

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 906 235**

51 Int. Cl.:

**C25B 1/04** (2011.01)

**C25B 9/05** (2011.01)

**C25B 9/73** (2011.01)

**C25B 15/02** (2011.01)

**C25B 15/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2018** **E 18163252 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.09.2021** **EP 3543375**

54 Título: **Sistema electrolizador de alta presión que comprende un sistema de compensación de presión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.04.2022**

73 Titular/es:

**HYMETH APS (100.0%)**  
**Maskinvej 5**  
**2860 Søborg, DK**

72 Inventor/es:

**BISHWAS, SUMON**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 906 235 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 electrolizador de alta presión que comprende un sistema de compensación de presión

## 5 Campo técnico

La presente divulgación se relaciona con la electrólisis y en particular a la electrólisis de alta presión.

## Antecedentes

10

La electrólisis del agua es un proceso en el que las moléculas de agua se descomponen, formando gas hidrógeno y gas oxígeno. Este proceso ocurre como resultado de una corriente eléctrica que fluye entre dos electrodos sumergidos en agua.

15

Para ciertas aplicaciones, puede ser deseable comprimir el gas hidrógeno y el gas oxígeno generados en el proceso de electrólisis. Tradicionalmente, esta compresión de gas se ha realizado una vez que el gas se ha descargado del sistema electrolizador.

20

Más recientemente, se ha propuesto realizar la compresión de gas ya durante la electrólisis. Un ejemplo de un sistema de electrolizador de alta presión se describe en el documento US 20050072688 A1. El sistema incluye una bomba para bombear agua a las celdas electrolíticas, una válvula de retención que evita que el agua regrese a la bomba y una pila de electrolizador que comprende las celdas electrolíticas. El sistema está diseñado para soportar una presión diferencial de aproximadamente 13.8 MPa (138 bar) entre el lado del ánodo y el cátodo. Además, el sistema comprende una válvula reguladora de presión que controla el flujo de hidrógeno y, por tanto, la presión de hidrógeno en la trayectoria del flujo de hidrógeno. La diferencia de presión a la que se abre la válvula reguladora de presión para permitir que el hidrógeno fluya desde un separador a un tanque de almacenamiento se establece para hacer que la presión en un separador, la trayectoria del flujo de hidrógeno y el lado del cátodo del electrolizador alcancen la presión de producción de hidrógeno deseada. La válvula reguladora de presión permanece cerrada, lo que hace que la trayectoria del flujo del cátodo se mueva, mientras que se produce hidrógeno en el lado del cátodo del electrolizador. A medida que se continúa produciendo hidrógeno, la presión en el lado del cátodo del electrolizador, la trayectoria del flujo de hidrógeno y el separador aumentan hasta que se produce una diferencia de presión suficiente que hace que la válvula reguladora de presión se abra permitiendo que una parte del hidrógeno del separador pase al tanque de almacenamiento.

25

30

35

El documento DE 597180 C da a conocer un dispositivo para regular la presión de dos gases generados en descomponedores de presión electrolíticos.

40

El documento US 4 902 397 describe un dispositivo de control de presión diferencial de gas para una celda electrolítica que comprende un compartimento de ánodo en el que en funcionamiento se genera un gas, un compartimento de cátodo en el que en funcionamiento se genera un gas, una tubería que sale de el/los compartimento(s) de ánodo de la celda a través de la cual pasa el gas del ánodo en funcionamiento, y una tubería que va desde el/los compartimento(s) del cátodo de la celda a través del cual pasa el gas del cátodo en funcionamiento, en el cual el dispositivo de control comprende un controlador de flujo móvil colocado de modo que controle la flujo de gas de ánodo en la tubería y un controlador de flujo móvil colocado para controlar el flujo de gas de cátodo en la tubería, en el que los controladores de flujo están conectados operativamente, y en el que en funcionamiento los gases de ánodo y cátodo actúan independientemente sobre los controladores de flujo que controlan el flujo de gas de cátodo y de gas de ánodo respectivamente.

45

50

El documento US 2 695 874 A describe un dispositivo regulador de presión para celdas de diafragma generadoras de gas electrolítico. El dispositivo tiene un electrolizador conectado a una tubería con tuberías de reflujo de electrolito. El dispositivo tiene tubos colectores de gas para hidrógeno y oxígeno, conectados a un separador de gas respectivo. En caso de presión reducida en el separador de gas, el nivel de electrolito aumenta en el separador de gas haciendo que se abra una válvula controlada por flotador para que fluya más gas a través de una salida de gas.

55

El documento GB 473 103 A describe que los gases, por ejemplo, hidrógeno y oxígeno, de un descomponedor electrolítico que trabaja a presión son conducidos por tuberías respectivamente a las extremidades de un tubo en forma de "U" que contiene líquido en el que se sumergen campanas que accionan válvulas de descarga. El interior de las campanas está conectado por tuberías a un recipiente que contiene un gas neutro no apreciablemente soluble en el líquido de llenado.

60

El recipiente está conectado a través de una válvula a un cilindro de suministro y está provisto de una válvula de descarga. De este modo se mantiene una presión arbitrariamente ajustable dentro de las campanas y se igualan las presiones a las que se descargan el hidrógeno y el oxígeno y se regula la presión absoluta.

65

El documento US 2004/072040 A1 describe un sistema de almacenamiento de energía que tiene un primer tanque presurizado para transportar agua y gas hidrógeno y un segundo tanque presurizado para transportar agua y gas oxígeno. Una primera línea de salida se conecta al tanque presurizado para transportar gas hidrógeno desde el tanque. Una segunda línea de salida se conecta al segundo tanque presurizado para transportar gas oxígeno desde el segundo tanque. El sistema de almacenamiento de energía tiene una válvula de alivio de presión diferencial conectada a las líneas de

salida para mantener los gases dentro de un diferencial de presión definido. Una línea de agua se conecta a ambos tanques presurizados para mantener los niveles de agua relativos en los tanques. Un electrolizador se mantiene bajo presión y recibe agua de al menos uno de los tanques presurizados y crea gas hidrógeno y gas oxígeno para su almacenamiento en los tanques presurizados. Un acumulador se conecta a las líneas de salida y tiene un diafragma móvil que separa los gases y se mueve para ajustar el volumen para igualar la presión. Un sistema de regeneración que tiene el sistema de almacenamiento de energía y una celda de combustible para generar energía eléctrica se conecta a las líneas de salida. Una campana de catalizador se superpone al electrolizador. En una realización preferida del sistema de regeneración, tanto el electrolizador como la pila de combustible tienen una membrana de intercambio de protones. Una matriz solar está conectada al electrolizador en el sistema de regeneración.

#### Breve descripción

El diseño en US 20050072688 A1 requiere que los lados del cátodo y del ánodo estén contruidos para soportar una alta presión diferencial. Además, se basa en un sistema de control para controlar la válvula reguladora de presión para alcanzar una presión de producción de hidrógeno deseada.

En vista de lo anterior, un objeto general de la presente divulgación es proporcionar un sistema electrolizador de alta presión que resuelve, o al menos reduce, los problemas de la técnica anterior.

Por lo tanto, se proporciona un sistema de electrolizador de alta presión que comprende una pila de electrolizador provista de una salida de gas de oxígeno y una salida de gas de hidrógeno y una entrada de agua para llenar la pila de electrolizador con agua, una válvula de entrada de agua configurada para proporcionar una funcionalidad de válvula unidireccional de la entrada de agua, y un sistema de compensación de presión que comprende: una tubería de fluido que tiene una primera porción de tubería de fluido y una segunda porción de tubería de fluido, en donde la primera porción de tubería de fluido tiene una primera entrada de fluido y una primera salida de fluido para un primer flujo de fluido, en donde la segunda porción de tubería de fluido tiene una segunda entrada de fluido y una segunda salida de fluido para un segundo flujo de fluido separada del primer flujo de fluido, en donde la primera entrada de fluido está conectada a la salida de gas oxígeno y la segunda entrada de fluido está conectada al hidrógeno salida de gas y un compensador de presión dispuesto en la tubería de fluido, que separa la primera porción de la tubería de fluido y la segunda porción de la tubería de fluido, en donde el compensador de presión se configura para moverse en la tubería de fluido entre la primera salida de fluido y la segunda salida de fluido para obstruir al menos parcialmente una de la primera salida de fluido y la segunda salida de fluido en respuesta a las diferencias de presión entre la primera porción de la tubería de fluido y la segunda porción de tubería de fluido para proporcionar compensación de presión entre la primera porción de tubería de fluido y la segunda porción de tubería de fluido, en donde en una dirección desde la primera entrada de fluido hacia la segunda entrada de fluido a lo largo de la tubería de fluido, la primera salida de fluido está dispuesta después de la primera entrada de fluido seguida por la segunda salida de fluido seguida por la segunda entrada de fluido.

Cualquier diferencia de presión entre el interior de la primera porción de la tubería de fluido y el interior de la segunda porción de la tubería de fluido puede compensarse mediante el compensador de presión. La compensación de presión es robusta y no requiere sensores ni componentes electrónicos, como un controlador externo. Se puede obtener una presión igual o esencialmente igual en la primera porción de la tubería de fluido y la segunda porción de la tubería de fluido mediante el desplazamiento del compensador de presión en la tubería de fluido, de acuerdo con la diferencia de presión en un primer lado del compensador de presión que mira hacia la primera porción de tubería de fluido y un segundo lado que mira hacia la segunda porción de tubería de fluido. Por lo tanto, la compensación de presión es autoajutable.

El sistema de electrolizador de alta presión se debe a la presión del agua en la pila del electrolizador capaz de comprimir el gas hidrógeno y el gas oxígeno en la pila de electrolizador mientras se lleva a cabo la electrólisis. Esto elimina la necesidad de una compresión externa para comprimir el gas hidrógeno y el gas oxígeno. Además, no requiere ninguna energía adicional a la necesaria para la electrólisis. Por tanto, se puede obtener una compresión de gas de bajo coste.

Además, dado que se genera más gas hidrógeno que gas oxígeno durante la electrólisis, el sistema de compensación de presión asegura que la presión dentro de la pila del electrolizador se iguale. Si la presión en la primera porción de la tubería de fluido y la segunda porción de la tubería de fluido no se igualaran, las membranas que separan las cámaras de hidrógeno y las cámaras de oxígeno en la pila del electrolizador estarían sometidas a sobrepresión. Esta sobrepresión podría resultar en contaminación cruzada en las cámaras de hidrógeno y oxígeno a través de la membrana.

De acuerdo con una realización, el compensador de presión comprende un fluido incompresible. Por tanto, ambos extremos del compensador de presión se desplazarán en la tubería de fluido en respuesta a cualquier diferencia de presión entre la primera porción de tubería de fluido y la segunda porción de tubería de fluido.

De acuerdo con una realización, el fluido incompresible es un líquido.

De acuerdo con una realización, el compensador de presión comprende un primer émbolo y un segundo émbolo, en donde el fluido incompresible se proporciona entre el primer émbolo y el segundo émbolo que actúan para sellar el fluido incompresible entre ellos.

Una superficie del primer émbolo se somete a la presión en la primera porción de la tubería de fluido y una superficie de la segunda porción de la tubería de fluido se somete a la presión en la segunda porción de la tubería de fluido.

5 De acuerdo con una realización, la primera porción de tubería de fluido y la segunda porción de tubería de fluido están conectadas mediante un codo y el compensador de presión está ubicado en el codo. Esta configuración permite, por ejemplo, un diseño en forma de "U" de la tubería de fluido con la primera porción de tubería de fluido y la segunda porción de tubería de fluido extendiéndose en paralelo. De este modo, el primer flujo de fluido puede fluir directamente hacia el compensador de presión, sin codos, y lo mismo se aplica también al segundo flujo de fluido.

10 De acuerdo con una realización, la primera porción de tubería de fluido está provista de una primera válvula de descarga configurada para descargar fluido desde la primera porción de tubería de fluido en un estado inicial del sistema de flujo de fluido dual, y la segunda porción de tubería de fluido está provista de una segunda válvula de descarga configurada para descargar fluido de la segunda porción de la tubería de fluido en un estado inicial del sistema de flujo de fluido dual.

15 De esta manera, el aire contenido en la tubería de fluido puede evacuarse. Además, en caso de que el sistema de compensación de presión esté incluido en un sistema de electrolizador de alta presión que incluye una pila de electrolizador, se pueden evacuar los espacios interiores dentro de la pila de electrolizador que no están sumergidos en agua. La primera válvula de descarga y la segunda válvula de descarga pueden cerrarse cuando la tubería de fluido se ha vaciado de aire. En la electrólisis, por ejemplo, especialmente en un sistema de electrolizador de alta presión que comprime hidrógeno y oxígeno, es problemático comprimir estos elementos en presencia de aire.

20 La primera válvula de descarga se puede proporcionar esencialmente enfrentada, enfrentada o aguas arriba de la primera salida de fluido. La segunda válvula de descarga se puede proporcionar esencialmente enfrentada, enfrentada o aguas arriba de la segunda salida de fluido. Esto asegura que el aire pueda ser evacuado a través de la primera porción de tubería de fluido en toda la sección entre la primera entrada de fluido y la primera salida de fluido, y a través de la segunda porción de tubería de fluido en toda la sección entre la segunda entrada de fluido y la segunda salida de fluido.

25 De acuerdo con una realización, la primera válvula de descarga y la segunda válvula de descarga están configuradas para ser controladas por control externo. La apertura y el cierre de la primera válvula de descarga y la segunda válvula de descarga pueden controlarse, por lo tanto, externamente, por ejemplo, por medio de un controlador de válvula de descarga.

30 De acuerdo con una realización, la primera válvula de descarga es una primera válvula de solenoide y la segunda válvula de descarga es una segunda válvula de solenoide.

35 De acuerdo con una realización, la primera salida de fluido tiene una primera sección axial con una sección transversal ahusada en la dirección del primer flujo de fluido y una segunda sección axial aguas abajo de la primera sección axial con una sección transversal creciente, y la segunda salida de fluido tiene una tercera sección axial con una sección transversal ahusada en la dirección del segundo flujo de fluido y una cuarta sección axial aguas abajo de la tercera sección axial con una sección transversal creciente. Esta configuración proporciona menos generación de calor, menos turbulencia y menor caída de presión para el primer flujo de fluido y el segundo flujo de fluido a medida que se descargan del sistema de compensación de presión.

40 De acuerdo con una realización, la pila de electrolizador comprende una pluralidad de placas de electrodos, cada placa de electrodo tiene una estructura metálica interior provista de elementos de electrodo, y una estructura polimérica exterior conductora de calor que sostiene la estructura metálica interior. De este modo, la pila de electrolizador puede hacerse considerablemente más ligera en comparación con si cada placa de electrodo estuviera hecha completamente de metal.

45 De acuerdo con una realización, la pila de electrolizador comprende una pluralidad de placas de electrodo, cada placa de electrodo comprende un estructura exterior y elementos de electrodo que se extienden en un espacio entre los lados opuestos del estructura exterior, cada placa de electrodo tiene un canal de hidrógeno y un canal de oxígeno que se extiende a través del estructura exterior, y un primer canal de salida y un segundo canal de salida que conecta el espacio y uno del canal de hidrógeno y el canal de oxígeno, en donde cada primer canal de salida tiene una forma ahusada en una dirección desde el espacio al canal de hidrógeno o canal de oxígeno y cada segundo canal de salida tiene una forma ahusada en una dirección desde el canal de hidrógeno o el canal de oxígeno hacia el espacio.

50 Para cada placa de electrodo, el primer canal de salida y los segundos canales de salida están conectados al canal de hidrógeno o al canal de oxígeno.

55 Dos placas de electrodos adyacentes, que actúan como cátodo y ánodo, en la pila del electrolizador forman una celda electrolítica. Las placas de electrodos adyacentes pueden separarse por medio de una membrana para separar el gas hidrógeno y el gas oxígeno generado por el cátodo y el ánodo, respectivamente.

60 En caso de que una placa de electrodo funcione como ánodo, el primer canal de salida y el segundo canal de salida están conectados al canal de oxígeno. No hay conexión de fluido entre los elementos del electrodo y el canal de hidrógeno.

En caso de que una placa de electrodo funcione como un cátodo, el primer canal de salida y el segundo canal de salida están conectados al canal de hidrógeno. No hay conexión de fluido entre los elementos del electrodo y el canal de oxígeno.

Cada placa de electrodo tiene una dimensión de altura, una dimensión de ancho y una dimensión de profundidad o espesor. La salida del primer canal y la salida del segundo canal están dispuestas una tras otra en la dirección de profundidad o espesor. Preferiblemente, la salida del primer canal está dispuesta aguas arriba de la salida del segundo canal en la dirección de profundidad o espesor, con respecto a la dirección del flujo de gas de oxígeno/hidrógeno.

El área de sección transversal mínima de la salida del primer canal puede diferir del área de sección transversal mínima de la salida del segundo canal. El área de sección transversal mínima de la salida del primer canal puede ser más grande que el área de sección transversal mínima de la salida del segundo canal, por ejemplo.

El gas generado en una placa de electrodo debido a la electrólisis fluirá principalmente a través del primer canal de salida y alcanzar el canal de hidrógeno o canal de oxígeno en el cual el primer canal se salida abre/termina, compensando de esta manera el gas hasta aproximadamente 3.4-4.0 MPa (35-40 bar) Algo de gas en el canal de hidrógeno o el canal de oxígeno volverá a fluir hacia el espacio donde están contenidos los elementos del electrodo, debido a la contrapresión, a través del segundo canal de salida. Habrá un ciclo de este proceso y el gas se comprimirá aún más. Además, si algo de agua entra en el canal de hidrógeno o en el canal de oxígeno, volverá a fluir dentro del espacio.

El sistema de electrolizador de alta presión también puede comprender una válvula de salida de gas, que puede ser una válvula de retención para permitir que una cierta cantidad de gas hidrógeno y gas oxígeno fluya desde la pila del electrolizador para proporcionar una mayor compresión del gas hidrógeno y el gas oxígeno.

En general, todos los términos utilizados en las reivindicaciones deben interpretarse de acuerdo con su significado ordinario en el campo técnico, a menos que se defina explícitamente lo contrario en este documento. Todas las referencias a "un/el elemento, aparato, componente, medio, paso, etc." deben interpretarse abiertamente como que se refieren al menos a una instancia del elemento, aparato, componente, medio, paso, etc., a menos que se indique explícitamente lo contrario. Los pasos de cualquiera de los métodos divulgados en el presente documento no requieren realizarse en el orden exacto divulgado, a menos que se especifique lo contrario.

Breve descripción de los dibujos

Los ejemplos del concepto inventivo se describirán ahora, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra esquemáticamente una vista superior de un ejemplo de un sistema de compensación de presión;

La figura 2 muestra esquemáticamente un ejemplo de un sistema electrolizador de alta presión;

La figura 3 muestra esquemáticamente una vista frontal de una placa de electrodo;

La figura 4a muestra una primera sección de la placa de electrodo en la figura 3; y

La figura 4b muestra una segunda sección de la placa de electrodo en la figura 3 en paralelo con la sección mostrada en la figura 4a.

Descripción detallada

La invención se describirá ahora más completamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en la cual ciertas modalidades de la invención se muestran. Esta invención puede, sin embargo, realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitado a las modalidades establecidas en este documento; más bien, estas modalidades se proporcionan a modo de ejemplo para que esta divulgación sea exhaustiva y completa, y transmitirá completamente el alcance de la invención a los expertos en la materia. Los números iguales se refieren a elementos similares en toda la descripción.

La figura 1 muestra un ejemplo de un sistema de compensación de presión 1 para un sistema de flujo de fluido dual. A continuación, el sistema de flujo de fluido dual se ejemplificará mediante un sistema de electrolizador de alta presión. Cabe señalar que el sistema de compensación de presión 1 podría usarse con cualquier sistema de flujo de fluido dual para el cual los dos flujos de fluido pueden tener una presión diferente, para igualar la presión entre los dos flujos de fluido.

El sistema de compensación de presión 1 comprende una tubería de fluido 3. La tubería de fluido 3 tiene una primera porción de tubería de fluido 3a y una segunda porción de tubería de fluido 3b. La primera porción de tubería de fluido 3a tiene una primera entrada de fluido y una primera salida de fluido 7a para un primer flujo de fluido. La segunda porción de tubería de fluido 3b tiene una segunda entrada de fluido 5b y una segunda salida de fluido 7b para un segundo flujo de fluido. A continuación, el primer flujo de fluido se ejemplificará mediante el flujo de gas oxígeno O<sub>2</sub> y el segundo flujo de

fluido se ejemplificará mediante el flujo de gas hidrógeno  $H_2$ .

En una dirección desde la primera entrada de fluido 5a a la segunda entrada de fluido 5b a lo largo de la tubería de fluido 3, la primera entrada de fluido 5a es seguida por la primera salida de fluido 7a. La primera salida de fluido 7a va seguida de la segunda salida de fluido 7b. La segunda salida de fluido 7b va seguida de la segunda salida de fluido 5b.

La tubería de fluido ejemplificada 3 tiene un codo 9 entre la primera salida de fluido 7a y la segunda salida de fluido 7b. De acuerdo con el presente ejemplo, el codo 9 proporciona un giro de  $180^\circ$  de la tubería de fluido 3. Por tanto, la primera porción de tubería de fluido 3a y la segunda porción de tubería de fluido 3b están dispuestas en paralelo.

El sistema de compensación de presión 1 comprende además un compensador de presión 11. El compensador de presión 11 está contenido en la tubería de fluido 3. El compensador de presión 11 puede estar dispuesto en el codo 9. El compensador de presión 11 separa la primera porción de tubería de fluido 3a y la segunda porción de tubería de fluido 3b.

El compensador de presión 11 comprende un primer émbolo 11a, un segundo émbolo 11b y un fluido incompresible 11c dispuesto entre el primer émbolo 11a y el segundo émbolo 11b. El primer émbolo 11a forma, por lo tanto, un primer extremo del compensador de presión n y el segundo émbolo 11b forma un segundo extremo del compensador de presión 11. El primer émbolo 11a y el segundo émbolo actúan como sellos para mantener el fluido incompresible 11c entre ellos.

El fluido incompresible 11c puede ser preferiblemente un líquido incompresible.

La primera salida de fluido 7a está provista de una sección similar a un tubo Venturi que forma una primera boquilla. A este respecto, la primera salida de fluido 7a tiene una primera sección axial 13 con una sección transversal ahusada en la dirección del primer flujo de fluido  $O_2$  y una segunda sección axial 15 aguas abajo de la primera sección axial 13 con una sección transversal creciente.

La segunda salida de fluido 7b está provista de una sección similar a un tubo Venturi que forma una segunda boquilla. A este respecto, la segunda salida de fluido 7b tiene una tercera sección axial 17 con una sección transversal ahusada en la dirección del segundo flujo de fluido  $H_2$  y una cuarta sección axial 19 aguas abajo de la tercera sección axial 17 con una sección transversal creciente.

La primera sección axial 13 y la segunda sección axial 15, y la tercera sección axial 17 y la cuarta sección axial 19, por lo tanto, forman boquillas convergentes-divergentes. Estas boquillas pueden calibrarse especialmente para lograr la presión de salida deseada. Por ejemplo, si se desea producir una presión de 30 MPa (300 bar) y un flujo de gas hidrógeno de  $1 \text{ Nm}^3$  por hora, suponiendo que el sistema de electrolizador de alta presión puede producir  $1 \text{ Nm}^3$  de gas de hidrógeno por hora, las boquillas se pueden calibrar para que  $1 \text{ Nm}^3/\text{h}$  de gas hidrógeno solo puede escapar a través de la boquilla cuando la presión alcanza los 30 MPa (300 bar) en la pila del electrolizador. El diámetro de la boquilla convergente-divergente, en particular la sección de garganta o cintura de la boquilla, que tiene el diámetro más pequeño de la estructura de la boquilla convergente-divergente, será diferente para la primera salida de fluido 7a que descarga el gas oxígeno, debido a que hay menos oxígeno que el hidrógeno y debido al diferente peso molecular del oxígeno y del hidrógeno. De esta manera, la capacidad de presión de salida se puede cambiar cambiando las boquillas convergentes-divergentes. Los diámetros de garganta pueden, de acuerdo con un ejemplo, estar en el intervalo de micrómetros. Dichos tamaños de diámetros se pueden hacer usando, por ejemplo, micro maquinado láser.

La primera sección axial 13 puede tener la misma longitud o más que la segunda sección axial 15. La tercera sección axial 17 puede tener la misma longitud o más que la cuarta sección axial 19. Con este fin, la porción convergente de cada una de la primera boquilla y la segunda boquilla puede ser más larga que la porción divergente correspondiente. El área de la sección transversal de la porción convergente puede reducirse gradualmente hasta que alcance el diámetro de garganta diseñado para lograr una mejor compresión, el caudal calibrado por hora en una presión específica, menos turbulencia de flujo, calor reducido y mayor vida útil de la boquilla.

La superficie exterior de la primera boquilla y la segunda boquilla pueden estar provistas de aletas disipadoras de calor para la convección natural del calor.

El sistema de compensación de presión 1 ejemplificado comprende además una primera válvula de descarga 21a y una segunda válvula de descarga 21b. La primera válvula de descarga 21a está configurada para descargar fluido desde la primera porción de tubería de fluido 3a. La segunda válvula de descarga 21b está configurada para descargar fluido desde la segunda porción de tubería de fluido 3b. La primera válvula de descarga 21a puede ser, por ejemplo, una válvula de solenoide. La segunda válvula de descarga 21b puede ser, por ejemplo, una válvula de solenoide.

La primera válvula de descarga 21a y la segunda válvula de descarga 21b pueden configurarse para ser controladas para abrirse en un estado inicial del sistema de compensación de presión para descargar cualquier gas contenido en la tubería de fluido 3 que no sea gas oxígeno y gas hidrógeno de la primera porción de tubería de fluido 3a y la segunda porción de la tubería de fluido 3b, respectivamente. Cuando la tubería de fluido 3 ha sido evacuada de dicho gas, la primera válvula de descarga 21a y la segunda válvula de descarga 21b pueden cerrarse.

- Por tanto, en funcionamiento, inicialmente la primera válvula de descarga 21a y la segunda válvula de descarga 21b se abren para evacuar cualquier gas presente en la tubería de fluido 3 que no sea gas oxígeno y gas hidrógeno. Cuando se ha evacuado el gas, se cierran las válvulas de descarga 21a y 21b. Incluso en el caso de que el sistema de compensación de presión 1 se utilice con un electrolizador, el gas oxígeno  $O_2$  fluirá hacia la primera porción de tubería de fluido 3a y el gas hidrógeno  $H_2$  fluirá hacia la segunda porción de tubería de fluido 3b. Finalmente, la presión en la segunda porción de tubería de fluido 3b aumenta en comparación con la presión en la primera porción de tubería de fluido 3a debido a la producción asimétrica de gas oxígeno y gas hidrógeno en la electrólisis. Esta diferencia de presión hace que el compensador de presión 11 se mueva dentro de la tubería de fluido 3 hacia la primera salida de fluido 7a debido a la presión del gas en el segundo émbolo 11b. El desplazamiento del compensador de presión 11 da como resultado que el primer émbolo 11a obstruye u obstruye parcialmente la primera salida de fluido 7a, que reduce la sección transversal disponible para que el oxígeno gaseoso  $O_2$  escape a través de la primera salida de fluido 7a. De esta manera, la presión aumentará en la primera porción de tubería de fluido 3a, lo que eventualmente dará como resultado una compensación de presión en la primera porción de tubería de fluido 3a y la segunda porción de tubería de fluido 3b. Durante la electrólisis, el compensador de presión 11 se desplazará en cualquier dirección con base en una presión diferencial actual en la primera porción de tubería de fluido 3a y la segunda porción de tubería de fluido 3b. Por tanto, el compensador de presión 11 proporciona una compensación de presión por autoajuste debido al desplazamiento generado por la presión en la tubería de fluido 3.
- Debido al diseño similar a un tubo Venturi en la primera salida de fluido 7a y la segunda salida de fluido 7b, habrá menos generación de calor, menos turbulencia y menos caída de presión cuando el primer fluido y el segundo fluido salgan del sistema de compensación de presión 1.
- La figura 2 muestra un sistema electrolizador de alta presión 23. El sistema de electrolizador de alta presión 23 comprende una pila 25 de electrolizador y el sistema de compensación de presión 1. La pila de electrolizador 25 incluye una pluralidad de placas de electrodos 27a y 27b. Las placas de electrodos 27a y 27b están dispuestas en una configuración apilada una tras otra. Cada par adyacente de placas de electrodos forma una celda electrolítica. Cada placa de electrodo 27a y 27b funciona como cátodo o como ánodo, cada celda electrolítica tiene un cátodo y un ánodo. Cada placa de electrodo 27a y 27b tiene una estructura de marco que comprende un estructura interior y un estructura exterior, por lo que se forma un espacio dentro del estructura interior. Cuando las placas de electrodos 27a y 27b se apilan, los espacios adyacentes forman una cámara de electrólisis configurada para llenarse de agua.
- La pila de electrolizador 25 comprende además una pluralidad de membranas. Cada par de placas de electrodos adyacentes 27a y 27b está separado por una membrana de modo que cada cátodo forma una cámara de hidrógeno y cada ánodo forma una cámara de oxígeno. Las cámaras de oxígeno y las cámaras de hidrógeno juntas forman la cámara de electrólisis. Las membranas están configuradas para evitar que el gas hidrógeno y el gas oxígeno se muevan entre las placas de electrodos 27a y 27b en la cámara de electrólisis.
- La pila de electrolizador 25 comprende una primera placa de extremo 29a que forma un primer extremo de la pila de electrolizador 25 y una segunda placa de extremo 29b que forma un segundo extremo de la pila de electrolizador 25. Las placas de electrodo 27a y 27b están dispuestas entre la primera placa de extremo 29a y la segunda placa de extremo 29b.
- La primera placa de extremo 29a está provista de dos entradas de agua 31 configuradas para permitir que el agua fluya hacia la cámara de electrólisis. El sistema de electrolizador de alta presión 23 comprende además dos válvulas de entrada de agua 33, una para cada entrada de agua 31, configuradas para proporcionar una funcionalidad de válvula de retención de una entrada de agua 31 respectiva, una bomba P y un controlador de bomba 35.
- La bomba P está configurada para bombear agua a la pila de electrolizador 25 a través de las entradas de agua 31. El controlador de bomba 35 está configurado para controlar la bomba P. Por ejemplo, el controlador de bomba 35 puede configurarse para operar la bomba P sólo ocasionalmente, tal como una vez cada hora. Por tanto, el controlador de bomba 35 puede utilizar una función de temporizador. Por tanto, la bomba P puede rellenar el nivel de agua en la pila de electrolizador 25, que, por lo tanto, puede llenarse completamente con agua, por ejemplo, una vez cada hora. Alternativamente, se pueden usar otros marcos de tiempo para operar la bomba P por medio del controlador de bomba 35. Al operar la bomba P solo ocasionalmente, se puede ahorrar energía mientras se opera el sistema de electrolizador de alta presión 23. Alternativamente, el sistema de electrolizador de alta presión puede incluir uno o más sensores para detectar el nivel de agua en la pila del electrolizador, en donde el controlador de bomba 35 puede configurarse para controlar la bomba basándose en el nivel de agua detectado por uno o más sensores. Como otra alternativa más, la bomba P podría funcionar en todo momento.
- La pila de electrolizador 25 comprende además una salida de gas oxígeno 36a conectada a la primera entrada de fluido 5a del sistema de compensación de presión 1 y una salida de gas de hidrógeno 36b conectada a la segunda entrada de fluido 5b del sistema de compensación de presión 1.
- El sistema de electrolizador de alta presión 23 puede comprender además válvulas de salida de gas 37, que pueden ser válvulas de retención. Las válvulas de salida de gas 37 pueden configurarse para permitir que un cierto flujo de gas

restringido de gas hidrógeno y gas oxígeno fluya desde la pila de electrolizador 25 a través de la salida de gas oxígeno 36a y la salida de gas hidrógeno 36b al sistema de compensación de presión 1.

5 La primera salida de fluido 7a del sistema de compensación de presión 1 puede conectarse a un recipiente de presión de gas oxígeno 39 para almacenar el gas de oxígeno comprimido y la segunda salida de fluido 7b puede conectarse a un recipiente de presión de gas hidrógeno 41 para almacenar el gas de hidrógeno comprimido.

10 La figura 3 representa un ejemplo de una placa de electrodos 27a o 27b. La placa de electrodos ejemplificada tiene un estructura interior 43 y un estructura exterior 45. El estructura interior 43 está hecha preferiblemente de un metal con buenas propiedades de conducción eléctrica, por ejemplo, cobre o aluminio. Por tanto, la estructura interior 43 puede ser una estructura interior de metal. La estructura exterior 45 puede estar hecha de un polímero conductor de calor. Por tanto, la estructura exterior 45 puede ser una estructura de polímero conductor de calor exterior. La estructura exterior 45 sostiene la estructura interior 43. La estructura exterior 45 se puede fabricar, por ejemplo, mediante moldeo por inyección. Con este fin, durante la fabricación, la estructura interior puede colocarse dentro de un molde de inyección, en donde se  
15 inyecta un polímero conductor de calor en la estructura para formar la estructura exterior 45.

20 La placa de electrodo 27a, 27b comprende además elementos de electrodo 46 que se extienden entre lados opuestos de la estructura interior 43 y, por tanto, también de la estructura exterior 45. La estructura interior 43 delimita un espacio 47 en la región donde se extienden los elementos de electrodo 46. Este espacio 47 es una cámara de oxígeno en caso de que la placa de electrodo funcione como ánodo y una cámara de hidrógeno en caso de que la placa de electrodo funcione como cátodo. La placa de electrodo 27a, 27b tiene un terminal 49 que está conectado a los elementos de electrodo 46 a través de la estructura interior 43 y que está configurado para conectarse a una fuente de alimentación.

25 La estructura exterior 45 está provista de un canal de oxígeno 51 y un canal de hidrógeno 53. Solo uno de estos dos canales 51 y 53 está configurado para estar en comunicación fluida con el espacio 47. En caso de que la placa de electrodos funcione como un ánodo, solo el canal de oxígeno 51 está en comunicación fluida con el espacio 47 y en caso de que la placa de electrodos funcione como un cátodo, solo el canal de hidrógeno 53 está en comunicación fluida con el espacio 47. Dado que las placas de electrodos 27a y 27b están apiladas alternativamente con una membrana que cubre el espacio 47 entre ellas, cualquier otra placa de electrodo, es decir, cada ánodo, contribuirá a la corriente de gas oxígeno en el canal de oxígeno 51 y cualquier otra placa, es decir, cada cátodo, contribuirá a la corriente de gas hidrógeno en el canal de hidrógeno 53.  
30

Además de las membranas, la pila electrolizadora 25 puede comprender una pluralidad de juntas eléctricamente aislantes, cada una intercalada entre dos placas de electrodos adyacentes 27a y 27b para proporcionar aislamiento eléctrico y sellado entre las placas de electrodos 27a y 27b.  
35

40 Cada placa de electrodo 27a, 27b también puede comprender dos canales de agua 55 y 57. Un primer canal de agua 55 de los dos canales de agua puede estar conectado a una de las entradas de agua 31 y un segundo canal de agua 57 de los dos canales de agua pueden estar conectados a la otra de las entradas de agua 31. Para una placa de electrodos 27a que actúa como ánodo, el primer canal de agua 55 está en comunicación fluida con el espacio 47, por medio de un canal que se extiende desde el primer canal de agua 55 al espacio 47, mientras que el segundo canal de agua 57 no lo está. Para una placa de electrodos 27b que actúa como cátodo, el segundo canal de agua 57 está en comunicación fluida con el espacio 47 por medio de un canal que se extiende desde el segundo canal de agua 57 al espacio 47, mientras que el primer canal de agua 55 no lo está. Esto significa que los ánodos tienen su propio suministro de agua y los cátodos tienen su propio suministro de agua. Esto reduce el riesgo de contaminación cruzada entre las cámaras de oxígeno y las cámaras de hidrógeno.  
45

50 El primer canal de agua 55 tiene una porción de canal central y dos aletas laterales 55a dispuestas en oposición que son más estrechas en comparación con la porción de canal central. El segundo canal de agua 57 tiene una porción de canal central y dos aletas laterales 57a dispuestas en oposición que son más estrechas en comparación con la porción de canal central. Esto proporciona el efecto de que se puede proporcionar la misma o esencialmente la misma presión de agua a lo largo del primer canal de agua 55 y el segundo canal de agua 57 a medida que se extienden a lo largo de la pila de electrolizador 25. El canal de oxígeno 51 y el canal de hidrógeno 53 pueden, de acuerdo con una variación, también tener esta configuración.  
55

La figura 4a muestra una vista en primer plano de una sección a través de una placa de electrodo 27a que actúa como ánodo. La estructura interior 43 y el estructura exterior 45 están provistas de un primer canal de salida 59 que se extiende desde el espacio 47 hacia el canal de oxígeno 51. El primer canal de salida 59 tiene un diseño similar a un tubo Venturi y se estrecha en una dirección desde el espacio 47 al canal de oxígeno 51. El canal de hidrógeno 53 de esta placa de electrodos 27a no tiene ninguna abertura al espacio 47.  
60

65 Para una placa de electrodo 27b que actúa como un cátodo, la estructura interior 43 y la estructura exterior 45 están provistas de un primer canal de salida que se extiende desde el espacio 47 hacia el canal de hidrógeno 53. El primer canal de salida tiene un diseño similar a un tubo Venturi y se estrecha en una dirección desde el espacio 47 hacia el canal de hidrógeno 53. El canal de oxígeno 51 de esta placa de electrodo 27b no tiene ninguna abertura al espacio 47.

5 La figura 4b muestra una vista en primer plano de una sección a través de la placa de electrodo 27a en paralelo con la sección mostrada en la figura 4a pero más aguas abajo en la dirección del espesor de la placa de electrodo 27a. La estructura interior 43 y la estructura exterior 45 están provistos de un segundo canal de salida 61 que se extiende desde el espacio 47 hacia el canal de oxígeno 51. El segundo canal de salida 61 tiene un diseño similar a un tubo Venturi y se estrecha en una dirección desde el canal de oxígeno 51 hacia el espacio 47.

10 Para una placa de electrodo 27b que actúa como un cátodo, la estructura interior 43 y la estructura exterior 45 están provistos de un segundo canal de salida que se extiende desde el espacio 47 hacia el canal de hidrógeno 53. El primer canal de salida tiene un diseño similar a un tubo Venturi y se estrecha en una dirección desde el canal de hidrógeno 53 hacia el espacio 47.

La invención se ha descrito antes principalmente con referencia a algunas modalidades. Sin embargo, como puede apreciar fácilmente un experto en la materia, otras modalidades distintas de las descritas antes son igualmente posibles dentro del alcance de la invención, tal como se define en las reivindicaciones patentadas adjuntas.

# REIVINDICACIONES

1. Un sistema electrolizador de alta presión (23) que comprende:

una pila de electrolizador (25) provista con una salida de gas oxígeno (36a) y una salida de gas hidrógeno (36b) y una entrada de agua para llenar la pila de electrolizador (25) con agua,

una válvula de entrada de agua (33) configurada para proporcionar una funcionalidad de válvula unidireccional de la entrada de agua, y

el sistema de compensación de presión (1) que comprende:

una tubería de fluido (3) que tiene una primera porción de tubería de fluido (3a) y una segunda porción de tubería de fluido (3b),

en donde la primera porción de tubería de fluido (3a) tiene una primera entrada de fluido (5a) y una primera salida de fluido (7a) para un primer flujo de fluido ( $O_2$ ),

en donde la segunda porción de tubería de fluido (3b) tiene una segunda entrada de fluido (5b) y una segunda salida de fluido (7b) para un segundo flujo de fluido ( $H_2$ ) separado del primer flujo de fluido ( $O_2$ ),

en donde la primera entrada de fluido (5a) está conectada a la salida de gas oxígeno (36a) y la segunda entrada de fluido (5b) está conectada a la salida de gas hidrógeno (36b), y

un compensador de presión (11) dispuesto en la tubería de fluido (3), que separa la primera porción de tubería de fluido (3a) y la segunda porción de tubería de fluido (3b), en donde el compensador de presión (11) está configurado para moverse en la tubería de fluido (3) entre la primera salida de fluido (7a) y la segunda salida de fluido (7b) para obstruir al menos parcialmente una de la primera salida de fluido (7a) y la segunda salida de fluido (7b) en respuesta a diferencias de presión entre la primera porción de tubería de fluido (3a) y la segunda porción de tubería de fluido (3b) para proporcionar compensación de presión entre la primera porción de tubería de fluido (3a) y la segunda porción de tubería de fluido (3b),

en donde en una dirección desde la primera entrada de fluido (5a) a la segunda entrada de fluido (5b) a lo largo de la tubería de fluido (3), la primera salida de fluido (7a) está dispuesta después de la primera entrada de fluido (5a) seguida por la segunda salida de fluido (7b) seguida de la segunda entrada de fluido (5b).

2. El sistema electrolizador de alta presión (23) de conformidad con la reivindicación 1, en donde el compensador de presión comprende (11) un fluido incompresible.

3. El sistema electrolizador de alta presión (23) de conformidad con la reivindicación 2, en donde el compensador de presión (11) comprende un primer émbolo (11a) y un segundo émbolo (11b), en donde el fluido incompresible se proporciona entre el primer émbolo (11a) y el segundo émbolo (11b) que actúan para sellar el fluido incompresible entre ellos.

4. El sistema electrolizador de alta presión (23) de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera porción de tubería de fluido (3a) y la segunda porción de tubería de fluido (3b) están conectadas a través de un codo (9) y el compensador de presión (11) se encuentra en el codo (9).

5. El sistema de electrolizador de alta presión (23) de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera porción de tubería de fluido (3a) está provista de una primera válvula de descarga (21a) configurada para descargar fluido desde la primera porción de tubería de fluido (3a) en un estado inicial del sistema de flujo de fluido dual, y la segunda porción de tubería de fluido (3b) está provista de una segunda válvula de descarga (21b) configurada para descargar fluido de la segunda porción de la tubería de fluido (3b) en un estado inicial del sistema de flujo de fluido dual.

6. El sistema de electrolizador de alta presión (23) de conformidad con la reivindicación 5, en donde la primera válvula de descarga (21a) y la segunda válvula de descarga (21b) están configuradas para ser controladas por control externo.

7. El sistema de electrolizador de alta presión (23) de conformidad con la reivindicación 5 o 6, en donde la primera válvula de descarga (21a) es una primera válvula solenoide y la segunda válvula de descarga (21b) es una segunda válvula solenoide.

8. El sistema de electrolizador de alta presión (23) de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera salida de fluido (7a) tiene una primera sección axial (13) con una sección transversal ahusada en la dirección del primer flujo de fluido ( $O_2$ ) y una segunda sección axial (15) aguas abajo de la primera sección axial (13) con una sección transversal creciente, y la segunda salida de fluido (7b) tiene una tercera sección axial (17) con una sección

transversal ahusada en la dirección del segundo flujo de fluido ( $H_2$ ) y una cuarta sección axial (19) aguas abajo de la tercera sección axial (17) con una sección transversal creciente.

- 5 9. El sistema de electrolizador de alta presión (23) de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la pila de electrolizador (25) comprende una pluralidad de placas de electrodos (27a, 27b), cada placa de electrodo (27a, 27b) que tiene una estructura metálica interior (43) provista de elementos de electrodo (46), y una estructura polimérica exterior conductora de calor (45) que sostiene la estructura metálica interior (43).
- 10 10. El sistema electrolizador de alta presión (23) de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la pila de electrolizador (25) comprende una pluralidad de placas de electrodo (27a, 27b), cada placa de electrodo (27a, 27b) comprende un estructura exterior (45) y elementos de electrodo (46) que se extienden en un espacio (47) entre los lados opuestos de la estructura exterior (46), cada placa de electrodo (27a, 27b) tiene un canal de hidrógeno (53) y un canal de oxígeno (51) que se extiende a través de la estructura exterior (45), y un primer canal de salida (59) y un segundo canal de salida que conecta el espacio (47) y uno del canal de hidrógeno (53) y el canal de oxígeno (51), en donde cada primer canal de salida (59) tiene una forma ahusada en una dirección desde el espacio (47) al canal de hidrógeno (53) o canal de oxígeno (51) y cada segundo canal de salida tiene una forma ahusada en una dirección desde el canal de hidrógeno (53) o el canal de oxígeno (51) hacia el espacio (47).
- 15

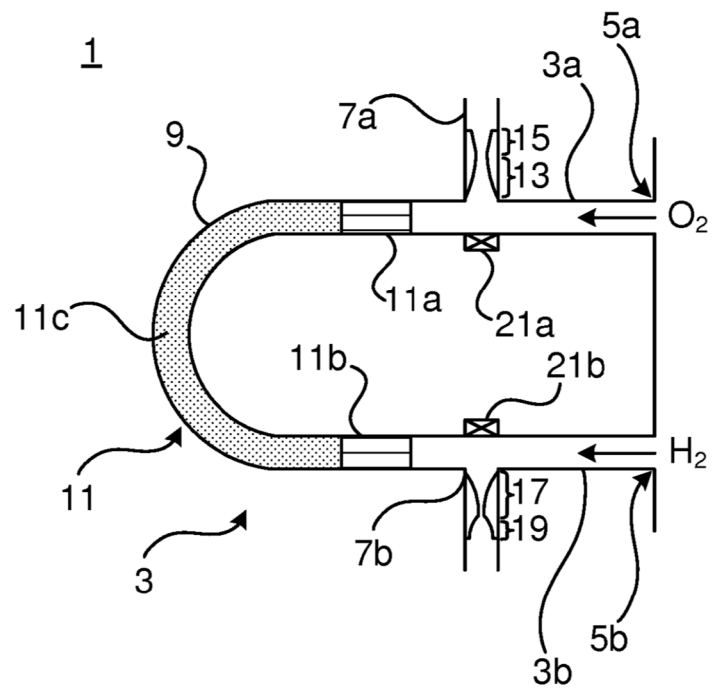


Fig. 1

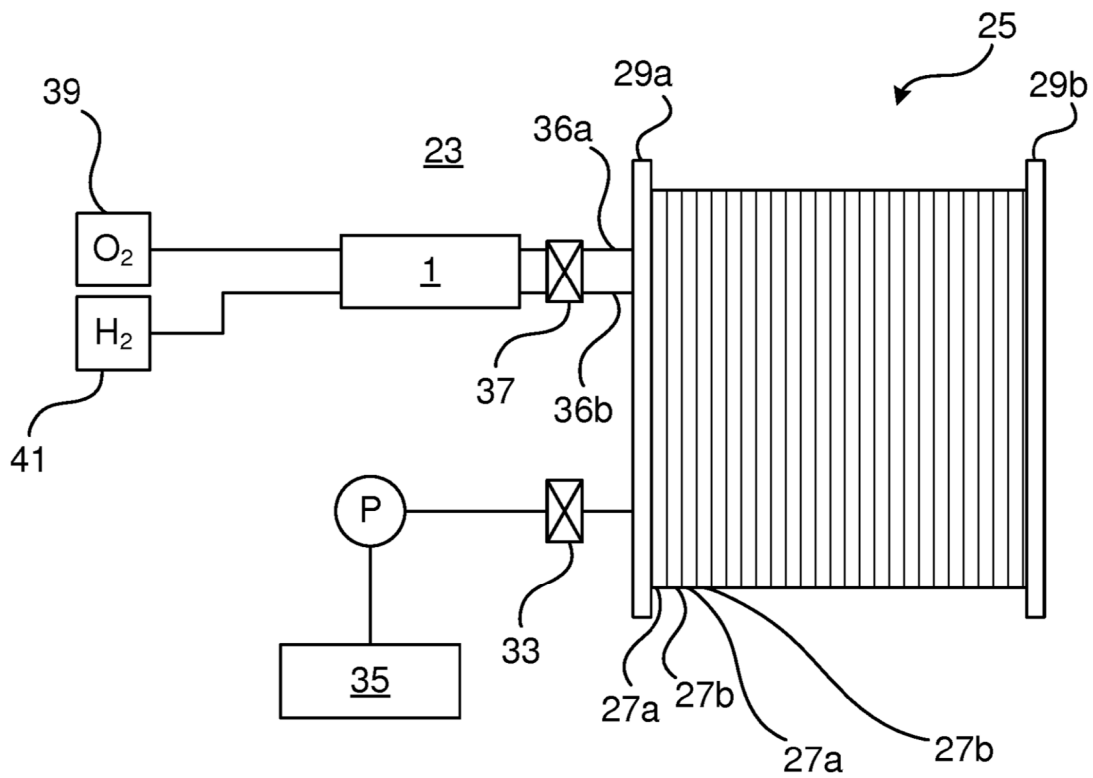


Fig. 2

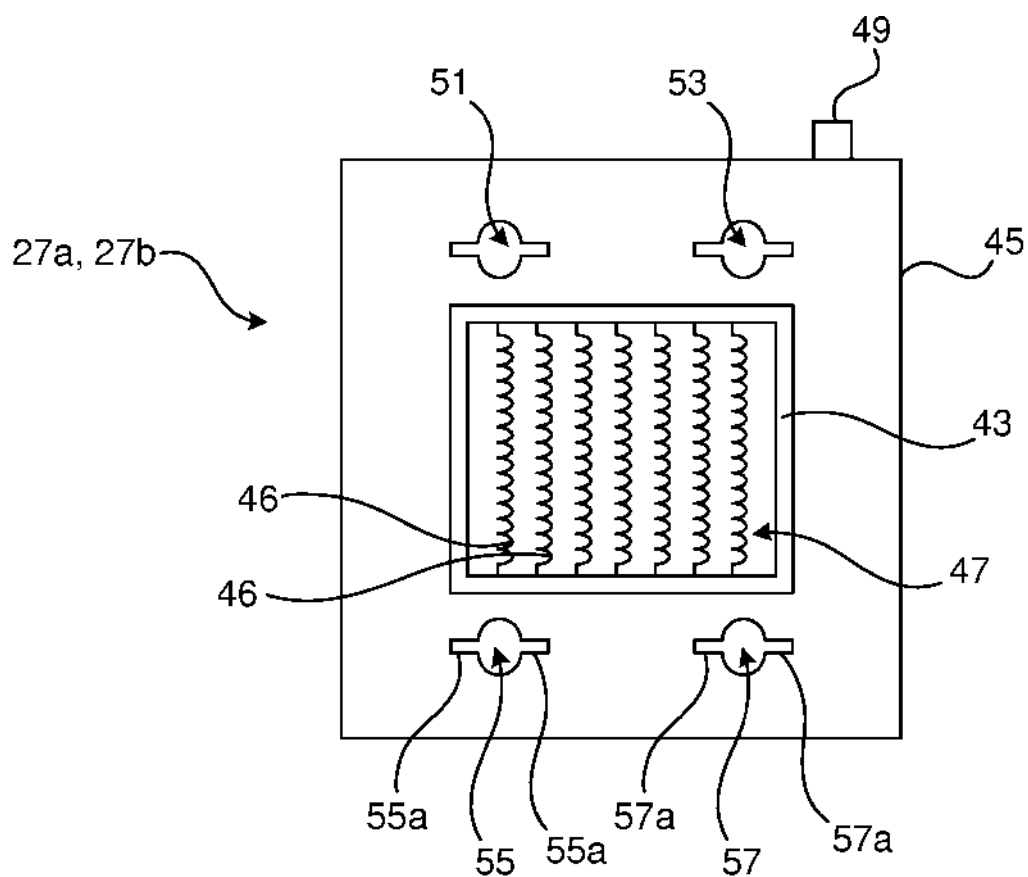


Fig. 3

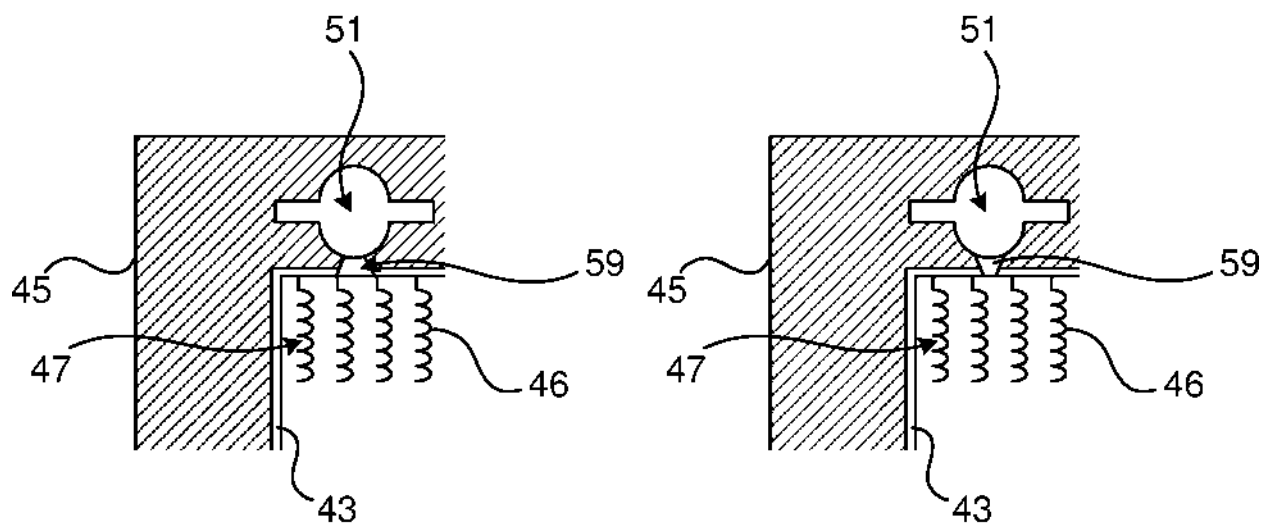


Fig. 4a

Fig. 4b