

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 821 303**

51 Int. Cl.:

H01M (2006.01)

H01M (2006.01)

H01M 8/0432 (2006.01)

H01M (2006.01)

H01M 8/1018 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.05.2016 PCT/EP2016/061137**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2016 WO16188822**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2016 E 16724023 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2020 EP 3304628**

54 Título: **Celda de combustible con recirculación**

30 Prioridad:

28.05.2015 DE 102015209804

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

26.04.2021

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP MARINE SYSTEMS GMBH
(50.0%)
Wertstraße 112-114
24143 Kiel, DE y
THYSSENKRUPP AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**KRUMMRICH, STEFAN y
POMMER, HANS**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 821 303 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

Celda de combustible con recirculación

5 La invención se refiere a un dispositivo de celda de combustible con recirculación con emisión reducida de materias primas.

A partir del documento EP 2 840 636 A1 se conoce una celda de combustible con operación de circulación, en la cual ocurre un retiro de gas inerte.

10 A partir del documento US 2007/0 065 711 A1 se conoce una celda de combustible con una salida de reactivos. A partir del documento WO 2005/064730 A2 se conoce una celda de combustible con un circuito de recirculación. A partir del documento WO 00/63993 A1 se conoce una unidad de celda de combustible con recirculación de hidrógeno que no reaccionó.

15 A partir del documento US 2007/0065711 A1 se conoce un módulo de celda de combustible con recirculación.

El documento WO 2007/128018 A2 divulga un sistema de celda de combustible con un dispositivo de recirculación. En los documentos impresos WO 2005/064730 A2 y WO 00/63993 A1 se divulga otro estado relevante de la técnica.

20 Los gases inertes son gases que no reaccionan dentro de las celdas de combustible, se comportan de modo inerte. Los gases inertes más importantes son nitrógeno (N_2) y argón (Ar). Otros son por ejemplo helio (He) o neón (Ne). Otros gases inertes pueden ser gases nobles pesados o también hidrocarburos halogenados no reactivos.

25 Ha probado ser desventajoso, en particular en la operación de celdas de combustible en espacios cerrados y de modo muy particular dentro de un submarino, emitir al ambiente materias primas y en particular hidrógeno. En espacios cerrados puede ser crítica tanto la emisión de hidrógeno (formación de gas detonante) como también de oxígeno (alcanzar concentraciones tóxicas). Además, puede aumentarse el riesgo de incendio.

30 Es objetivo de la invención extraer de las celdas de combustible el gas inerte cargado con las materias primas y al respecto minimizar la emisión de materias primas, en particular de hidrógeno. Este objetivo es logrado mediante un dispositivo de celda de combustible con recirculación con los rasgos indicados en la reivindicación 1, el procedimiento para operación de una celda de combustible con recirculación con los rasgos indicados en la reivindicación 5, un uso con los rasgos indicados en la reivindicación 9 así como la ejecución del procedimiento con los rasgos indicados en la reivindicación 11. De las reivindicaciones subordinadas, la descripción subsiguiente así como el dibujo, surgen como resultado perfeccionamientos ventajosos. El dispositivo de celda de combustible con recirculación de acuerdo con la invención exhibe al menos una celda de combustible, una primera entrada para oxígeno, una segunda entrada para hidrógeno y un primer separador de agua. La celda de combustible exhibe un lado de entrada y un lado de salida así como un lado del ánodo y un lado del cátodo. En el lado de entrada se alimentan las materias primas (oxígeno e hidrógeno) de la celda de combustible, en el lado de salida se descarga producto (agua). En el lado del ánodo ocurre la oxidación de hidrógeno (H_2) hasta protones (H^+), en el lado del cátodo ocurre la reducción de oxígeno (O_2) hasta óxido (O^{2-}), en lo cual mediante la conducción de protones a través de la membrana, surge agua (H_2O). La primera entrada para oxígeno está conectada con el lado de entrada del lado del cátodo de la celda de combustible y la segunda entrada para hidrógeno está conectada con el lado de entrada del lado del ánodo de la celda de combustible.

45 El dispositivo exhibe una conexión lateral de cátodo, en la cual la conexión lateral de cátodo es una conexión entre el lado de salida del lado del cátodo de la celda de combustible y el lado de entrada del lado del cátodo de la celda de combustible. El dispositivo exhibe además una conexión lateral de ánodo, en la cual la conexión lateral de ánodo es una conexión entre el lado de salida del lado del ánodo de la celda de combustible y el lado de entrada del lado del ánodo de la celda de combustible. La conexión lateral de cátodo sirve para las recirculación del oxígeno que no reaccionó en la celda de combustible, la conexión lateral de ánodo sirve para la recirculación de hidrógeno que no reaccionó en la celda de combustible. En la conexión lateral de cátodo está dispuesto el primer separador de agua. El separador de agua sirve para la separación del agua que surge en la celda de combustible y elimina ésta del circuito. El dispositivo exhibe en el lado de salida del lado del cátodo de la celda de combustible una válvula para descarga de gas para la emisión continua de gases de proceso. Mediante la válvula para descarga de gas puede emitirse una parte de la corriente de gas del cátodo que sale en el lado de salida del lado del cátodo de la celda de combustible y así eliminarse del circuito. Mediante esta descarga es posible eliminar del circuito, los gases inertes incorporados en el oxígeno, que están presentes en el oxígeno como contaminantes, y así evitar el deterioro de la eficiencia de la celda de combustible, debida a la disminución de la presión parcial de oxígeno. Para ello puede ajustarse de manera focalizada la concentración de gas inerte en la corriente de gas del cátodo, mediante la cantidad de la fracción emitida por la válvula para descarga de gas. Por la emisión continua es posible un ajuste focalizado de la cantidad emitida de oxígeno. Así mismo, esto facilita un estado estable de operación, lo mismo para una concentración cambiante de gas inerte.

65 De modo particular, preferiblemente la celda de combustible es una celda de combustible de membrana de electrolito de polímero (celda de combustible PEM). De modo particular, como membrana de electrolito de polímero se usa preferiblemente un polímero sulfonado de tetrafluoroetileno, por ejemplo Nafion (DuPont) o Flemion (Asahi).

La celda de combustible puede ser una celda individual de combustible, un circuito en paralelo de varias celdas individuales de combustible o una denominada pila, una conexión en serie de varias celdas de combustible individuales separadas.

5 Opcionalmente, el dispositivo de celda de combustible con recirculación puede exhibir un segundo separador de agua, en el que el segundo separador de agua está dispuesto en la conexión lateral del ánodo. En particular en el uso de una celda de combustible PEM, es ventajoso enriquecer las materias primas con agua para lograr una prolongación de la durabilidad de la membrana. Además, existe la posibilidad de la difusión de agua a través de determinadas
10 membranas. Para disminuir adicionalmente la cantidad de agua, puede por ello preferiblemente proveerse el segundo separador de agua en la corriente de gas del ánodo.

15 En otra forma de realización de la invención, el dispositivo está diseñado para la recirculación total del gas del ánodo que sale en el lado de salida del lado del ánodo de la celda de combustible. Mediante la recirculación completa de gas de ánodo que sale en el lado de salida del lado del ánodo de la celda de combustible, puede evitarse una emisión de hidrógeno. Mediante ello puede renunciarse a un dispositivo de oxidación de hidrógeno ubicado después del dispositivo de celda de combustible con recirculación. Adicionalmente, el hidrógeno reacciona completamente, mediante lo cual pueden evitarse pérdidas. Puesto que el almacenamiento de hidrógeno es muy laborioso, el uso y
20 reacción completos del hidrógeno almacenado, es particularmente ventajoso.

En otra forma de realización de la invención, la válvula para descarga de gas en el lado del cátodo es una válvula de estrangulación. El uso de una válvula de estrangulación hace posible separar una fracción comparativamente pequeña de la corriente de gas del cátodo y emitirla al aire circundante. Mediante ello es posible una emisión comparativamente simple y no regulada activamente, de gas inerte al aire circundante.

25 En otra forma de realización de la invención, la válvula para descarga de gas es regulable para el ajuste de la concentración inerte. Mediante un cambio de la descarga de gases puede ajustarse de manera focalizada y segura la concentración inerte. Si se reduce la descarga de gas, se eleva la concentración de gas inerte en el dispositivo de celda de combustible con recirculación. Para una elevada concentración de inerte se emite menos oxígeno al ambiente. Para una elevación de la descarga de gas, se reversa este efecto. Con ello puede ajustarse directamente la cantidad de oxígeno emitido al ambiente, con el consumo de oxígeno.

35 De acuerdo con la invención, el dispositivo exhibe un primer sensor de oxígeno, en la cual el primer sensor de oxígeno detecta la concentración de oxígeno del aire circundante. Si se eleva la concentración de oxígeno en el aire circundante por encima de un valor límite crítico, entonces puede reducirse la cantidad de la corriente de gas del cátodo emitida, mediante la válvula para descarga de gas. Mediante ello se eleva concretamente la concentración de gas inerte en la celda de combustible y se reduce la eficiencia de la celda de combustible. Sin embargo, mediante ello se causa también que después del ajuste de un nuevo equilibrio para la misma emisión de gas inerte, la emisión de oxígeno se reduce por la baja concentración de oxígeno en la corriente de gas del cátodo y así puede mantenerse la concentración de oxígeno en el aire circundante por debajo de un valor umbral de 15 % a 25 %, de modo particular preferiblemente por debajo de 21 %, de modo muy particular preferiblemente por debajo de un valor umbral peligroso para los humanos.

45 De acuerdo con la invención, la válvula para descarga de gas para el ajuste de la concentración de inertes, es regulable mediante la concentración de oxígeno del aire circundante, detectada por el primer sensor de oxígeno. Si por ejemplo aumenta la concentración de oxígeno en el ambiente, se reduce la descarga de gas, se eleva la concentración de inertes en el dispositivo de celda de combustible con recirculación. Mediante ello se emite menos oxígeno por la descarga de gas. Si disminuye la concentración de oxígeno en el ambiente, puede elevarse la descarga de gas, disminuye la concentración de inertes en el dispositivo de celda de combustible con recirculación. Mediante ello se emite más oxígeno a través de las descarga de gas.

50 En otra forma de realización de la invención, el dispositivo exhibe un segundo sensor de oxígeno, en la cual el segundo sensor de oxígeno detecta la concentración de oxígeno en el lado de salida del lado del cátodo de la celda de combustible. El uso del segundo sensor de oxígeno es ventajoso para operar el dispositivo de celda de combustible con recirculación, con una concentración óptima de gas inerte. Mediante ello se tiene como resultado el óptimo de una concentración de gas inerte tan baja como sea posible para la eficiencia, una concentración de gas inerte tan alta como sea posible para minimizar la emisión de oxígeno y una posible concentración constante de gas inerte para la optimización de la durabilidad de la celda de combustible y una salida constante de potencia de la celda de combustible. Con ayuda del segundo sensor de oxígeno puede ajustarse de manera focalizada la concentración de oxígeno en la corriente de gas del cátodo, en lo cual se ha probado como óptima una concentración de 40 a 70 % molar, preferiblemente de 45 a 60 % molar.

55 En otra forma de realización de la invención, el dispositivo exhibe un primer humidificador, en la cual el primer humidificador está conectado con la primera entrada para oxígeno.

60 En otra forma de realización de la invención el dispositivo exhibe un segundo humidificador, en la cual el segundo

humidificador está conectado con la segunda entrada para hidrógeno.

Los gases de materia prima son usados usualmente prácticamente secos, por consiguiente con un contenido de humedad (humedad relativa) de prácticamente 0 %. Las formas usuales de almacenamiento como oxígeno líquido, hidrógeno de un almacenamiento de hidruro metálico o también hidrógeno u oxígeno de un tanque de gas a presión, no exhiben prácticamente humedad, por el tipo de almacenamiento. La membrana de la celda de combustible exhibe sin embargo en la operación con materias primas secas una disminución de la durabilidad. Por ello, es ventajoso humedecer las materias primas, de modo particular preferiblemente ajustar el contenido de humedad prácticamente a la saturación, por consiguiente un contenido de humedad (humedad relativa) de 80 a 100 %, de modo particular preferiblemente de 90 a 100 %.

En otra forma de realización de la invención el dispositivo exhibe un contenedor de almacenamiento para oxígeno líquido. El oxígeno líquido ha probado ser particularmente eficiente. Preferiblemente el oxígeno gaseoso es obtenido por medio de un evaporador y un sobrecalentador, a partir del oxígeno líquido.

En otra forma de realización de la invención el dispositivo exhibe un almacenamiento de hidruro metálico para hidrógeno. El hidrógeno, que es obtenido de un almacenamiento de hidruro metálico, no exhibe prácticamente gases inertes. Mediante ello se facilita la operación de la celda de combustible. Además, el hidrógeno almacenado como hidruro metálico posee, en comparación con hidrógeno que está bajo presión o hidrógeno líquido, claramente una manipulación más fácil y un almacenamiento más productivo. Alternativamente o adicionalmente el dispositivo exhibe un reformador para la generación de gas de reforma. En un reformador se transforma por ejemplo diésel con agua y/u oxígeno en hidrógeno y monóxido de carbono o dióxido de carbono.

En otra forma de realización de la invención la conexión lateral de cátodo exhibe un compresor lateral de cátodo y la conexión lateral de ánodo exhibe un compresor lateral de ánodo. Los compresores sirven para compensar las pérdidas de presión en la celda de combustible. De modo particularmente preferido, los compresores están dispuestos en cada caso detrás del separador de agua. Mediante este arreglo se evita una condensación dentro del compresor. Más preferiblemente, ocurre una reducción de la temperatura de la corriente de gas recirculado dentro del separador de agua, desde la temperatura que exhibe la corriente de gas en el lado de salida de la celda de combustible, hasta la temperatura que exhibe la corriente de gas en el lado de entrada de la celda de combustible. Puesto que en la reacción dentro de la celda de combustible surge calor, se calienta la corriente de gas dentro de la celda de combustible y de este modo se genera el gradiente de temperatura. Dado que los gases exhiben preferiblemente una humedad relativa cercana a 100 %, con una disminución de la temperatura en la conexión lateral de ánodo o lateral de cátodo, ocurriría condensación.

En otra forma de realización de la invención, el dispositivo de celda de combustible con recirculación exhibe una tercera entrada, en la que la tercera entrada está conectada con el lado de entrada del lado del ánodo de la celda de combustible y en la que el gas inerte puede ser alimentado mediante la tercera entrada. Justo en el arranque de la celda de combustible es ventajoso ajustar directamente la concentración deseada de gas inerte, mediante la adición de gas inerte. Esto es particularmente ventajoso, puesto que la densidad del gas del ánodo puede cambiar fuertemente con la composición, por ejemplo de hidrógeno puro a por ejemplo una mezcla de 50 % de hidrógeno y 50 % de argón, aproximadamente decuplicando la densidad. Mediante ello se influye fuertemente en las propiedades de fluidez, por ejemplo el comportamiento dentro de un compresor. Por ello, es ventajosa la adición de gas inerte en el arranque de la celda de combustible.

En otra forma de realización de la invención, el dispositivo de celda de combustible con recirculación exhibe una cuarta entrada, en la que la cuarta entrada está conectada con el lado de entrada del lado del cátodo de la celda de combustible y en la que puede alimentarse gas inerte a través de la cuarta entrada. también es ventajoso añadir gas inerte en el lado del cátodo, en la conducción de la celda de combustible. Incluso no cambia muy fuertemente la densidad en el lado del cátodo y con ello las propiedades de fluidez del gas del cátodo, aunque una fracción elevada de gas inerte conduce a una modificación en el potencial del lado del cátodo de la celda de combustible, por el cambio de presión parcial de oxígeno. Para hacer factible una operación tan constante como sea posible y con ello alcanzar una durabilidad máxima para la celda de combustible, es ventajosa la adición de gas inerte también en el lado del cátodo.

En otro aspecto, la invención se refiere a un procedimiento para la operación de un dispositivo de celda de combustible con recirculación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-4, en el que se recircula el gas del cátodo y en el que se recircula el gas del ánodo. Una parte de la corriente de gas del cátodo es retirada continuamente de la recirculación en el lado de salida del lado del cátodo de la celda de combustible, y es emitida al aire circundante. La corriente de gas del ánodo es recirculada completamente. Mediante la emisión continua es posible un ajuste focalizado de la cantidad emitida de oxígeno. Así mismo, esto facilita un estado estable de operación, igual para una concentración cambiable de gas inerte.

Mediante la recirculación completa de las corriente de gas del ánodo se evita la emisión de hidrógeno al ambiente, lo cual exhibe una serie de ventajas. Por un lado se evita la emisión de hidrógeno potencialmente peligroso (peligro de la formación de gas detonante). Por otro lado puede renunciarse al dispositivo separado para la oxidación focalizada

de hidrógeno emitido al aire circundante, y además mediante ello reacciona completamente el hidrógeno. En otra forma de realización de la invención se regula la concentración de inertes a través de la descarga de gas por la válvula para descarga de gas.

5 En otra forma de realización de la invención se regula la cantidad de oxígeno emitido por la válvula para descarga de gas, de modo que la concentración de oxígeno en el aire circundante es mantenida aproximadamente constante. Se entiende como aproximadamente constante una oscilación de la concentración de oxígeno en ± 4 % molar, preferiblemente en ± 2 % molar.

10 En otra forma de realización de la invención se regula la emisión de la fracción de la corriente de gas del cátodo, de modo que mediante la emisión de la fracción de la corriente de gas del cátodo, la concentración de oxígeno en el aire circundante no supera un valor de 25 % molar, preferiblemente 23 % molar, de modo particular preferiblemente de 21 % molar. Mediante la vigilancia de la concentración de oxígeno en el aire circundante y la regulación activa de la emisión de la fracción de la corriente de gas del cátodo, puede reducirse de manera óptima un peligro en el ambiente del dispositivo de celda de combustible con recirculación, en particular para seres humanos.

15 En otra forma de realización de la invención se ajusta la cantidad de oxígeno emitido con la fracción de la corriente de gas del cátodo, mediante la concentración de gas inerte en el lado de salida del lado del cátodo de la celda de combustible.

20 En otra forma de realización de la invención se eleva la concentración de gas inerte en el lado de salida del lado del cátodo de la celda de combustible, para la reducción del oxígeno emitido con la fracción de la corriente de gas del cátodo.

25 Mediante la reducción de la emisión de la fracción de la corriente de gas del cátodo se reduce la emisión de gas inerte, de modo que mediante el oxígeno por su impureza, entra más gas inerte al circuito, que el que se entrega. Por ello se eleva la concentración de gas inerte, hasta que por la concentración elevada de gas inerte para la cantidad reducida de la fracción de la corriente de gas del cátodo, se emite una cantidad de gas inerte igual a la cantidad introducida. Por ello se reduce la descarga de oxígeno.

30 De modo correspondiente, mediante la elevación de la fracción de la corriente de gas del cátodo, puede bajarse la concentración de gas inerte y con ello elevarse la emisión de oxígeno al ambiente.

35 En otra forma de realización de la invención, se ajusta la concentración de gas inerte en el lado de salida del lado del cátodo de la celda de combustible, a 40 a 70 % molar, preferiblemente a 45 a 60 % molar, de modo particular preferiblemente a 45 a 55 % molar. Como se toma por ejemplo del documento EP 2 840 636 A1, este intervalo no es preferido, puesto que en este intervalo ya ocurre un deterioro de la potencia de la celda de combustible. Sin embargo, este intervalo ha probado como ventaja de acuerdo con la invención, que con ello es posible una disipación constante de gas inerte, para una comparativamente baja emisión de oxígeno al ambiente. Para un contenido típico de 0,5 % de fracción de gas inerte en el oxígeno (pureza técnica, 99,5 %) surge como resultado que con ello se entrega al aire circundante una fracción de sólo 0,5 % del oxígeno usado y con ello también se pierde para la obtención de energía.

40 En otra forma de realización de la invención, se ajusta igual la concentración de gas inerte en el lado de salida del lado del cátodo de la celda de combustible y la concentración de gas inerte en el lado de salida del lado del ánodo de la celda de combustible. Se prefieren de modo particular las mismas concentraciones de gas inerte, puesto que por la membrana, que separa el lado del ánodo del lado del cátodo de la celda de combustible, en particular en el caso de una celda de combustible PEM, también puede difundirse gas inerte. mediante esta difusión será un equilibrio sólo para concentraciones iguales de gas inerte. Cuanto más fuerte es la desviación del equilibrio, tanto más proceso transcurre dentro de la celda de combustible, para para el equilibrio. En otra forma de realización de la invención se comprime el gas recirculado del cátodo y el gas recirculado del ánodo. Mediante la compresión de los gases que están en recirculación se compensa la pérdida de presión dentro de la celda de combustible. De modo particularmente simple puede ocurrir la compresión del gas recirculado del ánodo, cuando éste exhibe una fracción elevada constante de gas inerte, preferiblemente 40 a 70 % molar, preferiblemente de 45 a 60 % molar, de modo particular preferiblemente de 45 a 55 % molar, puesto que por ello el gas del ánodo exhibe una densidad comparativamente elevada, el cual puede ser comprimido de manera técnicamente más fácil.

45 En otra forma de realización de la invención, se elige la cantidad de gas inerte que es retirada de la recirculación con la fracción de la corriente de gas del cátodo en el lado de salida del lado del cátodo de la celda de combustible y es emitida al aire circundante, para que sea igual a la cantidad de gas inerte que es alimentada al dispositivo de celda de combustible con recirculación, mediante la entrada de oxígeno. Esto corresponde al estado estacionario.

50 En otra forma de realización de la invención se mantiene constante la concentración de gas inerte. En el sentido de esta invención, es constante una concentración, cuando fluctúa dentro de un intervalo de ± 3 % en volumen.

65 En otro aspecto, la invención se refiere a un submarino con un dispositivo de acuerdo con la invención, de celda de combustible con recirculación. El dispositivo de acuerdo con la invención de celda de combustible con recirculación es

particularmente ventajoso para un submarino. Por el ambiente cerrado, el volumen limitado de aire circundante y las personas que trabajan en inmediata cercanía, que no pueden abandonar el ambiente, es particularmente ventajosa una reducción de la emisión de materia prima. Evitando la emisión de hidrógeno se minimizan realmente los riesgos. Mediante la reducción de la emisión de oxígeno, puede evitarse también una elevación de la concentración de oxígeno, que así mismo puede ser peligrosa para la tripulación.

En otra forma de realización de la invención, el dispositivo de celda de combustible con recirculación exhibe una conexión eléctrica para la conexión con una red de corriente continua del submarino.

En otra forma de realización de la invención, mediante la válvula de gas de descarga el dispositivo de celda de combustible con recirculación suministra gases para respiración, en particular oxígeno, para el suministro de aire de la tripulación del submarino.

En otro aspecto, la invención se refiere a la ejecución del proceso de acuerdo con la invención en un submarino.

En una forma de realización particularmente preferida de la invención, el procedimiento de acuerdo con la invención en un submarino es ejecutado, de modo que la cantidad de oxígeno emitido es ajustada mediante la emisión de la fracción de la corriente de gas del cátodo, de manera que ésta corresponde a o está por debajo de la cantidad de oxígeno de consumo en oxígeno dentro del submarino.

Se ha demostrado que para la ejecución del procedimiento de acuerdo con la invención en un submarino, de modo particular preferiblemente se ajusta la concentración de gas inerte a 40 a 70 % molar, preferiblemente a 45 a 60 % molar, de modo particular preferiblemente a 45 a 55 % molar. Se ha demostrado que a esta concentración de gas inerte la energía emitida por la celda de combustible corresponde aproximadamente a la cantidad necesaria de energía, y simultáneamente la cantidad emitida de oxígeno corresponde aproximadamente a la cantidad de oxígeno consumida por la tripulación. Puesto que en una primera aproximación el consumo de energía y oxígeno aumenta con el tamaño del barco y con ello de la tripulación, con mayor aproximación este valor es independiente del tamaño del barco. A continuación, mediante un ejemplo de realización representado en el dibujo, se ilustra en detalle el dispositivo de acuerdo con la invención de celda de combustible con recirculación.

Fig. 1 Representación esquemática de un dispositivo de celda de combustible con recirculación

En la Fig. 1 se representa esquemáticamente un dispositivo ejemplar de celda de combustible con recirculación. El dispositivo de celda de combustible con recirculación exhibe una celda 10 de combustible con un lado 11 de cátodo y un lado 12 de ánodo. En el lado 11 del cátodo ocurre la reducción de O_2 hasta O^{2-} , en el lado 12 del ánodo ocurre la oxidación de H_2 hasta H^+ . El gas del cátodo que sale del lado del cátodo 11 de la celda 10 de combustible es recirculado mediante un primer separador 21 de agua y un compresor 31. El gas que sale del ánodo del lado 12 del ánodo de la celda 10 de combustible es recirculado mediante un segundo separador 22 de agua y un compresor 32. Mediante una válvula 15 para descarga de gas se emite continuamente al aire circundante una fracción de la corriente de gas del cátodo. Del primer separador 21 de agua y del segundo separador 22 de agua puede retirarse del circuito agua mediante una descarga 85 de gas.

Para la alimentación de nuevas materias primas, el dispositivo de celda de combustible con recirculación dispone de un tanque 60 de hidrógeno y un tanque 70 de oxígeno, preferiblemente para oxígeno líquido. El oxígeno es introducido mediante un primer humidificador 51 en el circuito del cátodo, el hidrógeno es introducido mediante un segundo humidificador 52 en el circuito del ánodo. El primer humidificador 51 y el segundo humidificador 52 exhiben preferiblemente una membrana permeable al agua, preferiblemente de un polímero sulfonado de tetrafluoroetileno, por ejemplo Nafion (DuPont) o Flemion (Asahi). El primer humidificador 51 es alimentado por un compresor 41 y un intercambiador 43 de calor, con agua separada en el primer separador 21 de agua. El segundo humidificador 52 es alimentado mediante un compresor 42 y un intercambiador 44 de calor con agua separada en el segundo separador 22 de agua. Evidentemente son imaginables también todas las otras combinaciones para la alimentación del humidificador con agua separada en los separadores de agua, en particular, que mediante el compresor 41 y el intercambiador 43 de calor, el primer humidificador 51 y el segundo humidificador 52 sean alimentados con agua separada en el primer separador 21 de agua.

Los intercambiadores 43, 44 de calor son operados preferiblemente con agua fría de la celda 10 de combustible. Esta forma de realización es preferida de modo particular, puesto que el agua fría abandona la celda 10 de combustible con la máxima temperatura, la cual está presente en el lado de salida de la celda 10 de combustible. Con ello se precalientan ya a la temperatura correcta el agua, y con ello el oxígeno o hidrógeno introducidos con el agua. Al respecto, se ajusta el agua fría a la temperatura prevalente en el lado de entrada de la celda 10 de combustible. Por ello no es necesaria una regulación activa, el sistema se regula a sí mismo de manera pasiva.

Para la puesta en servicio de la celda de combustible, puede introducirse mediante conducciones 80 de gas inerte, gas inerte en el circuito de gas del ánodo y el circuito de gas del cátodo, y así ajustarse las condiciones deseadas.

Números de referencia

	Celda 10 de combustible
5	Lado 11 del cátodo
	Lado 12 del ánodo
	Válvula 15 de descarga de gas
10	Primer separador 21 de agua
	Segundo separador 22 de agua
15	Compresor 31
	Compresor 32
	Compresor 41
20	Compresor 42
	Intercambiador 43 de calor
	Intercambiador 44 de calor
25	Primer humidificador 51
	Segundo humidificador 52
30	tanque 60 de hidrógeno
	tanque 70 de oxígeno
	Sobrecalentador 75
35	Conducción 80 de gas inerte
	Descarga 85 de agua

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de celda de combustible con recirculación, con al menos una celda de combustible (10), una primera entrada para oxígeno, una segunda entrada para hidrógeno, un primer separador de agua (21), en donde la celda de combustible (10) exhibe un lado de entrada y un lado de salida así como un lado del ánodo (12) y un lado del cátodo (11), en donde la primera entrada para oxígeno está conectada al lado de entrada del lado del cátodo (11) de la celda de combustible (10), en donde la segunda entrada para hidrógeno está conectada al lado de entrada del lado del ánodo (12) de la celda de combustible (10), en donde el dispositivo exhibe una conexión en el lado del cátodo, en donde la conexión en el lado del cátodo es una conexión entre el lado de salida del lado del cátodo (11) de la celda de combustible (10) y el lado de entrada del lado del cátodo (11) de la celda de combustible (10), en donde el dispositivo exhibe una conexión en el lado del ánodo, en donde la conexión en el lado del ánodo es una conexión entre el lado de salida del lado del ánodo (12) de la celda de combustible (10) y el lado de entrada del lado del ánodo (12) de la celda de combustible (10), en donde en la conexión en el lado del cátodo está dispuesto el primer separador de agua (21), en donde el dispositivo en el lado de salida del lado del cátodo (11) de la celda de combustible (10) exhibe una válvula para descarga de gas para gases de proceso (15), para la emisión continua de gases de proceso, **caracterizado porque** el dispositivo exhibe un primer sensor de oxígeno, en donde el primer sensor de oxígeno detecta la concentración de oxígeno del aire circundante, en donde la válvula para descarga de gas (15) se puede regular para el ajuste de una concentración de gas inerte, mediante la concentración de oxígeno del aire circundante detectada por el primer sensor de oxígeno.
2. Dispositivo de celda de combustible con recirculación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el dispositivo está formado para la recirculación completa del gas de ánodo que sale en el lado de salida del lado del ánodo (12) de la celda de combustible (10).
3. Dispositivo de celda de combustible con recirculación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo exhibe un segundo sensor de oxígeno, en donde el segundo sensor de oxígeno detecta la concentración de oxígeno del lado de salida del lado del cátodo (11) de la celda de combustible (10).
4. Dispositivo de celda de combustible con recirculación de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el dispositivo exhibe un primer humidificador (51), en donde el primer humidificador (51) está conectado a la primera entrada para oxígeno y/o el dispositivo exhibe un segundo humidificador (52), en donde el segundo humidificador (52) está conectado a la segunda entrada para hidrógeno.
5. Procedimiento para el funcionamiento de una celda de combustible con recirculación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-4, en el que el gas del cátodo es recirculado y en el que el gas del ánodo es recirculado, en donde de manera continua se retira de la recirculación una parte de la corriente de gas del cátodo en el lado de salida del lado del cátodo (11) de la celda de combustible (10) y es emitido al aire circundante, **caracterizado porque** se recircula completamente la corriente de gas del ánodo.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** la concentración de gas inerte es regulada mediante la descarga de gas a través de la válvula para descarga de gas (15), en el que la cantidad de oxígeno emitida mediante la descarga de gas mediante la válvula para descarga de gas (15) es regulada de tal modo que la concentración de oxígeno en el aire circundante es mantenida aproximadamente constante.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 6, **caracterizado porque** se eleva la concentración de gas inerte en el lado de salida del lado del cátodo (11) de la celda de combustible (10) para la reducción del oxígeno emitido con la fracción de la corriente de gas del cátodo.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado porque** se elige la cantidad de sustancia de gas inerte que es eliminada de la recirculación con la fracción de la corriente de gas del cátodo en el lado de salida del lado del cátodo (11) de la celda de combustible (10) y es emitida al aire circundante, igual a la cantidad de sustancia de gas inerte que es suministrada al dispositivo de celda de combustible con recirculación mediante la entrada de oxígeno.
9. Uso de un dispositivo de celda de combustible con recirculación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4 en un submarino.
10. Uso de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** el dispositivo de celda de combustible con recirculación suministra, mediante la válvula de gas de descarga, gas para respiración para el suministro de aire a la tripulación del submarino.
11. Ejecución del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 8 en un submarino.
12. Ejecución del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado porque** la cantidad de oxígeno emitido por la emisión de la fracción de la corriente de gas del cátodo es ajustada de modo que ésta corresponde a o está por debajo de la cantidad de oxígeno consumido dentro del submarino.

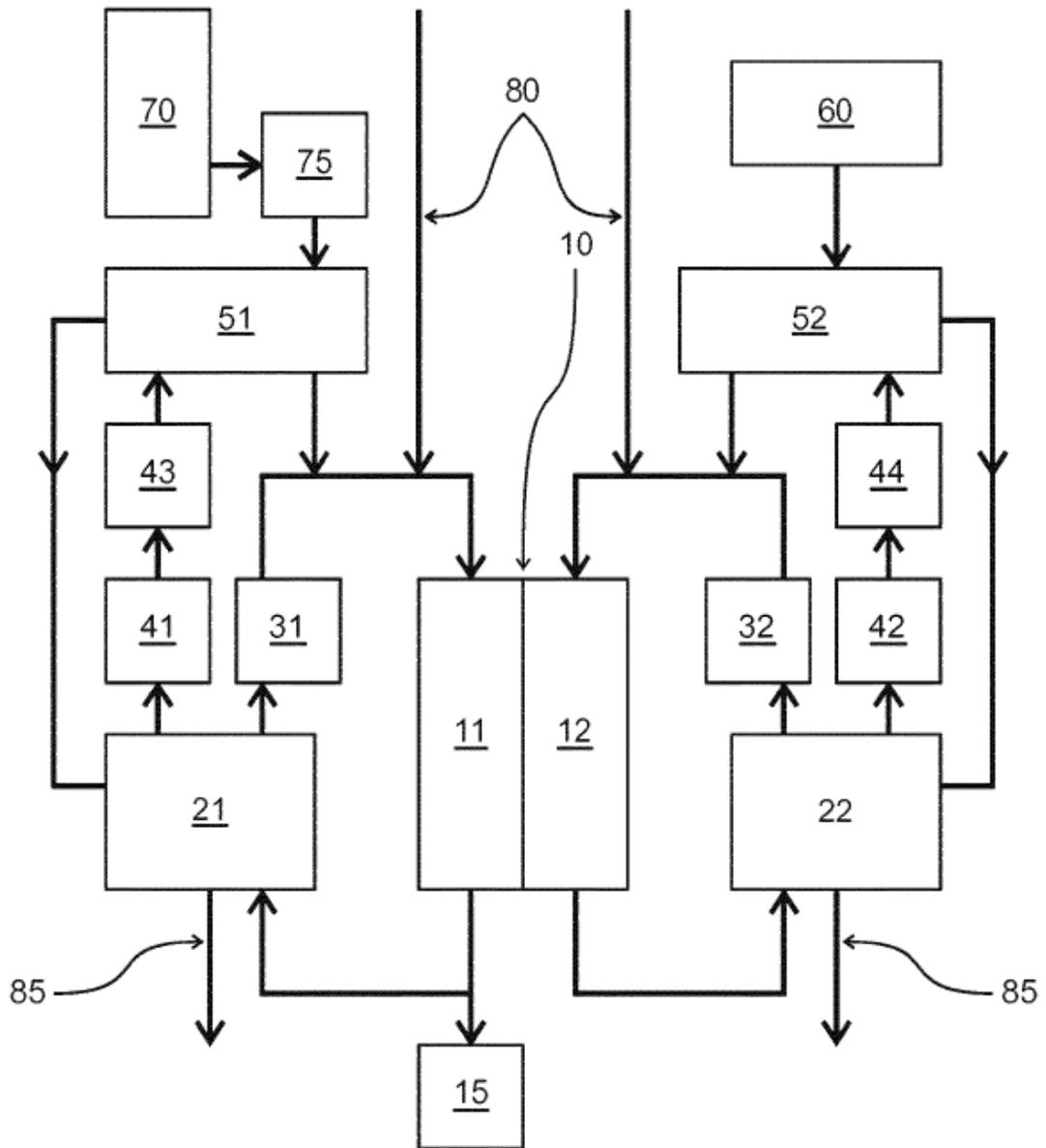


Fig. 1