos, lo cual estaba dentro del intervalo permisible, con ambas densidades de corriente. Además, las purezas de gas eran ligeramente mejores que las del ejemplo de referencia B1 con ambas densidades de corriente.

- 25 En el ejemplo de referencia B3, las temperaturas de lado de salida de electrolizador eran de 90 °C o menos, lo cual estaba dentro del intervalo permisible, con ambas densidades de corriente. Durante la electrolisis con 0,1 kA/m², la pureza de gas superó el intervalo permisible del 1 %.

- En el ejemplo de referencia B4, las temperaturas de lado de salida de electrolizador superaron el intervalo permisible de 90 °C durante la electrolisis con 10 kA/m². Las purezas de gas estaban dentro del intervalo permisible del 1 % con ambas densidades de corriente.

- 30 En el ejemplo de referencia B5, las temperaturas de lado de salida de electrolizador eran de 90 °C o menos, lo cual estaba dentro del intervalo permisible, con ambas densidades de corriente. Durante la electrolisis con 0,1 kA/m², la pureza de gas superó el intervalo permisible del 1 %.

- 35 En el ejemplo de referencia B6, las temperaturas de lado de salida de electrolizador superaron el intervalo permisible de 90 °C durante la electrolisis con 10 kA/m². Además, las purezas de gas estaban dentro del intervalo permisible del 1 % con ambas densidades de corriente.

A continuación se describirá el ejemplo de referencia C.

- 40 Ejemplo de referencia C1

Se produjeron un elemento bipolar, un electrolizador usando el elemento bipolar y un sistema de electrolisis de agua alcalina usando los elementos anteriormente mencionados tal como se describe a continuación.

- 45 Pared de división, armazón externo

Como elemento bipolar se usó un elemento que incluía una pared de división que dividía un ánodo y un cátodo y un armazón externo que limitaba la pared de división. Todos los elementos en contacto con electrolito tales como la pared de división y el armazón del elemento bipolar estaban realizados de níquel.

5 Ánodo

Como ánodo, se usó un sustrato de metal expandido de níquel que se había sometido a granallado por adelantado, y se pulverizaron productos granulados de óxido de níquel sobre ambas superficies de un sustrato conductor mediante un método de pulverización de plasma para producir el ánodo.

10

Cátodo

Como sustrato conductor se usó un sustrato de malla de ligamento de tafetán obtenido tricotando alambres finos de níquel que tenían un diámetro de 0,15 mm con una abertura de malla de 420 µm (40 de malla). El sustrato de malla de ligamento de tafetán se sometió a granallado usando polvo de alúmina que tenía un diámetro de partícula promedio en peso de 100 µm o menos, posteriormente se trató con ácido durante 5 minutos a temperatura ambiente en ácido clorhídrico 6 N y después se aclaró con agua y se secó.

15

A continuación, se mezclaron una disolución de nitrato de paladio (producida por Tanaka Kikinzoku Kogyo K.K.; concentración de paladio: 100 g/l) y una disolución de ácido nítrico con dinitrodiamina-platino (producida por Tanaka Kikinzoku Kogyo K.K.; concentración de platino: 100 g/l) a una razón molar de paladio con respecto a platino de 1:1 para preparar un líquido de recubrimiento 1.

20

Se colocó un baño que contenía el líquido de recubrimiento 1 en la parte inferior del rodillo de recubrimiento, se impregnó el líquido de recubrimiento 1 en un rodillo de recubrimiento de EPDM, y se colocó un rodillo en la parte superior de modo que el rodillo y el líquido de recubrimiento 1 estaban siempre en contacto entre sí. Además, se colocó un rodillo a PVC sobre el mismo, y se aplicó el líquido de recubrimiento 1 al sustrato conductor (método de rodillo). Antes de secarse el líquido de recubrimiento 1, se hizo pasar rápidamente el sustrato conductor entre dos rodillos de esponja de EPDM para retirar mediante succión el líquido de recubrimiento que se acumuló en intersecciones de la malla del sustrato conductor. Después de eso, se secó el sustrato conductor a 50 °C durante 10 minutos para formar una membrana recubierta, que se calentó y se sinterizó a 500 °C durante 10 minutos con un horno de mufla para descomponer térmicamente la membrana. El ciclo de aplicación de rodillo, secado y descomposición térmica se repitió dos veces para formar una capa 1.

25

30

A continuación, se mezclaron una disolución ácida de cloruro de iridio (de Tanaka Kikinzoku Kogyo K.K., con una concentración de iridio de 100 g/l) y una disolución de ácido nítrico con dinitrodiamina-platino (de Tanaka Kikinzoku Kogyo K.K., con una concentración de platino de 100 g/l) a una razón molar de iridio con respecto a platino de 0,73:0,27 para preparar un líquido de recubrimiento 2. Como con la capa 1, se aplicó el líquido de recubrimiento 2 sobre el sustrato sobre el que estaba formada la capa 1 mediante un método de rodillo, y después de eso se llevaron a cabo secado y descomposición térmica. Se repitió este ciclo dos veces a una temperatura de secado de 50 °C y temperatura de descomposición térmica de 500 °C para formar una capa 2. Además, se calentó el sustrato a 500 °C durante una hora en la atmósfera de aire para producir un cátodo A.

35

40

Membrana

45

Se cargaron óxido de circonio (nombre de producto: óxido de circonio EP; producido por Daiichi Kigenso Kagaku Kogyo Co., Ltd.) y N-metil-2-pirrolidona (producida por Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) en un recipiente de molino de bolas que contenía bolas SUS (acero inoxidable) de 0,5 mm de diámetro. Se agitaron estos materiales juntos a una velocidad de rotación de 70 rpm durante tres horas y se dispersaron para obtener una mezcla. Se filtró la mezcla resultante a través de una malla de acero inoxidable (recuento de malla: 595 µm (30 de malla)) para separar las bolas de la mezcla. Se añadieron polisulfona (Udel® (Udel es una marca registrada en Japón, otros países o ambos) producida por Solvay Advanced Polymers) y polivinilpirrolidona (producida por Wako Pure Chemical Industries, Ltd.; peso molecular promedio en peso (Mw): 900.000) a la mezcla de la que se habían separado las bolas, y se agitaron con la misma durante 12 horas usando un motor de tres-uno para provocar la disolución y obtener un líquido de recubrimiento que tenía la siguiente composición.

50

55

Polisulfona: 15 partes en masa

Polivinilpirrolidona: 6 partes en masa

60

N-Metil-2-pirrolidona: 70 partes en masa

Óxido de circonio: 45 partes en masa

65

Se aplicó el líquido de recubrimiento a ambos lados de una malla de poli(sulfuro de fenileno) (producida por Clever Co., Ltd.; grosor: 280 µm; abertura de malla: 358 µm; diámetro de fibra: 150 µm) que sirve como sustrato

- usando un dispositivo de recubrimiento de tipo coma para obtener un grosor de recubrimiento de 150 μm en cada lado. Inmediatamente después del recubrimiento, se expuso el sustrato recubierto con el líquido de recubrimiento a vapor a partir de un baño de coagulación que contenía una mezcla de agua pura/isopropanol (producida por Wako Pure Chemical Industries, Ltd.; agua pura/isopropanol = 50/50 (v/v)) a 30 °C. Inmediatamente después de
- 5 eso, se sumergió el sustrato recubierto con el líquido de recubrimiento en el baño de coagulación. Se formó una película de recubrimiento sobre la superficie del sustrato mediante coagulación de polisulfona. Después de eso, se aclaró exhaustivamente la película de recubrimiento con agua pura para obtener una membrana porosa. Esta membrana porosa se denominó membrana A.
- 10 Se ajustó el cátodo A a un cuadrado de 50 cm (50 cm por 50 cm) mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de cátodo A.
- Se ajustó el ánodo A a un cuadrado de 50 cm (50 cm por 50 cm) mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de ánodo A.
- 15 Se ajustó la membrana A a un cuadrado de 52 cm (52 cm por 52 cm) mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de membrana A.
- Estructura de hueco nulo
- 20 Se apilaron elementos bipolares a través de una junta que sujeta una membrana para ensamblar un electrolizador bipolar, y se prensaron la muestra de cátodo A y la muestra de ánodo A desde ambos lados de la membrana de modo que entran en contacto entre sí para formar una estructura de hueco nulo.
- 25 Sólo se usó la muestra de ánodo A en el lado de ánodo, y se usó la muestra de cátodo A compuesta por una combinación de "cátodo/cuerpo elástico conductor/colector" en el lado de cátodo.
- Se usó la muestra de ánodo anteriormente mencionada. Como colector, se usó un sustrato de metal expandido de níquel que se había sometido a granallado por adelantado. El sustrato tenía un grosor de 1 mm y una fracción abierta del 54 %. Se usó la muestra de cátodo anteriormente mencionada. Como cuerpo elástico conductor, se corrugaron cuatro fragmentos de material textil de metal tejido de alambres de níquel que tenían un diámetro de alambre de 0,15 mm para tener una altura de corrugación de 5 mm.
- 30
- Electrolizador bipolar, elemento bipolar
- 35 Se usaron nueve elementos bipolares. Tal como se ilustra en la figura 5, en un lado de extremo, se dispusieron un cabezal rápido, una placa aislante y una unidad de terminal de ánodo y, además de lo mismo, se dispusieron nueve conjuntos de una parte de junta de lado de ánodo, una membrana, una parte de junta de lado de cátodo y un elemento bipolar dispuestos en este orden. Además, se dispusieron una parte de junta de lado de ánodo, una membrana y una parte de junta de lado de cátodo. En el otro lado de extremo, se dispusieron una unidad de terminal de cátodo, una placa aislante y un cabezal suelto. Después de eso, se apilaron tanto desde el lado de cabezal rápido como desde el lado de cabezal suelto con una presión de superficie de sello de junta de 2.450 kN/m² para ensamblar un electrolizador bipolar.
- 40
- 45 En el ejemplo de referencia C, el compartimento de cátodo y el compartimento de ánodo tenían 10 compartimentos, respectivamente, que constituían una conexión en serie de 10 pares.
- Junta
- 50 La junta estaba realizada de caucho de EPDM y tenía una resistencia a la tracción a una deformación del 100 % de 4,0 MPa y un grosor de 4,0 mm.
- Cabecera, conducto
- 55 Tal como se ilustra en la figura 9, se proporcionaron conductos 20 (una tubería 20Oai de distribución de líquido para ánodo, una tubería 20Oci de distribución de líquido para cátodo, una tubería 20Oao de recogida de líquido para ánodo y una tubería 20Oco de recogida de líquido para cátodo) que distribuyen y recogen electrolito al exterior del alojamiento del electrolizador 50 bipolar según el ejemplo de referencia C. Además, como cabeceiras 10 que permiten que el electrolito pase a través de los conductos 20 hasta el compartimento 5 de electrodo, se conectaron manguitos (una cabecera 10Oai de entrada de ánodo, una cabecera 10Oci de entrada de cátodo, una cabecera 10Oao de salida de ánodo y una cabecera 10Oco de salida de cátodo) al exterior del electrolizador 50.
- 60
- 65 En este contexto, tal como se ilustra en la figura 9, las cabeceiras 10 (la cabecera 10Oai de entrada de ánodo, la cabecera 10Oci de entrada de cátodo, la cabecera 10Oao de salida de ánodo y la cabecera 10Oco de salida de cátodo) estaban todas dispuestas de tal manera que se extendían al exterior desde el lado de la pared 1 de

división del elemento 60 bipolar. Además, tal como se ilustra en la figura 9, los conductos 20 (la tubería 20Oai de distribución de líquido para ánodo, la tubería 20Oci de distribución de líquido para cátodo, la tubería 20Oao de recogida de líquido para ánodo y la tubería 20Oco de recogida de líquido para cátodo) estaban todos dispuestos de tal manera que se extendían en la dirección perpendicular a la pared 1 de división del elemento 60 bipolar.

5 De esta manera, se produjo el electrolizador 50 de tipo de cabecera 100 externa.

Se hizo fluir el electrolito hasta el compartimento 5c de cátodo a través de la cabecera 100ci de entrada de cátodo, y desde el compartimento 5c de cátodo a través de la cabecera 100co de salida de cátodo. Además, se hizo fluir el electrolito hasta el compartimento 5a de ánodo a través de la cabecera 100ai de entrada de ánodo, y desde el compartimento 5a de ánodo a través de la cabecera 100co de salida de ánodo.

15 Tal como se ilustra en la figura 9, el manguito de entrada está conectado a un extremo en el lado inferior del armazón 3 externo que tiene una forma rectangular en una vista en planta, y el manguito de salida está conectado a la porción superior en el lado que es continuo con el otro extremo en el lado inferior del armazón 3 externo que tiene una forma rectangular en una vista en planta. El manguito de entrada y el manguito de salida se dispusieron, en el compartimento 5 de electrolisis que tiene una forma rectangular en una vista en planta, de tal manera que están uno frente a otro a través del centro del compartimento 5 de electrodo. El electrolito fluyó desde abajo hacia arriba con una inclinación con respecto a la dirección vertical, y subió a lo largo de la superficie de electrodo.

20 En el electrolizador 50 bipolar según el ejemplo de referencia C, el electrolito fluyó al interior del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo desde los manguitos de entrada del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo, respectivamente, y el electrolito y el gas producido fluyeron desde los manguitos de salida del compartimento 5a de ánodo y el compartimento 5c de cátodo fuera del electrolizador 50.

30 En el compartimento 5c de cátodo, se genera gas de hidrógeno mediante electrolisis, y en el compartimento 5a de ánodo, se genera gas de oxígeno mediante electrolisis. Por tanto, en la cabecera 100co de salida de cátodo anteriormente mencionada, se produjo un flujo de fase mixta del electrolito y el gas de hidrógeno, y en la cabecera 100ao de salida de ánodo, se produjo un flujo de fase mixta del electrolito y el gas de oxígeno.

El electrolizador bipolar según el ejemplo de referencia C1 se produjo según los siguientes procedimientos.

35 Se unió una muestra de cátodo A a la superficie de cátodo del armazón bipolar y se unió una muestra de ánodo A a la superficie de ánodo del armazón bipolar para obtener un elemento bipolar. Además, se unió una muestra de cátodo A a un armazón de terminal de cátodo para obtener un elemento de terminal de cátodo, y se unió una muestra de ánodo A a un armazón de terminal de ánodo para obtener un elemento de terminal de ánodo.

40 Se ajustó el área S1 de los electrodos (ánodo y cátodo) unidos al elemento bipolar hasta $0,25 \text{ m}^2$, se ajustó el grosor d del elemento bipolar hasta $0,033 \text{ m}$ y se ajustaron los grosores del elemento de terminal de cátodo y el elemento de terminal de ánodo hasta $0,0125 \text{ m}$.

45 Se prepararon nueve de los elementos bipolares anteriormente mencionados. Además, se prepararon uno del elemento de terminal de cátodo y el elemento de terminal de ánodo anteriormente mencionados para cada uno.

Se unió una junta a armazones de metal de la totalidad del elemento bipolar, el elemento de terminal de cátodo y el elemento de terminal de ánodo.

50 Se interpuso un fragmento de muestra de membrana A entre el elemento de terminal de ánodo y el lado de cátodo del elemento bipolar. Se dispusieron nueve elementos bipolares en serie de tal manera que un lado de ánodo y el otro lado de cátodo de elementos bipolares adyacentes estaban uno frente a otro, y se interpusieron cada uno de ocho fragmentos de muestras de membrana A entre elementos bipolares adyacentes. Además, se interpuso un fragmento de muestra de membrana A entre el lado de ánodo del noveno elemento bipolar y el elemento de terminal de cátodo, que se apretó mediante una máquina de prensado y se usaron el cabezal rápido, la placa aislante y el cabezal suelto. De esta manera, se obtuvo un electrolizador bipolar de tipo de cabecera externa.

60 El sistema de electrolisis de agua alcalina tal como se ilustra en la figura 11 se produjo usando una bomba de alimentación, un depósito de separación de gas-líquido, un dispositivo de reposición de agua o similares, todos los cuales se han usado habitualmente en la técnica.

El método de electrolisis de agua alcalina usando un sistema de electrolisis de agua alcalina se llevó a cabo en las siguientes condiciones.

65 Se usó una disolución acuosa de KOH al 30 % como electrolito.

5 La circulación del compartimento de ánodo, el depósito de separación de oxígeno (un depósito de separación de gas-líquido para ánodo) y el compartimento de ánodo, y la circulación del compartimento de cátodo, el depósito de separación de hidrógeno (un depósito de separación de gas-líquido para cátodo) y el compartimento de cátodo se llevaron a cabo mediante una bomba de alimentación. La temperatura del electrolito se ajustó hasta 90 °C.

10 Obsérvese que, como conductos de circulación, se usó un sistema de tuberías de acero al carbono 20 A SGP habiéndose sometido las porciones en contacto con electrolito a revestimiento de superficie interna con Teflon® (Teflon es una marca registrada en Japón, otros países o ambos).

15 Se preparó un depósito de separación de gas-líquido que tenía una altura de 1.400 mm y una capacidad de 1 m³. El volumen de líquido en el depósito de separación de gas-líquido era de aproximadamente el 50 % de la capacidad de diseño.

20 Se midió la presión en el electrolizador mediante un manómetro de presión, y se llevó a cabo la electrolisis ajustando para obtener la presión de lado de compartimento de cátodo de 50 kPa y la presión de lado de compartimento de ánodo de 49 kPa. El ajuste de presión se llevó a cabo mediante válvulas de control de presión instaladas aguas abajo de cada manómetro de presión.

25 Ejemplo de referencia C2

El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia C1. El gas de hidrógeno se introdujo desde la tubería 85 de introducción de hidrógeno hasta el lado de cátodo durante 12 horas consecutivas ajustando la válvula 83 de control para obtener la velocidad de flujo de gas de hidrógeno de 1 m³/m²/h.

Ejemplo de referencia C3

30 Se ajustó cátodo A hasta 1.200 cm × 2.400 cm mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de cátodo A.

Se ajustó el ánodo A hasta 1.200 cm × 2.400 cm mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de ánodo A.

35 Se ajustó la membrana A hasta 1.202 cm × 2.402 cm mediante un procedimiento de corte para obtener una muestra de membrana A.

40 Aparte de las cuestiones anteriormente mencionadas, el sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia C1.

(Ejemplo de referencia C4)

45 El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia C4. El gas de hidrógeno se introdujo desde la tubería 85 de introducción de hidrógeno hasta el lado de cátodo durante 12 horas consecutivas ajustando la válvula 83 de control para obtener la velocidad de flujo de gas de hidrógeno de 1 m³/m²/h.

Ejemplo de referencia C5

50 El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia C1 y se dejó durante 12 horas sin introducir hidrógeno desde la tubería 85 de introducción de hidrógeno hasta el lado de cátodo.

Ejemplo de referencia C6

55 El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia C1. El gas de hidrógeno se introdujo desde la tubería 85 de introducción de hidrógeno hasta el lado de cátodo durante 12 horas consecutivas ajustando la válvula 83 de control para obtener la velocidad de flujo de gas de hidrógeno de 0,0000009 m³/m²/h.

60 Ejemplo de referencia C7

65 El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia C1. El gas de hidrógeno se introdujo desde la tubería 85 de introducción de hidrógeno hasta el lado de cátodo durante 12 horas consecutivas ajustando la válvula 83 de control para obtener la velocidad de flujo de gas de hidrógeno de 1,1 m³/m²/h.

Ejemplo de referencia C8

5 El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia C4 y se dejó durante 12 horas sin introducir hidrógeno desde la tubería 85 de introducción de hidrógeno hasta el lado de cátodo.

Ejemplo de referencia C9

10 El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia C4. El gas de hidrógeno se introdujo desde la tubería 85 de introducción de hidrógeno hasta el lado de cátodo durante 12 horas consecutivas ajustando la válvula 83 de control para obtener la velocidad de flujo de gas de hidrógeno de 0,0000009 m³/m²/h.

15 Ejemplo de referencia C10

20 El sistema de electrolisis de agua alcalina se produjo de la misma manera que en el ejemplo de referencia C4. El gas de hidrógeno se introdujo desde la tubería 85 de introducción de hidrógeno hasta el lado de cátodo durante 12 horas consecutivas ajustando la válvula 83 de control para obtener la velocidad de flujo de gas de hidrógeno de 1,1 m³/m²/h.

La electrolisis de agua alcalina según el ejemplo de referencia C se evaluó de la siguiente manera.

Prueba de electrolisis 1

25 Se midieron las tensiones de celda de las celdas electrolíticas 12 horas tras iniciar el paso de corriente con la densidad de corriente de 10 kA/m² para calcular los valores medios aritméticos. Después de eso, se detuvo la electrolisis. Se introdujo el gas de hidrógeno desde la tubería 85 de introducción de hidrógeno hasta el lado de cátodo durante 12 horas consecutivas ajustando la válvula 83 de control para obtener la velocidad de flujo de gas de hidrógeno de 0,000001 m³/m²/h. Se midió la cantidad de introducción de hidrógeno con un medidor 84 de flujo de gas. La serie de operaciones anteriormente mencionada de paso de corriente y parada de electrolisis se definió como una operación de SD, y se repitió la operación de SD 2.000 veces en total. La tabla 3 muestra los resultados de la prueba de electrolisis 1 con respecto al ejemplo de referencia C.

35 Tabla 3

	Sistema de electrolisis		Paso de corriente • Generación de hidrógeno		Parada • Introducción de hidrógeno		Razón de introducción de hidrógeno	Prueba de electrolisis			
	Válvula de control para tubería de introducción tubería	Área de electrodo	Capacidad de producción de hidrógeno	Cantidad de generación de hidrógeno total (paso de corriente durante 12 h)	Cantidad de introducción de hidrógeno	Cantidad de generación de hidrógeno total (suspensión durante 12 h)		Tensión de celda			
								Inicial	SD 100 veces	SD 1.000 veces	SD 2.000 veces
con/sin	m ²	m ³ /m ² /h	m ³ /m ²	m ³ /m ² /h	m ³ /m ²	%	V	V	V	V	
Ejemplo de referencia C1	con	0,25	2,51	30,12	0,000001	0,000012	0,00004	1,81	1,8	1,82	1,84
Ejemplo de referencia C2	con	0,25	2,51	30,12	1	12	39,84064	1,79	1,79	1,81	1,8
Ejemplo de referencia C3	con	2,7	2,51	30,12	0,000001	0,000012	0,00004	1,81	1,81	1,82	1,85
Ejemplo	con	2,7	2,51	30,12	1	12	39,84064	1,8	1,79	1,81	1,8

de referencia C4											
Ejemplo de referencia C5	sin	0,25	2,51	30,12	0	0	0,00000	1,79	1,85	1,9	2,2
Ejemplo de referencia C6	con	0,25	2,51	30,12	0,0000009	0,0000108	0,00004	1,81	1,8	1,92	2
Ejemplo de referencia C7	con	0,25	2,51	30,12	1,1	13,2	43,82470	1,79	1,78	1,81	1,79
Ejemplo de referencia C8	sin	2,7	2,51	30,12	0	0	0,00000	1,79	1,85	1,9	2,2
Ejemplo de referencia C9	con	2,7	2,51	30,12	0,0000009	0,0000108	0,00004	1,81	1,8	1,92	2
Ejemplo de referencia	con	2,7	2,51	30,12	1,1	13,2	43,82470	1,79	1,79	1,81	1,8

5 Con respecto a los ejemplos de referencia C1 y C3, la celda tensión sólo aumentó docenas de mV, lo cual estaba dentro del intervalo permisible, aunque aumente el número de operaciones de SD. La cantidad de introducción de hidrógeno total fue de casi el 0 %, y el factor de uso de hidrógeno generado mediante electrolisis fue relativamente bajo.

10 La durabilidad la operación de SD de los ejemplos de referencia C2 y C4 fue superior a la de los ejemplos de referencia C1 y C3. La cantidad de introducción de hidrógeno total fue del 39,8 % y no fue necesario usar en exceso el hidrógeno generado mediante electrolisis.

Con respecto a los ejemplos de referencia C5, C6, C8 y C9, la tensión de celda aumentó a medida que aumentó el número de operaciones de SD, y superó 2 V cuando el número de operaciones de SD alcanzó 2.000 veces.

15 Con respecto a los ejemplos de referencia C7 y C10, la tensión de celda sólo aumentó docenas de mV, lo cual estaba dentro del intervalo permisible, aunque aumente el número de operaciones de SD. La cantidad de introducción de hidrógeno total fue del 40 % o más y el factor de uso del hidrógeno generado mediante electrolisis fue relativamente alto.

20 **Aplicabilidad industrial**

Según la presente divulgación, cuando se lleva a cabo la electrolisis de agua en un entorno de suministro de potencia fluctuante tal como energía fotovoltaica y energía eólica, puede prevenirse la fuga de presión cuando se detiene el funcionamiento, una disminución de la presión de gas debido a una disminución de la temperatura de electrolito, y un aumento de una presión diferencial entre el lado de compartimento de ánodo y el lado de compartimento de cátodo.

25 **Lista de signos de referencia**

- 30 1 pared de división
- 2 electrodo
- 2a ánodo
- 35 2c cátodo
- 2e cuerpo elástico conductor

ES 2 985 127 T3

	2r	colector de corriente
	3	armazón externo
5	4	membrana
	5	compartimento de electrodo
	5a	compartimento de ánodo
10	5c	compartimento de cátodo
	5i	entrada de electrolito
15	5o	salida de electrolito
	5ai	entrada de electrolito de ánodo
	5ao	salida de electrolito de ánodo
20	5ci	entrada de electrolito de cátodo
	5co	salida de electrolito de cátodo
25	6	distribuidor (nervadura)
	6a	distribuidor de ánodo (nervadura de ánodo)
	6c	distribuidor de cátodo (nervadura de cátodo)
30	7	junta
	10	cabecera
35	10ai	cabecera de entrada de ánodo
	10ao	cabecera de salida de ánodo
	10ci	cabecera de entrada de cátodo
40	10co	cabecera de salida de cátodo
	10l	cabecera interna
45	10lai	cabecera de entrada de ánodo
	10lao	cabecera de salida de ánodo
	10lci	cabecera de entrada de cátodo
50	10lco	cabecera de salida de cátodo
	10O	cabecera externa
55	10Oai	cabecera de entrada de ánodo (manguito de lado de entrada de ánodo)
	10Oao	cabecera de salida de ánodo (manguito de lado de salida de ánodo)
	10Oci	cabecera de entrada de cátodo (manguito de lado de entrada de cátodo)
60	10Oco	cabecera de salida de cátodo (manguito de lado de salida de cátodo)
	20	conducto
65	20ai	tubería de distribución de líquido para ánodo

ES 2 985 127 T3

	20ao	tubería de recogida de líquido para ánodo
	20ci	tubería de distribución de líquido para cátodo
5	20co	tubería de recogida de líquido para cátodo
	20lai	tubería de distribución de líquido para ánodo
10	20lao	tubería de recogida de líquido para ánodo
	20lci	tubería de distribución de líquido para cátodo
	20lco	tubería de recogida de líquido para cátodo
15	20Oai	tubería de distribución de líquido para ánodo
	20Oao	tubería de recogida de líquido para ánodo
	20Oci	tubería de distribución de líquido para cátodo
20	20Oco	tubería de recogida de líquido para cátodo
	50	electrolizador bipolar
25	51g	cabezal rápido, cabezal suelto
	51i	placa aislante
	51a	elemento de terminal de ánodo
30	51c	elemento de terminal de cátodo
	51r	tirante
35	60	elemento bipolar
	65	celda electrolítica
	70	sistema de electrolisis de agua alcalina
40	71	bomba de alimentación
	72	depósito de separación de gas-líquido
45	72h	depósito de separación de hidrógeno
	72o	depósito de separación de oxígeno
	73	dispositivo de reposición de agua
50	74	rectificador
	75	medidor de concentración de oxígeno
55	76	medidor de concentración de hidrógeno
	77	medidor de flujo
	80	válvula de control de presión (válvula)
60	81	válvula de control de presión (válvula)
	82	válvula de control de presión (válvula)
65	83	válvula de control de presión (válvula)

ES 2 985 127 T3

	84	válvula de control de presión (válvula)
	85	válvula de control de presión (válvula)
5	86	válvula de control de presión (válvula)
	87	válvula de control de presión (válvula)
	90	separador de niebla
10	91	enfriador de gas
	92	recipiente estanco
15	100h	línea de gas de hidrógeno
	100o	línea de gas de oxígeno
	D1	dirección dada a lo largo de la pared de división (sentido de paso de electrolito)
20	H ₂ l	medidor de concentración para hidrógeno en gas de oxígeno (medidor de concentración de oxígeno)
	O ₂ l	medidor de concentración para oxígeno en gas de hidrógeno (medidor de concentración de hidrógeno)
25	PI	manómetro de presión
	PI1	manómetro de presión
	PI2	manómetro de presión
30	TI	termómetro
	PV	válvula de control de presión
35	PV1	válvula de control de presión
	PV2	válvula de control de presión
40	Z	estructura de hueco nulo

REIVINDICACIONES

1. Sistema (70) de electrolisis de agua alcalina que comprende una línea (100h) de gas de hidrógeno y una línea (100o) de gas de oxígeno, cada una conectada a un electrolizador (50), en el que
- 5 al menos una de la línea (100h) de gas de hidrógeno y la línea (100o) de gas de oxígeno está dotada de un medidor (O₂, H₂) de concentración de gas, un manómetro (PI) de presión y una válvula (PV) de control de presión, caracterizado porque el sistema (70) comprende además:
- 10 un compartimento (5) de electrodo incluido en el electrolizador (50);
- un controlador (91) configurado para controlar la velocidad de flujo de circulación de electrolito dependiendo de la densidad de corriente aplicada al compartimento (5) de electrodo; y
- 15 una tubería (90) de unión conectada a un depósito (72h) de separación de hidrógeno configurado para separar el electrolito del gas de hidrógeno y un depósito (72o) de separación de oxígeno configurado para separar el electrolito del gas de oxígeno.
2. Sistema (70) de electrolisis de agua alcalina según la reivindicación 1, que comprende además un mecanismo configurado para ajustar automáticamente la apertura de la válvula (PV) de control de presión.
- 20 3. Sistema (70) de electrolisis de agua alcalina según la reivindicación 1, en el que el medidor (O₂, H₂) de concentración de gas está dispuesto en paralelo con la válvula (PV) de control de presión, y la línea para el medidor (O₂, H₂) de concentración de gas está dotada de un mecanismo que puede controlar la presión y/o velocidad de flujo.
- 25 4. Sistema (70) de electrolisis de agua alcalina según la reivindicación 1, en el que el medidor (O₂, H₂) de concentración de gas está dispuesto en un lado aguas arriba de la válvula (PV) de control de presión.
- 30 5. Sistema (70) de electrolisis de agua alcalina según la reivindicación 1, en el que el medidor (O₂, H₂) de concentración de gas está dispuesto en el lado aguas abajo de la válvula (PV) de control de presión.
6. Sistema (70) de electrolisis de agua alcalina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que funciona con un suministro de potencia fluctuante.
- 35 7. Método de producción de hidrógeno que comprende, producir hidrógeno mediante electrolisis de agua que contiene álcalis usando un sistema (70) que incluye un electrolizador (50), en el que:
- 40 el sistema (70) incluye una línea (100h) de gas de hidrógeno y una línea (100o) de gas de oxígeno, cada una conectada al electrolizador (50);
- la línea (100h) de gas de hidrógeno y la línea (100o) de gas de oxígeno están dotadas de un medidor (O₂, H₂) de concentración de gas, un manómetro (PI) de presión y una válvula (PV) de control de presión;
- 45 un compartimento (5) de electrodo está incluido en el electrolizador (50);
- un controlador (91) configurado para controlar la velocidad de flujo de circulación de electrolito dependiendo de la densidad de corriente aplicada al compartimento (5) de electrodo; y
- 50 una tubería (90) de unión está conectada a un depósito (72h) de separación de hidrógeno configurado para separar el electrolito del gas de hidrógeno y un depósito (72o) de separación de oxígeno configurado para separar el electrolito del gas de oxígeno;
- 55 en el que la válvula (PV) de control de presión se controla basándose en datos de presión del manómetro (PI) de presión de la línea (100h) de gas de hidrógeno y el manómetro (PI) de presión de la línea (100o) de gas de oxígeno; y
- se ajusta la diferencia de presión entre la línea (100h) de gas de hidrógeno y la línea (100o) de gas de oxígeno.
- 60 8. Método según la reivindicación 7, que comprende además:
- 65 controlar, usando el sistema (70) de electrolisis de agua alcalina según la reivindicación 1, la velocidad de flujo de circulación del electrolito dependiendo de una densidad de corriente aplicada al compartimento (5) de electrodo; y
- mezclar el electrolito descargado a partir del depósito (72h) de separación de hidrógeno y el electrolito

descargado a partir del depósito (72o) de separación de oxígeno mediante la tubería (90) de unión e introducir una mezcla en el compartimento (5) de electrodo.

5 9. Sistema (70) de electrolisis de agua alcalina según la reivindicación 1, que comprende además:

un compartimento (5) de cátodo incluido en un electrolizador (50); y

10 un depósito (81h) de hidrógeno que está conectado al compartimento (5) de cátodo mediante una tubería (84h) de introducción de hidrógeno en un lado aguas arriba en el sentido de paso de electrolito y configurado para almacenar gas de hidrógeno que va a introducirse en el compartimento (5) de cátodo.

10. Método según la reivindicación 7, que comprende además introducir gas de hidrógeno en el compartimento (5) de cátodo a través de la tubería (84h) de introducción de hidrógeno cuando se detiene la electrolisis, usando el sistema (70) de electrolisis de agua alcalina según la reivindicación 9.

15 11. Sistema (70) de electrolisis de agua alcalina según la reivindicación 1, que comprende:

un electrolizador (50) que incluye un compartimento (5a) de ánodo; y

20 un depósito (81o) de oxígeno que está conectado al compartimento (5a) de ánodo mediante una tubería (84o) de introducción de oxígeno en el lado aguas arriba en el sentido de paso de electrolito y configurado para almacenar gas de oxígeno que va a introducirse en el compartimento (5a) de ánodo.

25 12. Método según la reivindicación 7, que comprende además, cuando se detiene la electrolisis, introducir gas de oxígeno en el compartimento (5a) de ánodo a través de la tubería (84o) de introducción de oxígeno, usando el sistema (70) de electrolisis de agua alcalina según la reivindicación 11.

13. Método según la reivindicación 10 ó 12, en el que se usa un suministro de potencia fluctuante.

FIG. 1

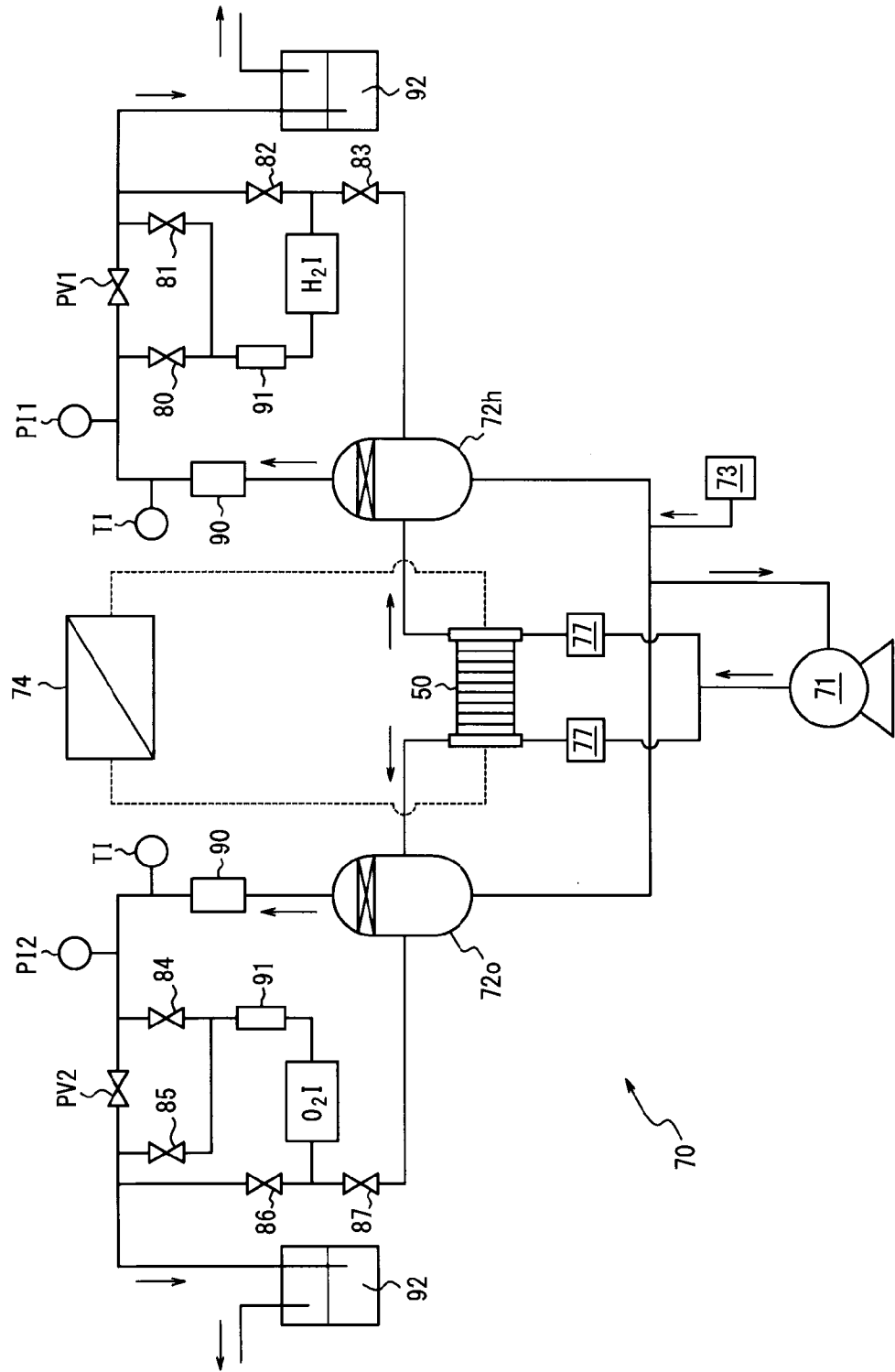


FIG. 2

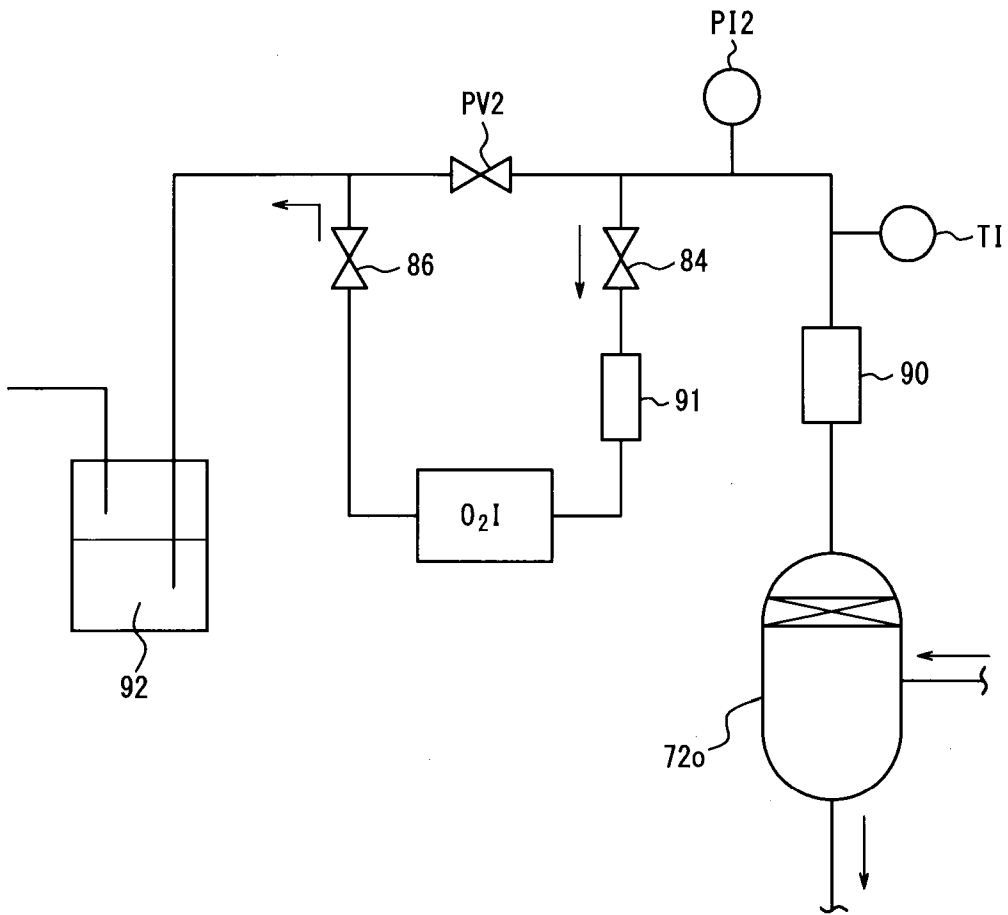


FIG. 3

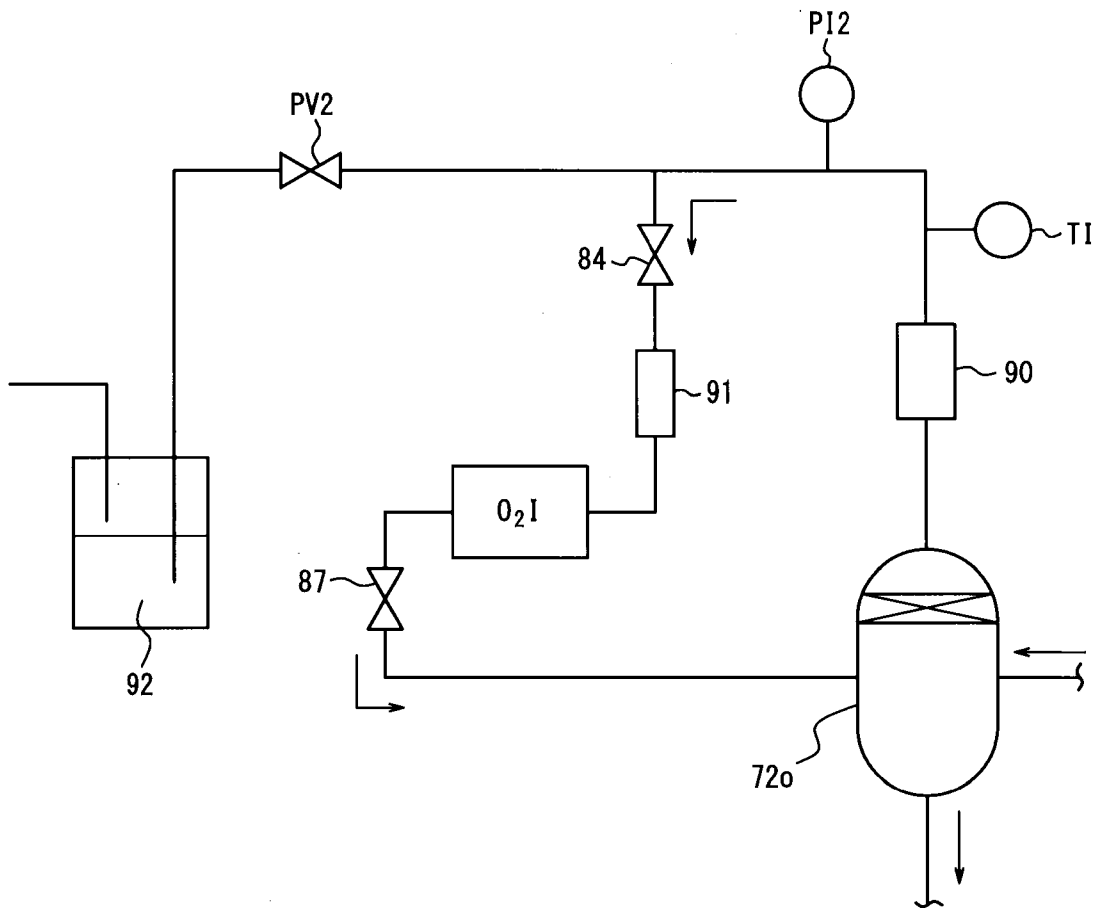


FIG. 4

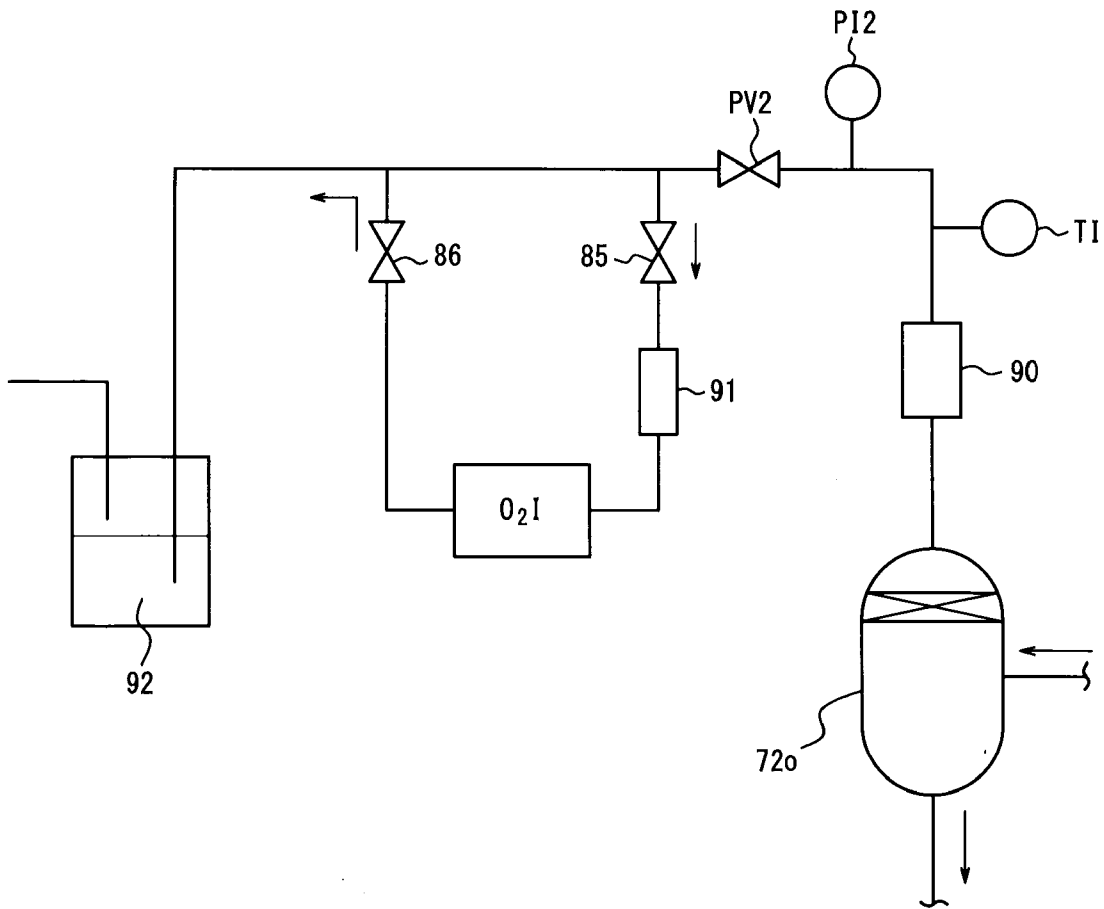


FIG. 5

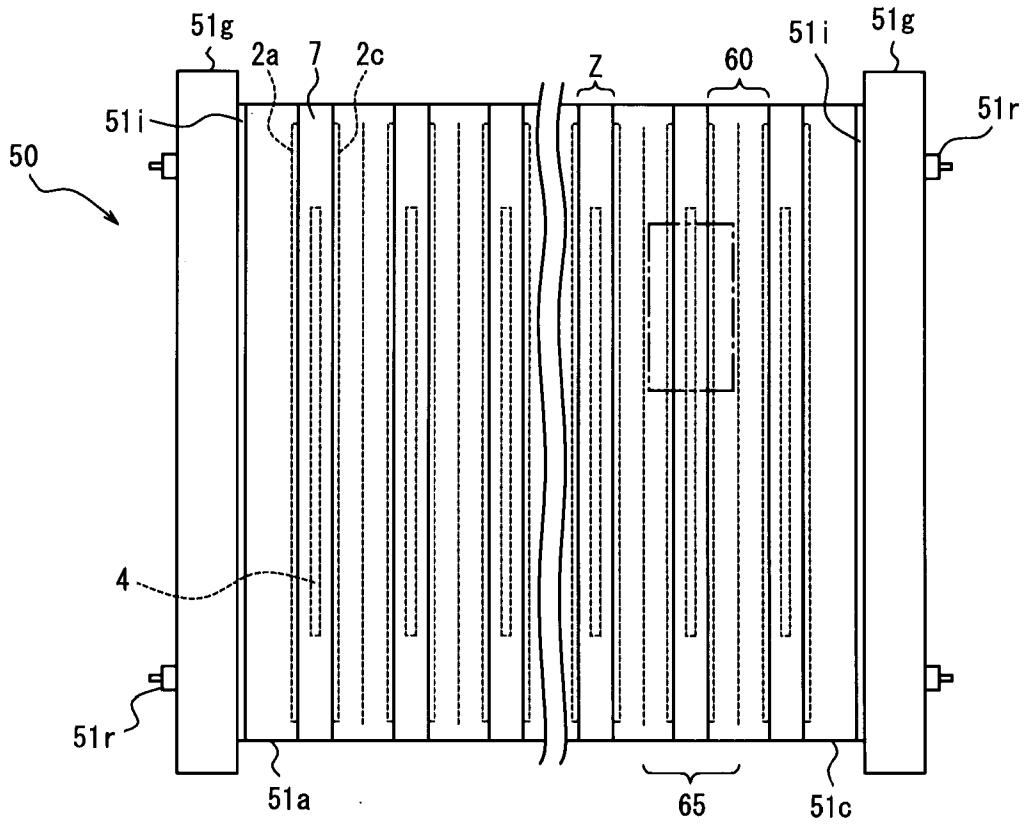


FIG. 6

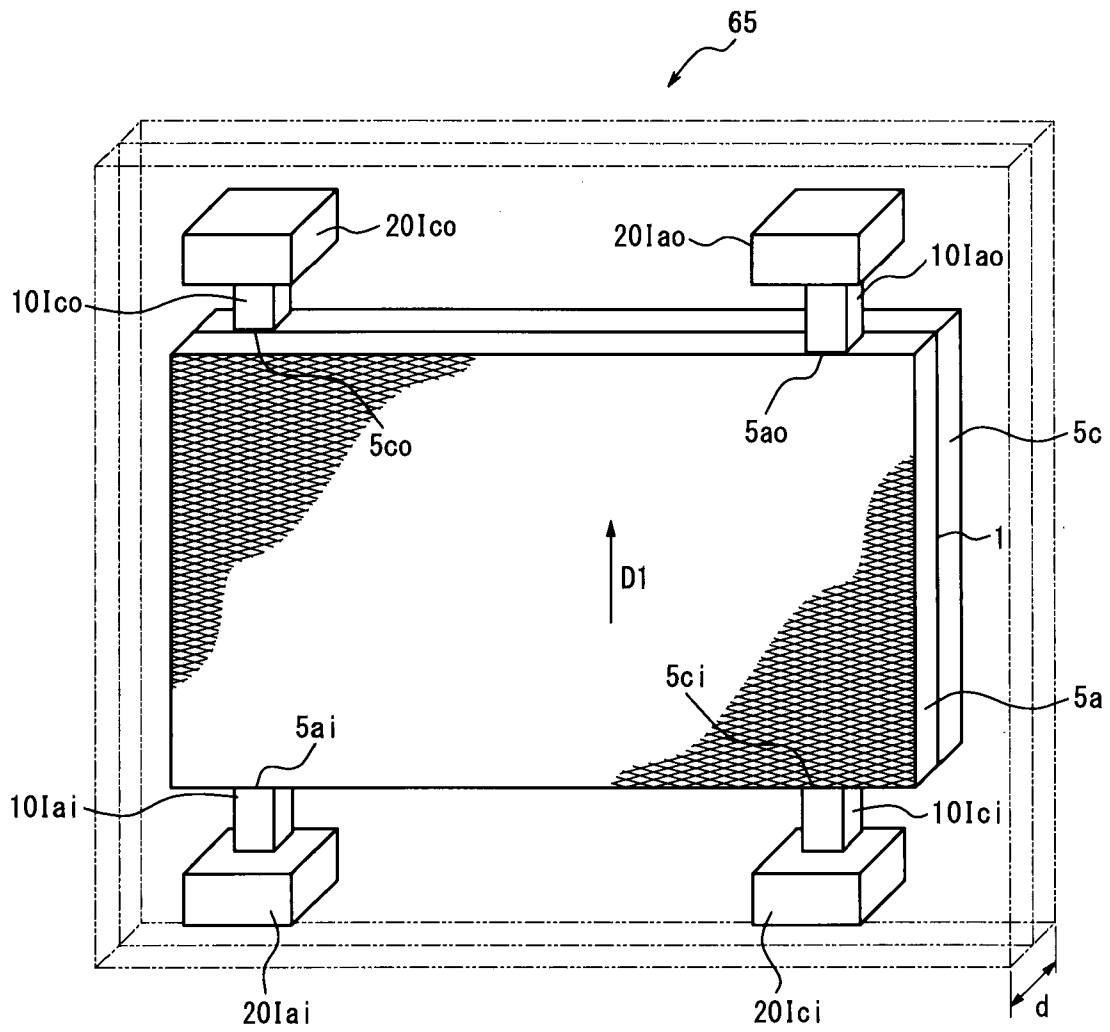


FIG. 7

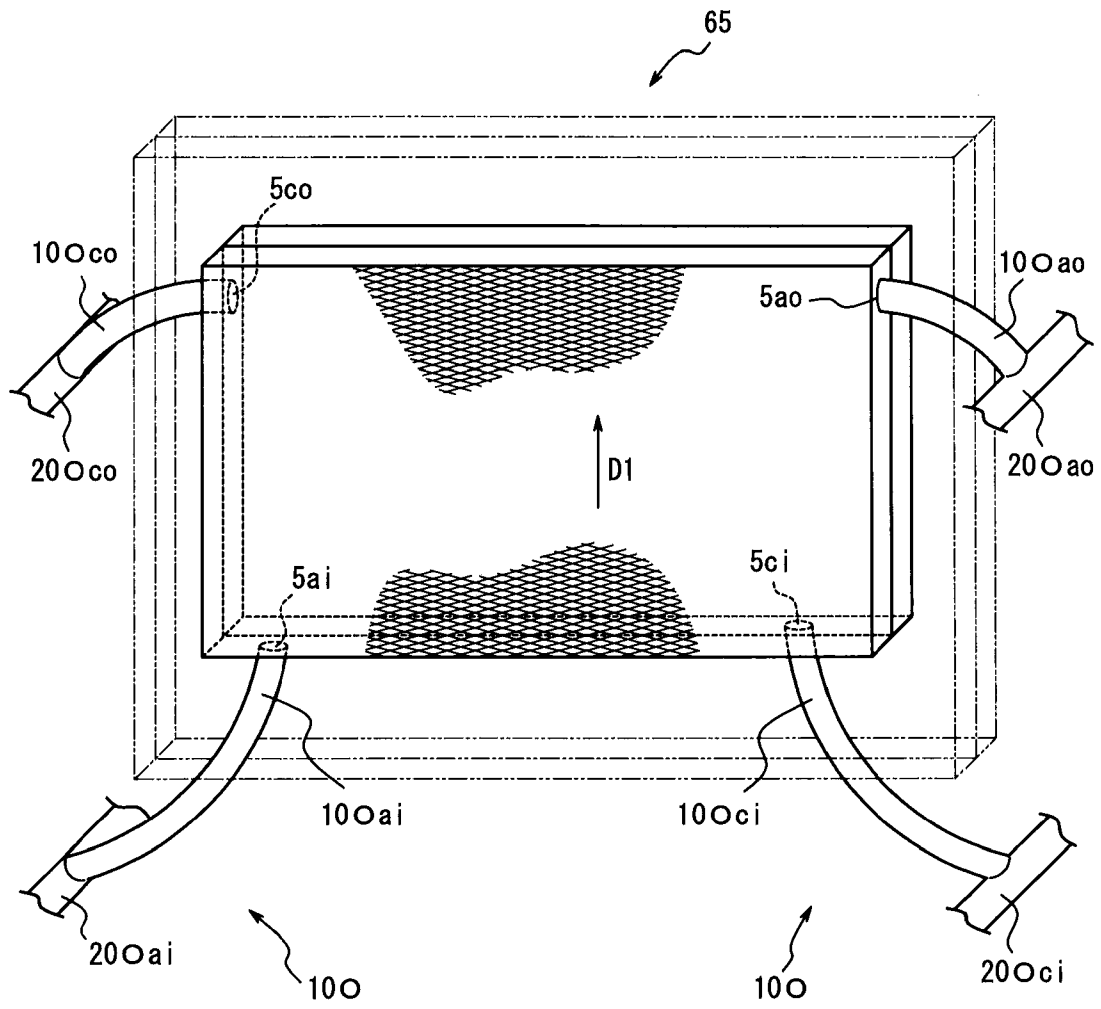


FIG. 8

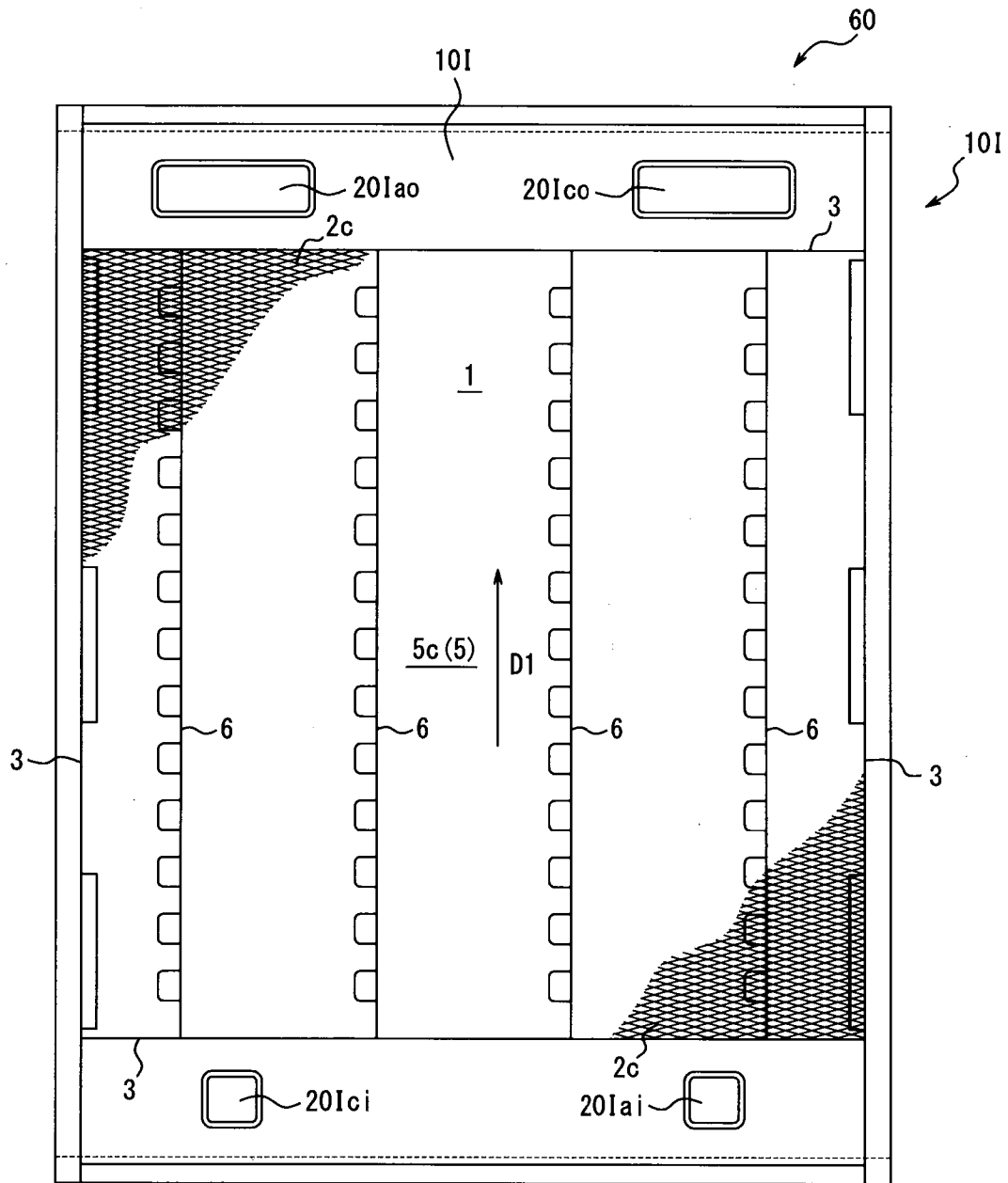


FIG. 9

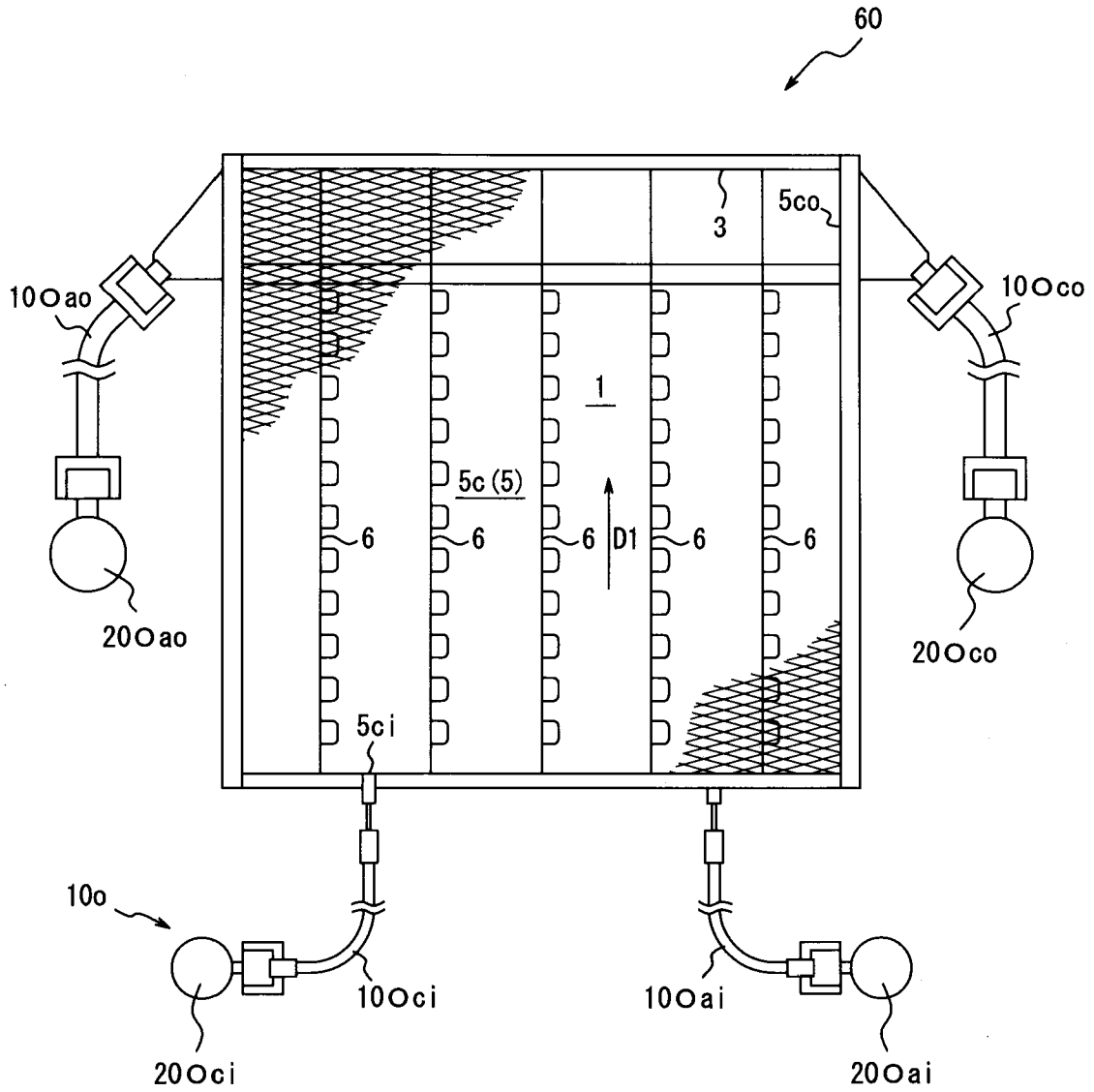


FIG. 10

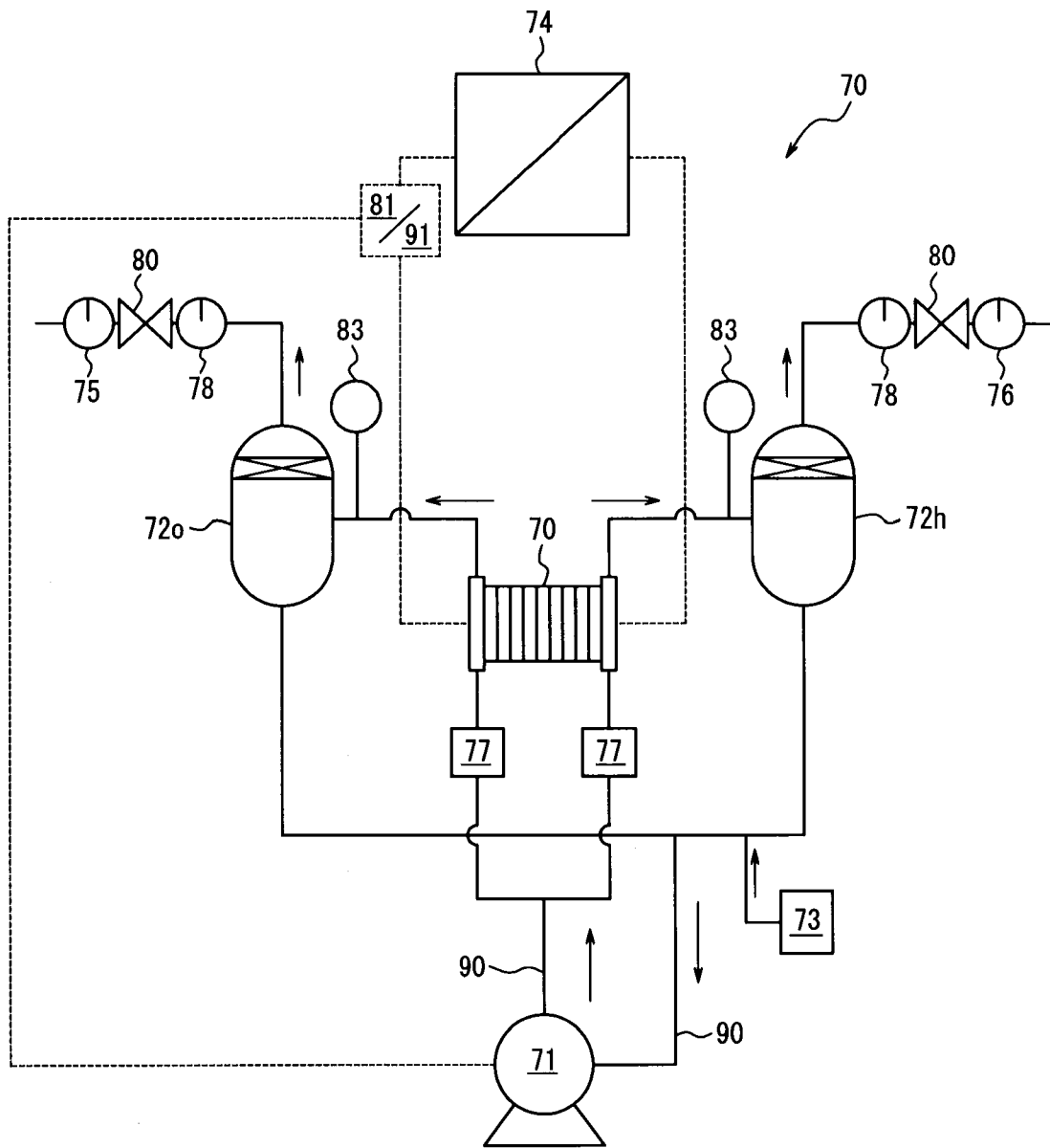


FIG. 11

