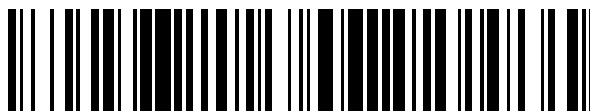


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 805**

51 Int. Cl.:

H01M 8/18	(2006.01)	C25B 9/18	(2006.01)
H01M 8/0662	(2006.01)	H01M 8/2425	(2006.01)
H01M 8/0432	(2006.01)		
H01M 8/2485	(2006.01)		
H01M 8/0438	(2006.01)		
H01M	(2006.01)		
H01M	(2006.01)		
C25B 15/02	(2006.01)		
C25B 15/08	(2006.01)		
C25B 1/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.03.2014 PCT/EP2014/055909**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **02.10.2014 WO14154658**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2014 E 14717417 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 2978875**

54 Título: **Celda de combustible de alta eficacia**

30 Prioridad:

25.03.2013 EP 13160858

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

01.06.2018

73 Titular/es:

**HELMUT-SCHMIDT-UNIVERSITÄT/ UNIVERSITÄT
DER BUNDESWEHR HAMBURG (50.0%)
Holstenhofweg 85
22043 Hamburg, DE y
HAMBURG INNOVATION GMBH (50.0%)**

72 Inventor/es:

SCHULZ, DETLEF

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 670 805 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 de alta eficacia

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a una celda de combustible de alta eficacia, y, en particular, a una celda de combustible que incluye una sección de catalizador que tiene una retroalimentación de óxido de carbono para un proceso de metanación.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las celdas de combustible pueden usarse para generar electricidad cuando son alimentadas con combustible y oxígeno, por ejemplo, hidrógeno y oxígeno. Sin embargo, una celda de combustible también puede utilizarse de una forma inversa. En este caso, una celda de combustible puede ser alimentada con electricidad para realizar un proceso de electrolisis con objeto de generar, por ejemplo, oxígeno e hidrógeno a partir de agua o de vapor de agua. Cuando se usa una celda de combustible en este modo de funcionamiento, puede usarse una celda de combustible para explotar una sobregeneración de electricidad y para producir combustible de alta calidad. Este combustible puede, por ejemplo, almacenarse de una forma mucho más fácil de la que puede almacenarse la electricidad. En particular, es más fácil almacenar hidrógeno que almacenar una cantidad de electricidad o de energía eléctrica equivalente. Además, es posible generar un combustible de alta calidad con otros fines como, por ejemplo, fines de calentamiento. Sin embargo, la manipulación del hidrógeno puede generar problemas adicionales, ya que se requiere una elevada presión para comprimir el hidrógeno con objeto de reducir el volumen de almacenamiento. Además, el uso de hidrógeno como combustible puede provocar importantes problemas de seguridad, ya que el hidrógeno en ciertas circunstancias puede ser muy explosivo. Por lo tanto, el hidrógeno puede ser convertido en metano a través de un proceso de metanación. De esta forma, el hidrógeno puede ser convertido en metano, de forma que este metano pueda ser proporcionado como combustible público o a redes de gas. Dicho proceso se describe, por ejemplo, en la solicitud de patente coreana nº 10-0814156 o en la solicitud de patente coreana nº 10-1093674. El documento US 2004/0202914 describe una instalación de celda de combustible que tiene un tubo de reactor que incluye un catalizador para un proceso de metanación. El tubo del reactor está después de la celda de combustible y conectado por conductos. Puede haber dispuesto un intercambiador de calor entre la celda de combustible y el tubo del reactor. El documento DB 10 2011 088 613 describe una celda de combustible que tiene un accionador interno para el control de la celda de combustible. El documento EP 2 540 388 describe un método de funcionamiento de un reactor de metanación, y un reactor de metanación. Tomando como base los aspectos anteriores, puede ser ventajoso tener una instalación de celda de combustible que tenga una mayor eficacia con respecto a las instalaciones de celda de combustible de la técnica anterior.

SUMARIO DE LA INVENCION

40 La presente invención proporciona una instalación de celda de combustible de alta eficacia. Las realizaciones adicionales de dicha instalación de celda de combustible se definen en las reivindicaciones dependientes. La siguiente descripción también describe un método de funcionamiento de una celda de combustible de alta eficacia, un correspondiente elemento de programa y un medio legible por ordenador.

45 Debería apreciarse que los siguientes ejemplos descritos de realizaciones de la invención también se aplican para la celda de combustible de alta eficacia, el método, el elemento de programa y el medio legible por ordenador.

Según la invención, se proporciona una instalación de celda de combustible que comprende una primera unidad de celda de combustible, una unidad de metanación y una unidad de control, en la que la primera unidad de celda de combustible comprende una parte activa para la conversión del agua en hidrógeno y oxígeno, una entrada de agua, una salida de hidrógeno y una salida de oxígeno, en la que la unidad de metanación comprende un catalizador, una entrada de hidrógeno, una entrada de óxido de carbono que tiene una primera válvula controlable y una salida de metano, en la que la salida de hidrógeno de la primera unidad de celda de combustible se acopla a la entrada de hidrógeno de la unidad de metanación, en la que la unidad de metanación está adaptada para convertir el hidrógeno y el óxido de carbono en metano, en la que la unidad de control está adaptada para controlar la primera válvula controlable de forma que se obtenga un proceso de conversión optimizado para convertir el hidrógeno y el óxido de carbono en metano.

Por lo tanto, es posible controlar el suministro de óxido de carbono a la unidad de metanación, de forma que sostenga un proceso de conversión optimizado. En particular, la eficacia de la celda de combustible, en particular del

proceso de metanación, puede aumentar significativamente cuando se controla el suministro de óxido de carbono a la unidad de metanación. Debería apreciarse que el óxido de carbono puede ser o incluye monóxido de carbono o dióxido de carbono. Además, debería apreciarse que la entrada de agua significa que la unidad de celda de combustible puede ser alimentada con agua, lo que incluye agua en forma gaseosa, como vapor de agua. La unidad de celda de combustible puede tener un cátodo, un ánodo y una membrana entre el cátodo y el ánodo. La salida de hidrógeno de la primera unidad de la celda de combustible, que está acoplada a la entrada de hidrógeno de la unidad de metanación, puede llevarse a cabo mediante una interfase común entre la primera unidad de celda de combustible y la unidad de metanación. Debería apreciarse que la salida de hidrógeno no debería entenderse exclusivamente como un dispositivo incorporado, sino que junto con la entrada de hidrógeno de la unidad de metanación, puede ser una interfase funcional. En particular, cuando se proporciona una instalación en la que la primera unidad de celda de combustible está dispuesta directamente adyacente a la unidad de metanación, puede haber un tránsito directo desde la primera unidad de celda de combustible hacia la unidad de metanación, que sirve como una salida de hidrógeno y una entrada de hidrógeno de la unidad de celda de combustible y de la unidad de metanación, respectivamente. La unidad de control puede controlar la primera válvula controlable basándose, por ejemplo, en un sensor en la celda de combustible o en la unidad de metanación. En particular, puede detectarse la concentración de hidrógeno y/o de metano y/o de óxido de carbono, de forma que se tenga una base para controlar la válvula controlable para el suministro óxido de carbono. La válvula también puede ser controlada basándose en una base de datos con experiencia. La unidad de control puede controlar la válvula de entrada de forma que se controle la entrada de óxido de carbono, por ejemplo, de monóxido de carbono y/o de dióxido de carbono, basándose en una concentración determinada, por ejemplo, de monóxido de carbono y/o de dióxido de carbono y/o de metano, en la salida y/o en la unidad de metanación. Pueden proporcionarse sensores para determinar la concentración anteriormente mencionada. El control puede llevarse a cabo guiado por un motor. El proceso de control puede controlar, por ejemplo, el proceso de forma que se consiga una tasa de conversión máxima del óxido de carbono en metano. Dado que la metanación es un proceso catalítico, proceso que requiere una energía de activación, la concentración óptima de óxido de carbono, por ejemplo, de monóxido de carbono y/o de dióxido de carbono, puede variar dependiendo de la presión y de la temperatura.

Según la invención, la unidad de metanación de la instalación de celda de combustible está dispuesta al lado de la unidad de celda de combustible de una forma que permita la transferencia de calor desde la unidad de metanación hacia la unidad de celda de combustible. La parte activa puede comprender el ánodo de una celda de combustible, el cátodo de una celda de combustible y una membrana entre los mismos. La entrada de agua, la salida de hidrógeno y la salida de oxígeno pueden estar en comunicación con un volumen que contiene la parte activa. La entrada de hidrógeno, la entrada de óxido de carbono y la salida de metano pueden estar en comunicación con un volumen que contiene el catalizador.

Por lo tanto, el calor generado en la unidad de metanación resultante del proceso exotérmico de metanación puede usarse para calentar la unidad de celda de combustible.

Según la invención, la unidad de metanación y la unidad de celda de combustible comparten una pared común. La pared común puede permitir la transferencia directa de calor desde la unidad de metanación hasta la unidad de celda de combustible. La pared común puede ser un separador entre un volumen/cavidad de una celda de combustible y un volumen/cavidad de catalizador. La pared común puede tener aberturas para la transferencia del hidrógeno desde la cavidad de la celda de combustible hacia la cavidad del catalizador. La pared común puede estar diseñada de forma que tenga un área porosa para la transferencia del hidrógeno. El área porosa, en particular la porosidad del área porosa, puede ser controlada por un accionador, por ejemplo, un piezoaccionador. La activación del accionador puede ser llevada a cabo por la unidad de control. El proceso de control puede basarse en una tabla de consulta implementada en la unidad de control.

Según un ejemplo de realización, la instalación de celda de combustible incluye la unidad de celda de combustible y la unidad de metanación de forma que se permita un proceso de metanación interno. Esto puede proporcionarse disponiendo la unidad de celda de combustible al lado de la unidad de metanación, en particular cuando comparten una pared que permite la transferencia de calor entre la unidad de celda de combustible y la unidad de metanación. La unidad de metanación puede realizar una metanación interna primaria. En otras palabras, también es posible proporcionar una unidad de metanación opcional adicional posterior, unidad de metanación posterior que puede estar ubicada dentro o fuera de un alojamiento común que incluye una celda de combustible y la unidad de metanación (primaria).

Según un ejemplo de realización, la instalación de celda de combustible comprende adicionalmente una pluralidad de unidades de la celda de combustible, una de las cuales es la primera unidad de celda de combustible, en la que cada una de las unidades de la celda de combustible comprende una entrada de agua, una salida de hidrógeno y

una salida de oxígeno, en la que la unidad de metanación comprende una pluralidad de entradas de óxido de carbono, cada una de las cuales tiene una válvula controlable, en la que la salida de hidrógeno de cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible se acopla a la entrada de hidrógeno de la unidad de metanación, en la que la unidad de control está adaptada para controlar la pluralidad de válvulas controlables de forma que
5 sostenga un proceso de conversión optimizado para convertir el hidrógeno y el óxido de carbono en metano.

Por lo tanto, es posible considerar una concentración localmente variable de metano en la unidad de metanación y controlar un suministro retrógrado o incluso anterógrado de óxido de carbono dependiendo de la concentración local de metano y/o de hidrógeno y/o de óxido de carbono. Por lo tanto, puede suministrarse una cantidad apropiada de
10 óxido de carbono retrógrada o anterógrada a cada una de las respectivas de la pluralidad de entradas de óxido de carbono de la unidad de metanación, de forma que pueda llevarse a cabo un control adaptado de la concentración de óxido de carbono, de metano, y/o de hidrógeno en la unidad de metanación. En particular, como ya se ha descrito más arriba, la pluralidad de salidas de hidrógeno de la pluralidad de unidades de la celda de combustible puede transitar directamente a la entrada de hidrógeno de la unidad de metanación. La entrada de hidrógeno de la unidad
15 de metanación puede extenderse a lo largo de una gama de la unidad de metanación que se corresponde con la extensión de la pluralidad de unidades de la celda de combustible adyacentes a la unidad de metanación. Debería apreciarse que la entrada de hidrógeno de la unidad de metanación puede ser una instalación que comprenda una pluralidad de conductos entre las unidades de la celda de combustible y la unidad de metanación, pero también puede ser una entrada de hidrógeno de rail común que recibe la pluralidad de salidas de hidrógeno de las unidades
20 de la celda de combustible.

Según un ejemplo de realización, la unidad de metanación comprende una pluralidad de subsecciones de metanación, en la que cada una de las subsecciones de metanación está ubicada en una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible, en la que cada una de las subsecciones de metanación comprende una
25 pluralidad de entradas de óxido de carbono, cada una de las cuales tiene una válvula controlable.

Por lo tanto, en ciertas secciones de la instalación de celda de combustible, puede establecerse una correspondencia unívoca entre una unidad de celda de combustible y las respectivas subsecciones de metanación, lo que puede simplificar el control del proceso de metanación en la totalidad de la unidad de metanación. Sin
30 embargo, debería apreciarse que también es posible ubicar dos o más unidades de la celda de combustible en una subsección de metanación, o dos o más subsecciones de metanación en una unidad de celda de combustible. Debería apreciarse que también es posible no tener una correspondencia entre el número de unidades de celdas de combustible y el número de subsecciones de metanación.

35 Según un ejemplo de realización, la unidad de metanación comprende al menos un elemento calentador.

El proceso de metanación puede acelerarse cuando se aumenta la temperatura. En particular, cuando se usa una unidad de celda de combustible de un tipo de baja temperatura, la generación de calor de la unidad de celda de combustible o de las unidades de la celda de combustible puede no ser suficiente para obtener un proceso de
40 metanación optimizado. Un elemento calentador puede proporcionar la temperatura requerida en la unidad de metanación de forma que se optimice el proceso de metanación. Debería apreciarse que puede usarse una pluralidad de elementos calentadores para proporcionar un respectivo perfil de temperatura a lo largo de la extensión de la unidad de metanación de forma que se controle el proceso de metanación mediante el control local de las condiciones de funcionamiento en la unidad de metanación. Debería apreciarse que, en particular, cuando se usa
45 una unidad de celda de combustible de elevada temperatura, también pueden aplicarse elementos refrigerantes a la unidad de metanación, en el caso de que la temperatura de la unidad de celda de combustible deba ser demasiado elevada para un proceso optimizado de metanación.

La metanación es una reacción exotérmica a una elevada temperatura de entre 300 °C y 700 °C.

50 Un catalizador, por ejemplo, de níquel, y la adición de energía de activación, favorecen la reacción. La razón de esto es la lenta reacción del hidrógeno. En su forma molecular, el hidrógeno es lento en reaccionar (inerte). El calentamiento convierte el hidrógeno desde su forma molecular a su forma atómica. Esta última es más rápida en reaccionar. La cantidad de energía de activación depende de la presión. 1 bar requiere 100 kJ/mol. A una presión
55 más alta, la cantidad de energía de activación es menor. A, por ejemplo, 4 bar, la energía de activación es de aproximadamente 75 kJ/mol

Según un ejemplo de realización, la unidad de metanación comprende al menos un sensor para la detección de los parámetros de funcionamiento de la unidad de metanación, en la que el sensor se selecciona entre un grupo, grupo
60 que consiste en un sensor de presión, un sensor de metano, un sensor de hidrógeno, un sensor de temperatura, un

sensor de óxido de carbono, en la que la unidad de control está adaptada para controlar la válvula basándose en la detección del sensor.

5 Por lo tanto, las condiciones de funcionamiento particulares de la unidad de metanación pueden detectarse de forma que se proporcione una base para un proceso de control de la válvula de suministro de óxido de carbono. Debería apreciarse que, en particular, el sensor de metano, el sensor de hidrógeno y/o el sensor de óxido de carbono pueden ser sensores que son capaces de detectar la concentración de los respectivos medios. Debería apreciarse que a lo largo de la unidad de metanación puede proporcionarse una pluralidad de sensores de cada tipo, de forma que se detecte una distribución local de las condiciones de funcionamiento de la unidad de metanación de forma que se
10 proporcione una base apropiada para el control de la pluralidad de válvulas de suministro de óxido de carbono.

Según un ejemplo de realización, el elemento calentador es controlable según los parámetros de funcionamiento detectados en la unidad de metanación.

15 Esto permite el control de un perfil de temperatura a lo largo de la extensión de la unidad de metanación.

Según un ejemplo de realización, la unidad de metanación comprende al menos una válvula de control de la presión, en la que la válvula de control de la presión es controlable según los parámetros de funcionamiento detectados en la unidad de metanación.

20 Por lo tanto, es posible controlar el proceso de metanación no solo mediante la medición del suministro de óxido de carbono a la unidad de metanación, sino también mediante el control de la presión en la unidad de metanación. En particular, puede usarse el control de la presión en la unidad de metanación para un ajuste fino del proceso de metanación. Debería apreciarse que también pueden proporcionarse controles de una pluralidad de válvulas de
25 presión a lo largo de la extensión de la unidad de metanación.

Según un ejemplo de realización, la unidad de metanación comprende adicionalmente al menos una salida del hidrógeno gaseoso residual.

30 Por lo tanto, es posible extraer el hidrógeno fuera de la unidad de metanación, en particular el hidrógeno residual que no se ha convertido en metano. El hidrógeno residual puede ser retroalimentado a la unidad de metanación. En particular, el hidrógeno puede ser retroalimentado a una sección de la unidad de metanación, en la que se espera o se detecta que la tasa de hidrógeno es baja.

35 Según un ejemplo de realización, cada una de la pluralidad de unidades de celdas de combustible comprende un cátodo y un ánodo, y una membrana de la celda de combustible entre el cátodo y el ánodo, en la que al menos una membrana de la celda de combustible comprende una instalación de electrodo controlable, y la instalación de la celda de combustible comprende adicionalmente una unidad de control de la instalación de electrodo.

40 Por lo tanto, es posible controlar el proceso de electrolisis de la celda de combustible y reaccionar rápidamente frente a una condición de sobrecalentamiento. En particular, es posible controlar directamente la membrana y llevar a cabo el control en el propio elemento del núcleo de la unidad de celda de combustible. Esto permite una rápida respuesta y una rápida retroalimentación del procedimiento de control de las unidades de celda de combustible.

45 Debería apreciarse que la instalación de electrodo puede ser una instalación de electrodo múltiple, por ejemplo, una red o un patrón que tiene una red horizontal atravesada por una red vertical. Debería apreciarse que la red horizontal y la red vertical pueden estar dispuestas lo suficientemente distantes como para estar aisladas. La instalación de electrodo puede estar dispuesta en la superficie de la membrana o en el volumen de la membrana. También es posible proporcionar una parte de la instalación de electrodo en uno de los lados de la superficie de la membrana y
50 una parte adicional de la instalación de electrodo en el otro lado de la superficie de la membrana. Debería apreciarse que también pueden usarse parámetros de control alternativos para el control del proceso de funcionamiento de la celda de combustible, es decir, de la electrolisis. En particular, pueden proporcionarse impactos alternativos a un impacto eléctrico, como, por ejemplo, un impacto luminoso, un impacto de presión, un impacto de temperatura o cualquier otro impacto que sea apropiado para el control del proceso de la celda de combustible.

55 Según un ejemplo de realización, la instalación de la celda de combustible comprende al menos una unidad de medición del di/dt , en la que la unidad de control de la instalación de electrodo está adaptada para el control de la instalación de electrodo basándose en el di/dt medido o detectado.

60 Por lo tanto, es posible medir el gradiente de corriente y concluir, a partir del gradiente de corriente medido o

detectado, las condiciones de la celda de combustible, de forma que la celda de combustible pueda ser controlada apropiadamente mediante el control de la instalación de electrodo. En particular, cuando se detecta un elevado gradiente de corriente, como un rápido aumento en la corriente, es necesario reaccionar con rapidez con un proceso de control de forma que se eviten daños en la instalación de celda de combustible.

5

Según un ejemplo de realización, la unidad de metanación comprende una sección superficial de la pared activa que está recubierta con un agente catalizador.

Por lo tanto, es posible proporcionar una construcción fácil de un catalizador. Debería apreciarse que la sección superficial de la pared activa puede estar plegada o puede estar formada de una manera creciente con la superficie, de forma que la superficie activa del agente catalizador sea elevada. Por lo tanto, el proceso de metanación puede mejorarse y aumentarse con respecto a la eficacia.

10

Según un ejemplo de realización, el agente catalizador es un material catalizador en fase sólida seleccionado entre un grupo, grupo que consiste en níquel, óxido de aluminio, óxido de circonio, metales nobles, en particular platino y aleaciones de platino.

15

En particular, los catalizadores en fase sólida son fáciles de manipular, y la geometría se mantiene constante sobre una base regular. En particular, puede evitarse un problema de dosificación del agente catalizador.

20

Según un ejemplo de realización, la pluralidad de unidades de la celda de combustible está apilada.

Por lo tanto, es posible proporcionar un diseño compacto de la instalación de celda de combustible, por ejemplo, que tiene una pluralidad de unidades apiladas de la celda de combustible y una unidad de metanación que se extiende a lo largo de la pila de unidades de la celda de combustible.

25

Según un ejemplo de realización, la instalación de celda de combustible comprende adicionalmente un alojamiento rectangular, en la que cada unidad de celda de combustible tiene una cubierta rectangular con al menos un borde recortado, en el que los bordes recortados de cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible se corresponden entre sí, de manera que se forma un canal para la conducción del gas.

30

Por lo tanto, es posible proporcionar una geometría optimizada. El borde recortado puede dar como resultado un canal que tiene, por ejemplo, una sección transversal triangular, de forma que el canal pueda ser ubicado adyacente a los correspondientes bordes recortados, pero en el interior del alojamiento rectangular de la instalación de celda de combustible.

35

Según un ejemplo de realización, la instalación de celda de combustible comprende adicionalmente un alojamiento rectangular, en la que cada unidad de celda de combustible tiene una cubierta rectangular con tres bordes recortados, en la que los tres bordes recortados de cada unidad de celda de combustible se corresponden entre sí de forma que se formen al menos tres canales para la conducción del gas, sirviendo un primer canal para proporcionar el vapor de agua, sirviendo un segundo canal para la recolección del oxígeno y sirviendo un tercer canal para la recepción de la unidad de metanación, en la que la salida de hidrógeno de cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible se acopla al menos a una de las entradas de hidrógeno de la unidad de metanación.

45

Por lo tanto, en el alojamiento rectangular de la instalación de celda de combustible, los bordes recortados de las unidades de la celda de combustible proporcionan espacio para proporcionar los canales para la conducción de un gas. En particular, también es posible proporcionar cuatro canales en cada uno de los bordes longitudinales del alojamiento rectangular, un canal para el vapor de agua, un canal para el oxígeno, un canal para la unidad de metanación y un canal para una conducción de gas residual.

50

Según un ejemplo de realización, se proporciona un método para mejorar la eficacia de una instalación de celda de combustible que tiene una primera unidad de celda de combustible y una unidad de metanación, en el que la primera unidad de celda de combustible comprende una entrada de agua, una salida de hidrógeno y una salida de oxígeno, y en el que la unidad de metanación comprende una entrada de hidrógeno, una entrada de óxido de carbono, una primera válvula controlable y una salida de metano, en el que la salida de hidrógeno de la primera unidad de celda de combustible se acopla a la entrada de hidrógeno de la unidad de metanación, en el que la unidad de metanación está adaptada para convertir el hidrógeno y el óxido de carbono en metano, método que comprende la etapa de controlar la primera válvula controlable para el control de un suministro de óxido de carbono a la unidad de metanación de forma que se obtenga un proceso de conversión óptimo para convertir el hidrógeno y el óxido de

55

60

carbono en metano.

En particular, debería apreciarse que también puede proporcionarse una pluralidad de válvulas controlables a lo largo de la unidad de metanación, de forma que pueda controlarse la distribución local de la concentración de óxido de carbono, de forma que se tenga una optimización en cada ubicación de la unidad de metanación.

Según un ejemplo de realización, se proporciona un elemento de programa que, cuando es ejecutado por un procesador, está adaptado para llevar a cabo el método descrito más arriba.

10 Según un ejemplo de realización, se proporciona un medio legible por ordenador que tiene almacenado el elemento de programa descrito más arriba.

Estos y otros aspectos de la presente invención serán evidentes y esclarecidos con referencia a las realizaciones descritas a continuación en el presente documento.

15

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación, se describirán ejemplos de realizaciones de la invención con referencia a los siguientes dibujos.

20 La Fig. 1 ilustra un resumen esquemático del proceso de conversión de energía eléctrica en metano según un ejemplo de realización de la invención.

La Fig. 2 ilustra un resumen esquemático de una instalación de celda de combustible según un ejemplo de realización de la invención, que tiene un suministro de óxido de carbono controlado.

25

La Fig. 3 ilustra una instalación de celda de combustible según un ejemplo de realización de la invención, que tiene adicionalmente una salida de metano en la unidad de metanación.

La Fig. 4 ilustra una instalación de celda de combustible según un ejemplo de realización de la invención, que tiene una válvula de control de la presión adicional en la unidad de metanación.

30

La Fig. 5 ilustra una instalación de celda de combustible según un ejemplo de realización de la invención, que tiene un elemento calentador adicional en la unidad de metanación.

35 La Fig. 6 ilustra un resumen esquemático de una instalación de celda de combustible según un ejemplo de realización de la invención, con una estructura de una unidad de celda de combustible y un elemento calentador y una válvula de control de óxido de carbono en la unidad de metanación.

La Fig. 7 ilustra un resumen esquemático de una instalación de celda de combustible según un ejemplo de realización de la invención, que ilustra una estructura de una unidad de celda de combustible y una válvula de control de la presión adicional en la unidad de metanación.

40

La Fig. 8 ilustra un resumen esquemático de una instalación de celda de combustible según un ejemplo de realización de la invención, que ilustra una estructura de una unidad de celda de combustible que tiene una instalación de un electrodo de control en la membrana, un elemento calentador y una válvula de control de óxido de carbono en la unidad de metanación.

45

La Fig. 9 ilustra un resumen esquemático de una instalación de celda de combustible según un ejemplo de realización de la invención, que ilustra una estructura de una unidad de celda de combustible que tiene una instalación de electrodo y una válvula de control de la presión adicional en la unidad de metanación.

50

La Fig. 10 ilustra la construcción general de una instalación de celda de combustible que tiene unidades apiladas de la celda de combustible, y la interacción de las entradas y las salidas de la unidad de metanación con respecto a la unidad de celda de combustible apilada según un ejemplo de realización de la invención.

55

La Fig. 11 ilustra un resumen esquemático de una instalación de celda de combustible según un ejemplo de realización de la invención, que tiene implementada una unidad de metanación y líneas de retroalimentación para el hidrógeno y el óxido de carbono.

60 La Fig. 12 ilustra la estructura general de las unidades apiladas de la celda de combustible que tienen distribuidas

subsecciones de metanación.

La Fig. 13 ilustra un resumen esquemático de las respectivas entradas y salidas de la unidad de metanación que incluye las válvulas, las rutas de control y los elementos secundarios, como bombas y tuberías.

5

Las Figs. 14 a h ilustran una diversidad de geometrías de una unidad de metanación 200 al lado de una unidad de celda de combustible 110.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS EJEMPLOS DE REALIZACIONES

10

La Fig. 1 ilustra un resumen esquemático del proceso de conversión de energía eléctrica en oxígeno e hidrógeno a partir del agua a través de una electrolisis, así como el posterior proceso de metanación mediante el uso de la salida de hidrógeno de la electrolisis. Como resultado de la metanación se produce metano, CH_4 , que puede ser usado para fines de almacenamiento de metano. Se suministra agua a la celda de combustible 110 por medio de la entrada de agua de la celda de combustible o de la entrada de vapor de agua 111. El agua se descompone en oxígeno e hidrógeno a través de una electrolisis y mediante el aporte de energía eléctrica. Se suministra oxígeno a la salida de oxígeno de la celda de combustible o salida 113, y el hidrógeno se saca a través de la salida de hidrógeno de la celda de combustible 112. La celda de combustible convierte la energía eléctrica en energía calorífica W_E , energía calorífica que se usa como una energía del proceso para el proceso de metanación. Cuando el hidrógeno abandona la unidad de electrolisis/celda de combustible 110 a través de la salida de hidrógeno 112, entra en la unidad de metanación 200 a través de la entrada de hidrógeno de la unidad de metanación 212. El carbono necesario para la metanación se proporciona a través de la entrada de óxido de carbono 214, de forma que el hidrógeno y el óxido de carbono sean convertidos en metano apoyados por un catalizador. El esquema de la Fig. 1 ilustra que no sólo el metano abandona la instalación de celda de combustible, sino también agua, normalmente en forma de vapor, e hidrógeno. El principio general es usar la energía calorífica de la unidad de celda de combustible para proporcionar la energía calorífica para el proceso de metanación y para controlar el proceso de metanación mediante el control de la entrada de óxido de carbono. Debería apreciarse que el óxido de carbono puede ser monóxido de carbono, así como dióxido de carbono. La temperatura de la instalación de celda de combustible, en particular de la unidad de celda de combustible, puede estar en el intervalo de entre los 100 °C hasta aproximadamente 1000 °C y más.

30

La Fig. 2 ilustra la construcción de una instalación de celda de combustible 1 que tiene una unidad de celda de combustible 110 y una unidad de metanación 200. La instalación de celda de combustible 1 puede tener canales con tuberías que se usan para la conducción de los gases, como el vapor de agua, el oxígeno, el hidrógeno, etc. El lado izquierdo de la Fig. 2 ilustra una vista en sección transversal de la instalación de celda de combustible 1 con la unidad de metanación 200 y una unidad de celda de combustible 110, que tiene una entrada de vapor de agua de la celda de combustible 111 y una salida de oxígeno 113. La unidad de celda de combustible 110, así como la unidad de metanación 200, así como las tuberías o los canales, están provistos en un alojamiento de la celda de combustible 2. En el lado derecho se ilustra la unidad de metanación 200 en una vista ampliada. El hidrógeno abandona la unidad de celda de combustible 110 a través de la salida de hidrógeno de la celda de combustible 112 y entra en la unidad de metanación 200 a través de la entrada de hidrógeno 212. Debería apreciarse que no es obligatorio que la salida de hidrógeno 112 y la entrada de hidrógeno 212 necesiten la estructura incorporada de una tubería, sino que también puede considerarse como un tránsito directo desde la unidad de celda de combustible 110 y la unidad de metanación 200. El hidrógeno entra en la unidad de metanación 200 y la unidad de metanación 200 se calienta mediante la energía térmica de la unidad de celda de combustible, resultante de la entrada de energía eléctrica y del proceso de electrolisis. Además, la unidad de metanación 200 es alimentada con óxido de carbono a través de la entrada de óxido de carbono 214, mientras que la cantidad de óxido de carbono puede ser controlada mediante la válvula de entrada de óxido de carbono 215. El control de la válvula de óxido de carbono 215 puede ser llevado a cabo por la unidad de control 300 que está acoplada a la válvula 215. El calor en la unidad de metanación, así como el agente catalizador que puede estar provisto en las secciones de superficie de la pared de la unidad de metanación, convierten el óxido de carbono y el hidrógeno en metano, mientras que el resto del oxígeno del óxido de carbono, junto con el hidrógeno residual, se convierte en agua, posiblemente en forma de vapor. El metano sale de la unidad de metanación a través de la salida de metano 216. La Fig. 2 ilustra una realización en la que el calor de la unidad de celda de combustible es suficiente para el funcionamiento del proceso de metanación en la unidad de metanación 200, de forma que no se requiere calor adicional.

55

La unidad de metanación 200 de la instalación de celda de combustible está dispuesta al lado de la unidad de celda de combustible 110 de una forma que permite la transferencia de calor desde la unidad de metanación a la unidad de celda de combustible. El calor generado en la unidad de metanación 200 resultante del proceso exotérmico de metanación puede usarse para calentar la unidad de celda de combustible 110. La unidad de metanación 200 y la unidad de celda de combustible 110 comparten una pared común 150. La pared común 150 puede permitir una

60

transferencia de calor directa desde la unidad de metanación a la unidad de celda de combustible. La pared común 150 puede ser un separador entre el volumen/cavidad de una celda de combustible 110 y el volumen/cavidad de un catalizador 200. La pared común 150 puede tener aberturas para la transferencia de hidrógeno desde la cavidad de la celda de combustible hacia la cavidad del catalizador. La pared común puede estar diseñada de forma que tenga un área porosa para la transferencia del hidrógeno. El área porosa, en particular la porosidad del área porosa, puede ser controlada por un accionador, por ejemplo, un piezoaccionador. La activación del accionador puede ser llevada a cabo por la unidad de control. El proceso de control puede basarse en una tabla de consulta que está implementada en la unidad de control. La pared común 150 puede tener una sección porosa que es permanentemente porosa, permitiendo el tránsito de una cantidad básica de hidrógeno, y al mismo tiempo puede tener un conducto controlado por una válvula para el control de una cantidad adicional de hidrógeno. Ésta, la cantidad mínima de hidrógeno, puede transitar permanentemente, y la cantidad adicional puede estar controlada por la unidad de control a través de una válvula. La instalación de celda de combustible puede incluir la unidad de celda de combustible y la unidad de metanación, de forma que se permita un proceso interno de metanación en la instalación de celda de combustible. Esto puede proporcionarse disponiendo la unidad de celda de combustible al lado de la unidad de metanación, en particular cuando comparten una pared que permite la transferencia de calor entre la unidad de celda de combustible y la unidad de metanación. La unidad de metanación puede realizar una metanación primaria interna. En otras palabras, también es posible proporcionar una unidad de metanación posterior adicional opcional, unidad de metanación posterior que puede estar ubicada dentro o fuera de un alojamiento común que incluye una celda de combustible y la unidad de metanación (primaria).

La Fig. 3 ilustra una instalación similar a la de la Fig. 2. Los elementos correspondientes están indicados con las correspondientes referencias numéricas y no se describirán de nuevo con mayor detalle. La diferencia entre la Fig. 3 y la Fig. 2 es la provisión de un elemento calentador 217, que puede estar provisto en la unidad de metanación 200. Puede necesitarse el calor adicional proporcionado por el elemento calentador 217 si la unidad de celda de combustible es una unidad de celda de combustible de baja temperatura y la energía térmica no es suficiente para el funcionamiento del proceso de metanación en la unidad de metanación 200. Con este fin, se proporciona un elemento calentador adicional 217 en la unidad de metanación. De la misma forma, el hidrógeno que entra en la entrada de hidrógeno 212 junto con el óxido de carbono suministrado, será convertido en metano, que puede abandonar la unidad de metanación a través de la salida de metano 216. El óxido de carbono puede ser suministrado a través de la entrada de óxido de carbono 214 y controlado por la válvula 215 y la unidad de control 300. Debería entenderse que el óxido de carbono puede ser distribuido en la unidad de metanación a través de una instalación de boquilla, que no está ilustrada y descrita con mayor detalle. Una unidad de metanación 200 puede tener una sección de la superficie de la pared del catalizador activa 222, que puede estar recubierta con un agente catalizador, como se describirá con respecto a la Fig. 4. Debería apreciarse que incluso si no se describe explícitamente con respecto al resto de las figuras, también la unidad de metanación 200 de las Figs. 2, 3, etc. puede estar provista con una sección de la superficie de la pared del catalizador activa, que puede estar recubierta con un agente catalizador.

La Fig. 4 ilustra un ejemplo de realización adicional que es similar al de las Figs. 2 y 3. Además de la estructura de la Fig. 2, la Fig. 4 ilustra la provisión de una válvula de control de la presión 219 para controlar la presión en la unidad de metanación 200. La válvula de control de la presión también puede estar controlada por la unidad de control 300 de forma que la unidad de control 300 pueda controlar la válvula de suministro de óxido de carbono 215, así como la válvula de control de la presión 219. Similar a la estructura de las Figs. 2 y 3, el hidrógeno que entra en la entrada de hidrógeno 212 y el óxido de carbono proporcionado a través de la entrada de óxido de carbono 214 será convertido en metano, que puede abandonar la unidad de metanación 200 a través de la salida de metano 216. Debería apreciarse que también puede abandonar vapor de agua la unidad de metanación a través de la salida de metano 216. No obstante, el vapor de agua también puede salir de la unidad de metanación 200 a través de una salida diferente, que no está ilustrada y descrita con mayor detalle. La Fig. 4 se refiere a una unidad de celda de combustible de elevada temperatura, de forma que puede evitarse un elemento calentador. Sin embargo, debería entenderse que, si el calor no es suficiente, también para una unidad de celda de combustible de elevada temperatura, pueden proporcionarse uno o más elementos calentadores adicionales. La unidad de metanación 200 comprende una sección superficial de la pared activa 222, sección superficial de la pared activa que puede estar recubierta con un agente catalizador. La superficie de pared activa puede ser una superficie interna de una cavidad, cavidad que forma la unidad de metanación. La sección superficial de la pared activa puede ser corrugada, de forma que la superficie eficaz de la sección superficial de la pared activa se amplíe. En particular, cuando se usa la sección superficial de la pared como portador o sustrato para un agente catalizador, una superficie ampliada puede aumentar la eficacia del proceso del catalizador. Algunos agentes catalizadores típicos pueden ser catalizadores en fase sólida, como níquel, óxido de circonio, óxido de aluminio o metales nobles y aleaciones de metales nobles, como platino, oro, etc.

La Fig. 5 ilustra una estructura similar a las anteriores Figs. 2 hasta 4. Los mismos elementos están indicados con las mismas referencias numéricas y no se describirán de nuevo con mayor detalle. La Fig. 5 comprende, además de la Fig. 4, un elemento calentador 217 para el calentamiento de la unidad de metanación 200. Normalmente, la estructura de la Fig. 5 comprende una unidad de celda de combustible de un tipo de baja temperatura, de forma que el calor adicional necesario para el proceso de metanación será proporcionado por el elemento calentador 217. Sin embargo, debería apreciarse que, si la temperatura es lo suficientemente alta, incluso si se usa una unidad de celda de combustible de baja temperatura, el elemento calentador 217 puede ser omitido. En correspondencia con la Fig. 4, la unidad de metanación está provista con una válvula de control de la presión 219, válvula de control de la presión que puede estar controlada por la unidad de control 300, así como la válvula de suministro de óxido de carbono 215.

Debería apreciarse que las válvulas, los sensores, las bombas, los calentadores de las líneas de control etc. pueden estar provistos varias veces en las unidades de metanación ilustradas en las Figs 2 hasta 5 y en la Fig. 13. En otras palabras, cada uno de los conjuntos ilustrados de válvulas, sensores, bombas, calentadores de las líneas de control etc. puede estar provisto para cada una de las unidades de la celda de combustible 110 que está dispuesta adyacente a la unidad de metanación 200. La unidad de control 300 puede cada una de las válvulas con los respectivos grupos de válvulas por separado, de forma que se consideren las diferentes condiciones en cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible 110. Por lo tanto, cada una de las unidades de la celda de combustible puede estar controlada de forma que se consiga una concentración óptima de óxido de carbono y una ganancia máxima de metano en la unidad de metanación.

La Fig. 6 ilustra un resumen esquemático de una instalación de celda de combustible, en la que la unidad de celda de combustible se ilustra con más detalle con respecto a la construcción general de la misma. La unidad de metanación 200 de la Fig. 6 es similar a la de la Fig. 3. La unidad de celda de combustible comprende un cátodo de la celda de combustible 114, una membrana de la celda de combustible 115 y un ánodo de la celda de combustible 118. El ánodo, la membrana y el cátodo forman una parte activa de la celda de combustible para la conversión del agua en hidrógeno y oxígeno, o para la conversión del hidrógeno y del oxígeno en agua, dependiendo del modo de funcionamiento de la celda de combustible. Adicionalmente, pueden proporcionarse placas de distribución de gas, que están indicadas con 120. Las placas de distribución de gas sirven para una distribución más o menos igual del gas suministrado, en particular del vapor de agua, del oxígeno o del hidrógeno. Como puede observarse en la Fig. 6, la instalación de la celda de combustible puede estar adicionalmente provista con una unidad de medición del gradiente de corriente 119, que puede detectar el di/dt de forma que se detectan las condiciones de funcionamiento de la unidad de celda de combustible. A representa un sensor de corriente y V ilustra un sensor de voltaje. Z ilustra una carga.

La Fig. 7 ilustra una estructura similar a la ilustrada en la Fig. 6, sin embargo, con una válvula de control de la presión adicional 219. La válvula de control de la presión 219, así como la válvula de control de óxido de carbono 215, están controladas por la unidad de control 300. La construcción de la unidad de celda de combustible 110 es similar a la de la Fig. 6 y por lo tanto no se describirá de nuevo con mayor detalle.

La Fig. 8 y la Fig. 9 se corresponden con la estructura de la Fig. 6 y la Fig. 7. La unidad de metanación de la Fig. 8 es la misma que la unidad de metanación de la Fig. 6 y la unidad de metanación de la Fig. 9 es la misma que la unidad de metanación de la Fig. 7. Por lo tanto, las respectivas unidades de metanación no se describirán de nuevo con mayor detalle, con respecto a la Fig. 8 y a la Fig. 9. La Fig. 8 y la Fig. 9 ilustran una modificación adicional de la unidad de celda de combustible 110, unidad de celda de combustible que puede tener un electrodo de control de la membrana de la celda de combustible 116. El electrodo de control de la celda de combustible 116 puede estar controlado por la unidad de control del electrodo de control de la membrana de la celda de combustible 117. Los electrodos 116 pueden servir para un rápido control de la unidad de celda de combustible, ya que los electrodos 116 actúan directamente sobre el elemento del núcleo de la celda de combustible, a saber, la membrana. Incluso si los electrodos 116 están ilustrados en el interior de la membrana, debería entenderse que los electrodos también pueden estar provistos al lado de la superficie de la membrana, o sobre la superficie de la membrana. Los electrodos 116 pueden ser, por ejemplo, un electrodo en red, o, por ejemplo, electrodos horizontales y verticales individuales, que pueden estar controlados por separado por la unidad de control 117. Incluso los cables verticales individuales o las tiras conductoras de la red vertical u horizontal pueden estar controlados por separado, de forma que se controle localmente la membrana. La unidad de control 117 puede controlar la instalación de electrodo 116, basándose en un gradiente de corriente detectado o en una temperatura detectada, información detectada que puede proceder del sensor de gradiente 119 o de un sensor de temperatura, respectivamente. Debería apreciarse que la unidad de control 117 puede estar en una conexión funcional con la unidad de control 300, de forma que controle de una manera dependiente el funcionamiento de la unidad de celda de combustible, así como el control de la unidad de metanación.

La Fig. 10 ilustra un ejemplo de realización adicional de una instalación de celda de combustible 1 en un alojamiento 2 con la entrada de vapor de agua 111 y la salida de oxígeno 113. La instalación de celda de combustible 1 puede comprender una pluralidad de unidades de celda de combustible 110, que pueden estar dispuestas de una manera
5 apilada. La unidad de metanación 200 puede estar provista en una esquina del alojamiento 2, espacio libre que puede resultar de los correspondientes bordes recortados de las unidades de la celda de combustible 110. La unidad de metanación 200 se ilustra en una vista ampliada en el lado derecho, que ilustra una pluralidad de elementos adicionales, como, por ejemplo, el elemento calentador 217, que ya se describió con respecto a las Figs. 3 y 5 con más detalle. Una unidad de metanación 200 puede comprender adicionalmente la entrada del suministro de óxido de
10 carbono, que está controlado por una válvula de control del óxido de carbono 215. Además, la presión puede ser controlada en la unidad de metanación a través de una válvula de control de la presión 219. La válvula de control de presión 219 y la válvula de control del óxido de carbono 215 pueden estar controladas por la unidad de control 300. La unidad de metanación puede tener adicionalmente una salida de óxido de carbono, salida a través de la cual el óxido de carbono residual puede abandonar la unidad de metanación 200. El óxido de carbono residual puede ser
15 alimentado retrógrado o anterógrado a la entrada de óxido de carbono, de forma que entre de nuevo en la unidad de metanación. Debería apreciarse que la reentrada puede tener lugar en una ubicación diferente dependiendo de la concentración de óxido de carbono en la unidad de metanación. La unidad de metanación puede tener además una salida de metano 216, así como una salida adicional 220 para el hidrógeno residual. El hidrógeno residual también puede ser alimentado retrógrado o anterógrado a la unidad de metanación, por ejemplo, en una ubicación que tiene
20 una menor concentración de hidrógeno en la unidad de metanación. El proceso de retroalimentación se describirá con más detalle con respecto a la Fig. 11.

La Fig. 11 ilustra el principio de la retroalimentación del gas. La construcción general de la instalación de celda de combustible 1 es similar a la descrita anteriormente. La unidad de metanación 200 puede tener, por ejemplo, una
25 pluralidad de salidas de hidrógeno 220 o salidas de óxido de carbono 221. Aunque están ilustradas como la misma tubería, debería entenderse que las salidas para el hidrógeno y las salidas para el óxido de carbono pueden ser diferentes entre sí, de forma que la cantidad de gas puede ser controlada por separado. Sin embargo, la Fig. 11 no ilustra con mayor detalle la posibilidad del control individual del hidrógeno y del óxido de carbono. La concentración de hidrógeno en el centro de la unidad de metanación 200 es menor, así como la concentración de óxido de
30 carbono, y la concentración aumenta hacia las secciones terminales. De forma que, normalmente, las salidas para el hidrógeno residual y el óxido de carbono están en las secciones terminales de la unidad de metanación 200, y las entradas están en el centro de las mismas. Debería apreciarse que una pluralidad de salidas de hidrógeno residual y de salidas de óxido de carbono pueden estar controladas de forma diferente, de forma que una concentración puede estar controlada de forma muy exacta a lo largo de la longitud de la unidad de metanación. Por lo tanto, la totalidad
35 del proceso de metanación puede ser creado muy eficazmente.

La Fig. 11 también ilustra la posición de los canales, que están formados por los bordes recortados de las unidades de la celda de combustible con una cubierta rectangular 110. Los correspondientes bordes recortados forman un canal 3, 3a, 3b, 3c para recibir una tubería de gas. Los correspondientes bordes recortados 121a de las unidades de
40 la celda de combustible forman el canal 3a para la conducción de un gas, aquí, la entrada de vapor de agua de la celda de combustible 111. Los bordes recortados 121b forman el canal 3b para recibir la salida de oxígeno 113 y los bordes recortados 121c forman el canal 3c para recibir la unidad de metanación 200. Por supuesto, un borde recortado adicional puede proporcionar un canal adicional para recibir una tubería de gas residual.

La Fig. 12 ilustra una estructura de una instalación de celda de combustible 1, en un alojamiento 2, en la que cada unidad de celda de combustible 110 está ubicada en una correspondiente subsección 210 de la unidad de metanación 200. Sin embargo, debería apreciarse que la instalación de celda de combustible también puede funcionar si no hay una correspondencia unívoca entre una subsección de metanación 210 y una respectiva unidad de celda de combustible 110. Las unidades de la celda de combustible 110 también pueden estar ubicadas en una
50 unidad de metanación común 200. La pluralidad de unidades de la celda de combustible 110 puede estar dispuesta en forma de una pila de unidades de la celda de combustible 110. Cada una de las unidades de la celda de combustible 110 puede estar dispuesta adyacente a la unidad de metanación 200. Cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible 110 puede compartir una pared común con la unidad de metanación. La unidad de metanación 200 puede estar diseñada en forma de una pila de la subsección del catalizador 210. Cada una de
55 las subsecciones del catalizador 210 puede estar diseñada como una unidad de metanación 200, como se ha descrito más arriba con respecto a cualquiera de las Figuras 2 hasta 10 y a la Figura 13. Por lo tanto, la totalidad de la unidad de metanación 200 puede tener una pluralidad de: entradas de hidrógeno de la unidad de metanación 212, entradas de hidrógeno de la unidad de metanación 213, entradas de óxido de carbono de la unidad de metanación 214, válvulas de entrada de óxido de carbono 215, salidas de metano de la unidad de metanación 216,
60 unidades/elementos de calentamiento de la unidad de metanación 217, sensores de la unidad de metanación 218,

válvulas de control de la presión del catalizador 219, salidas del gas hidrógeno residual de la unidad de metanación 220, salidas del gas óxido de carbono residual de la unidad de metanación 221, secciones de superficie de pared activas o catalizadores de la unidad de metanación 222, válvulas de control del gas hidrógeno residual de la unidad de metanación 232, válvulas de control del metano de la unidad de metanación 233, unidades de bombeo/generadores de gradiente de presión del gas hidrógeno residual 242, unidades de bombeo/generadores de gradiente de presión de metano 243, unidades de bombeo/generadores de gradiente de presión del control de la presión 244, unidades de bombeo/generadores de gradiente de presión del suministro de óxido de carbono 245 y unidades de bombeo/generadores de gradiente de presión del gas óxido de carbono residual 246. Debería apreciarse que algunos de los anteriormente mencionados válvulas, entradas, salidas, bombas o generadores pueden estar provistos una vez para la unidad de metanación 200 o varias veces.

En la instalación de las Figuras 10 hasta 12, la salida de hidrógeno 112 de cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible 110 se acopla a al menos una de las entradas de hidrógeno 212 de la unidad de metanación 200.

Además, la Fig. 13 ilustra con mayor detalle los elementos de la unidad de metanación. De nuevo, los elementos con las mismas funciones están indicados con las mismas referencias numéricas, como se ha descrito anteriormente y no se describirán con mayor detalle. Además de la entrada de hidrógeno 212 y de la sección de calentamiento 217, las entradas y las salidas pueden estar provistas con válvulas de control, y, por ejemplo, dispositivos para proporcionar un caudal o un aumento en la presión, como bombas. En particular, la entrada de óxido de carbono 214 puede estar provista con una válvula de control del óxido de carbono 215 y la presión del óxido de carbono puede aumentarse mediante una bomba de óxido de carbono 245. También, el óxido de carbono residual de la salida del óxido de carbono residual 221 puede ser retroalimentado por una bomba de óxido de carbono 246. Debería apreciarse que, además, o en lugar, de una o ambas bombas 245 y 246, puede proporcionarse una bomba común directamente antes o junto a la válvula de control de óxido de carbono 215. La salida de óxido de carbono residual 221 puede estar provista con un filtro de óxido de carbono 256, de forma que se asegure que únicamente el óxido de carbono abandone la unidad de metanación 200 de una forma planificada. De la misma forma, la salida del hidrógeno residual 220 puede estar provista con el filtro de hidrógeno 252 para asegurar que únicamente el hidrógeno abandona la unidad de metanación a través de la salida de hidrógeno 220. La válvula de control del hidrógeno 232 puede usarse para controlar la cantidad de hidrógeno. La salida puede estar apoyada por una bomba de hidrógeno 242. También, la salida de metano 216 puede estar provista de un filtro de metano 253 y la cantidad de metano de salida puede estar controlada por la válvula de control del metano 233. La salida del metano puede estar apoyada por una bomba de metano 243. También, la válvula de presión 219 puede estar en línea con una bomba de presión 244 para proporcionar el respectivo gradiente de presión. Debería apreciarse que también puede proporcionarse un dispositivo sensor 218, que puede detectar las condiciones de funcionamiento en la unidad de metanación 200. El elemento sensor 218 puede detectar, por ejemplo, la concentración de hidrógeno, la concentración de metano, la concentración de óxido de carbono, etc. La unidad del sensor también puede detectar las condiciones de presión en la unidad de metanación, así como la temperatura. Debería apreciarse que el elemento sensor 218 puede comprender una pluralidad de sensores individuales, sensores que pueden estar distribuidos a lo largo de la extensión de la unidad de metanación. Debería entenderse que, dependiendo de las necesidades, pueden distribuirse distintos tipos de sensores, como sensores de temperatura, sensores de presión, sensores de la concentración de óxido de carbono, sensores de la concentración de hidrógeno y de metano, a lo largo de la extensión de la unidad de metanación, de forma que se obtenga un diagnóstico completo de las condiciones de funcionamiento con respecto a diversos parámetros de funcionamiento de la unidad de metanación. El control de las diversas válvulas, por ejemplo, la válvula 215, 219, 232, 233, puede estar controlado por la unidad de control 300. También, las bombas 242, 243, 244, 245, 246 pueden estar controladas por la unidad de control 300. Debería apreciarse que la concentración de dióxido de carbono puede ser detectada directamente mediante un respectivo sensor, o puede ser determinada, por ejemplo, mediante la unidad de control 300 basándose en las señales detectadas por los sensores de la unidad de metanación, en particular el volumen que contiene el catalizador.

La unidad de control puede controlar la válvula de entrada 215 de forma que se controle la entrada del óxido de carbono, por ejemplo, de monóxido de carbono y/o de dióxido de carbono, basándose en una concentración determinada, por ejemplo, de monóxido de carbono y/o de dióxido de carbono y/o de metano en la salida y/o en la unidad de metanación. Los sensores 218 pueden estar provistos para la determinación de la concentración mencionada anteriormente. El control puede llevarse a cabo guiado por un motor. El proceso de control puede controlar, por ejemplo, el proceso para conseguir una tasa de conversión máxima del óxido de carbono en metano. Dado que la metanación es un proceso catalítico, proceso que requiere una energía de activación, la concentración óptima de óxido de carbono, por ejemplo, de monóxido de carbono y/o de dióxido de carbono, puede variar dependiendo de la presión y de la temperatura. La unidad de control 300 puede tener incluida una tabla de consulta,

tanto en forma numérica como en forma algorítmica. La tabla de consulta puede tener incluidas relaciones entre al menos uno de entre la temperatura, la presión, la concentración de monóxido de carbono, la concentración de dióxido de carbono, por un lado, y una señal del sensor por otro lado. En caso de que la concentración de óxido de carbono sea demasiado baja, la unidad de control puede activar la válvula de entrada 215 de forma que se suministre óxido de carbono adicional. En caso de que la concentración sea demasiado alta, la unidad de control 300 puede activar la válvula de salida 219 de forma que se libere gas.

La Fig. 14 ilustra diversas geometrías de una unidad de metanación 200 al lado de una unidad de celda de combustible 110. Debería entenderse que cada una de las variedades de la Fig. 14 también puede estar implementada por una pluralidad de unidades de la celda de combustible 110, estando dispuestas de una forma apilada, en la que cada una de las unidades de la celda de combustible 110 comparten una sección de pared común con la unidad de metanación 200. En la Fig. 14 se ilustra únicamente una unidad de celda de combustible, a saber, la primera unidad de celda de combustible, primeras unidades de la celda de combustible que ocultan las unidades de la celda de combustible tradicionales en la Fig. 14. La Fig. 14a ilustra una realización que tiene dispuesta la unidad de metanación 200 a un lado de la(s) unidad(es) de celda de combustible 110. La Fig. 14b ilustra una realización que tiene dispuestas dos unidades de metanación 200 al lado de dos secciones de pared diferentes de la(s) unidad(es) de celda de combustible 110. La Fig. 14c ilustra una realización que tiene dispuesta la unidad de metanación 200 en una esquina recortada o un borde recortado de la(s) unidad(es) de celda de combustible 110. La pared común entre la unidad de celda de combustible 110 y la unidad de metanación 200 es convexa si se observa desde el lado de la celda de combustible. La Fig. 14d ilustra una realización similar a la de la Fig. 14c, pero que tiene una pared común cóncava si se observa desde el lado de la celda de combustible. La Fig. 14e ilustra una realización que tiene una unidad de metanación incluida en la(s) unidad(es) de celda de combustible. La unidad de metanación 200 forma un canal a través de las unidades de la celda de combustible 110. La forma exterior de la sección transversal de la unidad de celda de combustible y de la unidad de metanación es rectangular o cuadrada. La Fig. 14f ilustra una realización similar, pero que tiene una sección transversal elíptica, ovalada o circular de la unidad de metanación incluida 200. La Fig. 14g ilustra una realización que tiene una sección transversal elíptica, ovalada o circular de la unidad de celda de combustible 110 que tiene incluida la unidad de metanación, que puede ser circular, ovalada o rectangular o poligonal. La Fig. 14h ilustra una realización que tiene una sección transversal poligonal de la(s) unidad(es) de celda de combustible 110. La sección transversal poligonal puede ser octogonal o hexagonal. Una sección transversal octogonal permite un estrecho empaquetamiento que tiene espacios en el mismo para los conductos de suministro. Una sección transversal hexagonal permite un estrecho empaquetamiento en forma de panal de abeja cuando tiene incluidos los conductos de suministro en la(s) unidad(es) de celda de combustible, que no se ilustra con detalle en la Fig. 14h.

Debería apreciarse que el control particular de la retroalimentación del gas, en particular de la retroalimentación del óxido de carbono, es decir, del monóxido de carbono y/o del dióxido de carbono, de la retroalimentación del hidrógeno, el control de la temperatura, etc. puede aumentar la eficacia del proceso de metanación, de forma que pueda aumentarse significativamente la eficacia total de una instalación de celda de combustible.

Debería apreciarse que el término “que comprende” no excluye otros elementos o etapas, y que “un/o” o “una” no excluye una pluralidad. También, los elementos descritos en asociación con las diferentes realizaciones pueden combinarse.

Debería apreciarse que los signos de referencia de las reivindicaciones no deben ser interpretados como limitantes del ámbito de las reivindicaciones.

Lista de referencia:

1	instalación de celda de combustible
2	alojamiento de la instalación de celda de combustible
50 3, 3a, 3b, 3c	canal para la conducción de un gas
110	unidad de celda de combustible
111	entrada de agua (vapor) de la celda de combustible
112	salida de hidrógeno de la celda de combustible
113	salida de oxígeno de la celda de combustible
55 114	cátodo de la celda de combustible
115	membrana de la celda de combustible
116	electrodo de control de la membrana de la celda de combustible
117	unidad de control del electrodo de control de la membrana
118	ánodo de la celda de combustible
60 119	unidad de medición del di/dt

ES 2 670 805 T3

120	placas de distribución
121, 121 a/b/c	bordes recortados de la unidad de celda de combustible
150	pared común entre la unidad de metanación y la unidad de celda de combustible
200	unidad de metanación
5 210	subsección de metanación
212	entrada de hidrógeno de la unidad de metanación
213	entrada de hidrógeno de la unidad de metanación
214	entrada de óxido de carbono de la unidad de metanación
215	válvula de entrada del óxido de carbono
10 216	salida de metano de la unidad de metanación
217	unidad/elemento de calentamiento de la unidad de metanación
218	sensor de la unidad de metanación
219	válvula de control de la presión de la unidad de metanación
220	salida de gas hidrógeno residual de la unidad de metanación
15 221	salida de gas óxido de carbono residual de la unidad de metanación
222	catalizador de la sección superficial de la pared activa de la unidad de metanación
232	válvula de control del gas hidrógeno residual de la unidad de metanación
233	válvula de control del metano de la unidad de metanación
242	unidad de bombeo/generador de gradiente de presión del gas hidrógeno residual
20 243	unidad de bombeo/generador de gradiente de presión de metano
244	unidad de bombeo/generador de gradiente de presión de control de la presión
245	unidad de bombeo/generador de gradiente de presión del suministro de óxido de carbono
246	unidad de bombeo/generador de gradiente de presión del gas óxido de carbono residual
25 300	unidad de control

REIVINDICACIONES

1. Instalación de celda de combustible que comprende
- 5 una primera unidad de celda de combustible (110),
una unidad de metanación (200) y
una unidad de control (300),
en la que la primera unidad de celda de combustible comprende
una parte activa (114, 115, 118) para la conversión del agua en hidrógeno y oxígeno,
- 10 una entrada de agua (111),
una salida de hidrógeno (112) y
una salida de oxígeno (113),
en la que la unidad de metanación comprende
un catalizador (222),
- 15 una entrada de hidrógeno (212),
una entrada de óxido de carbono (214) que tiene una primera válvula controlable (215) y
una salida de metano (216),
en la que la unidad de control está adaptada para controlar la primera válvula controlable de forma que se obtenga
un proceso de conversión óptimo para convertir el hidrógeno y el óxido de carbono en metano,
- 20 en la que la salida de hidrógeno de la primera unidad de celda de combustible se acopla a la entrada de hidrógeno
de la unidad de metanación,
en la que la unidad de metanación está adaptada para convertir, mediante el catalizador, el hidrógeno y el óxido de
carbono en metano:
en la que la unidad de metanación (200) está dispuesta al lado de la primera unidad de celda de combustible (110)
- 25 de una forma que permite la transferencia de calor desde la unidad de metanación a la primera unidad de celda de
combustible,
- caracterizada por que
- 30 la unidad de metanación (200) y la primera unidad de celda de combustible (110) comparten una pared común (150),
y
en la que la pared común (150) permite la transferencia de calor entre la unidad de metanación y la primera unidad
de celda de combustible.
- 35 2. Instalación de celda de combustible según la reivindicación 1, que comprende una pluralidad de
unidades de la celda de combustible (110), una de las cuales es la primera unidad de celda de combustible (110), en
la que cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible comprende
una parte activa (114, 115, 118) para la conversión del agua en hidrógeno y oxígeno,
una entrada de agua (111),
- 40 una salida de hidrógeno (112) y
una salida de oxígeno (113),
en la que la unidad de control (300) está adaptada para controlar la pluralidad de válvulas controlables (215) de
forma que se obtenga un proceso de conversión óptimo para convertir el hidrógeno y el óxido de carbono en metano
- 45 caracterizada por que
- la unidad de metanación (200) está dispuesta al lado de cada una de la pluralidad de unidades de la celda de
combustible (110) de una forma que permite la transferencia de calor desde la unidad de metanación a cada una de
la pluralidad de unidades de la celda de combustible,
- 50 en la que cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible (110) comparte una pared común (150)
con la unidad de metanación (200), en la que la pared común (150) permite la transferencia de calor entre la unidad
de metanación y cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible,
en la que la unidad de metanación (200) comprende adicionalmente una pluralidad de entradas de óxido de carbono
(214), cada una de las cuales tiene una válvula controlable (215), y
- 55 en la que la salida de hidrógeno de cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible se acopla a la
entrada de hidrógeno de la unidad de metanación.
3. Instalación de celda de combustible según la reivindicación 2, en la que la unidad de metanación (200)
comprende una pluralidad de subsecciones de metanación (210), en la que cada una de las subsecciones de
- 60 metanación está ubicada en al menos una de una pluralidad de unidades de la celda de combustible (110), y en la

que cada una de las subsecciones de metanación comprende una de una pluralidad de entradas de óxido de carbono (214), teniendo cada una, una válvula controlable (215).

4. Instalación de celda de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que la
5 unidad de metanación (200) comprende al menos un sensor (218) para la detección de los parámetros de funcionamiento de la unidad de metanación, seleccionándose el sensor entre un grupo, grupo que consiste en un sensor de presión, un sensor de metano, un sensor de hidrógeno, un sensor de temperatura, un sensor de óxido de carbono, y en la que la unidad de control (300) está adaptada para controlar la primera válvula controlable basándose en la en una concentración determinada de óxido de carbono.
- 10 5. Instalación de celda de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en la que la unidad de control (300) está adaptada para controlar cada una de la pluralidad de válvulas controlables (215) basándose por separado en la concentración determinada de óxido de carbono.
- 15 6. Instalación de celda de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que la unidad de metanación (200) comprende al menos una válvula de control de la presión (219), en la que la válvula de control de la presión es controlable según los parámetros operativos detectados en la unidad de metanación.
7. Instalación de celda de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que la
20 unidad de metanación comprende adicionalmente al menos una salida de gas hidrógeno residual (220).
8. Instalación de celda de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la unidad de metanación comprende adicionalmente al menos una salida de gas óxido de carbono residual (221).
- 25 9. Instalación de celda de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, en la que cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible (110) comprende un cátodo (114) y un ánodo (118) y una membrana de la celda de combustible (115) entre el cátodo y el ánodo, en la que al menos una membrana de la celda de combustible comprende una instalación de electrodo de control (116) y la instalación de celda de combustible comprende adicionalmente una unidad de control de la instalación de electrodo (117).
- 30 10. Instalación de celda de combustible según la reivindicación 9, en la que la instalación de celda de combustible comprende al menos una unidad de medición del di/dt (119), en la que la unidad de control de la instalación de electrodo (117) está adaptada para controlar la instalación de electrodo (116) basándose en el di/dt medido.
- 35 11. Instalación de celda de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que la unidad de metanación (200) comprende una sección superficial de la pared activa (222) que está recubierta con un agente catalizador, en la que el agente catalizador es un material catalizador en fase sólida seleccionado entre un grupo, grupo que consiste en: níquel, óxido de aluminio, óxido de circonio, metales nobles, en particular platino y
40 aleaciones de platino.
12. Instalación de celda de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 11, que comprende adicionalmente un alojamiento (2) que tiene una sección transversal rectangular, en la que la pluralidad de unidades de la celda de combustible (110) están apiladas, en la que cada una de las unidades de la celda de
45 combustible (110) tiene una cubierta rectangular con al menos un borde recortado (121) y en la que los bordes recortados de cada una de las unidades de la celda de combustible se corresponden entre sí de forma que el espacio entre el alojamiento rectangular y los correspondientes bordes recortados forma un canal para la conducción de un gas (3).
- 50 13. Instalación de celda de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 12, que comprende adicionalmente un alojamiento rectangular (2), en la que cada unidad de celda de combustible (110) tiene una cubierta rectangular con tres bordes recortados (121, 121 a/b/c), en la que los tres bordes recortados de cada unidad de celda de combustible se corresponden entre sí de forma que el espacio entre el alojamiento rectangular y los correspondientes bordes recortados forma al menos tres canales (3 a/b/c) para la conducción de un
55 gas, un primer canal (3a) que sirve para proporcionar vapor de agua, un segundo canal (3b) que sirve para la recolección del oxígeno, y un tercer canal (3c) que sirve para recibir la unidad de metanación (200), y en la que la salida de hidrógeno (112) de cada una de la pluralidad de unidades de la celda de combustible se acopla al menos a una de las entradas de hidrógeno (212) de la unidad de metanación (200).

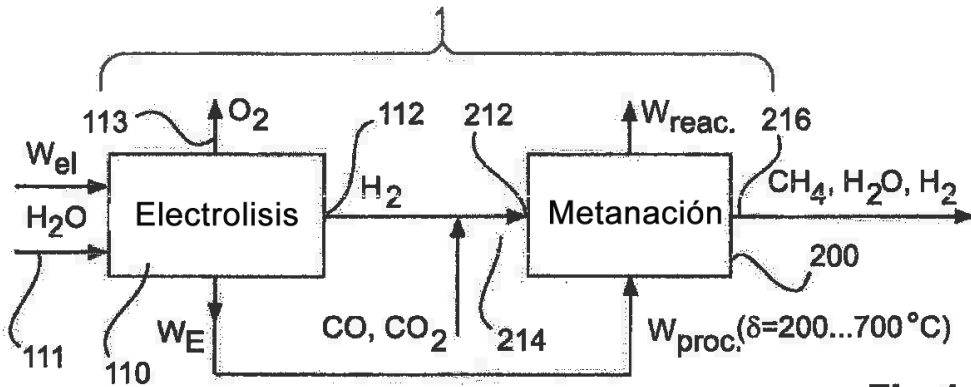


Fig. 1

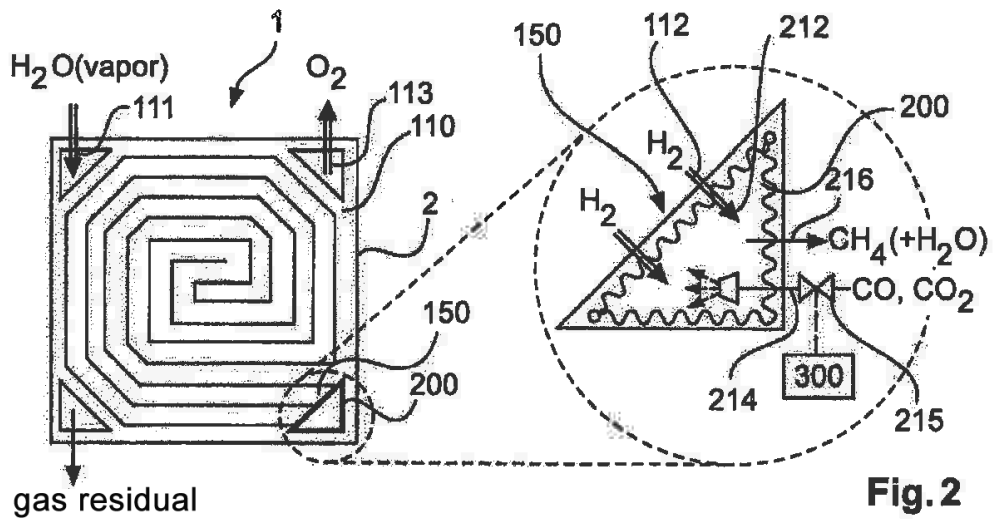


Fig. 2

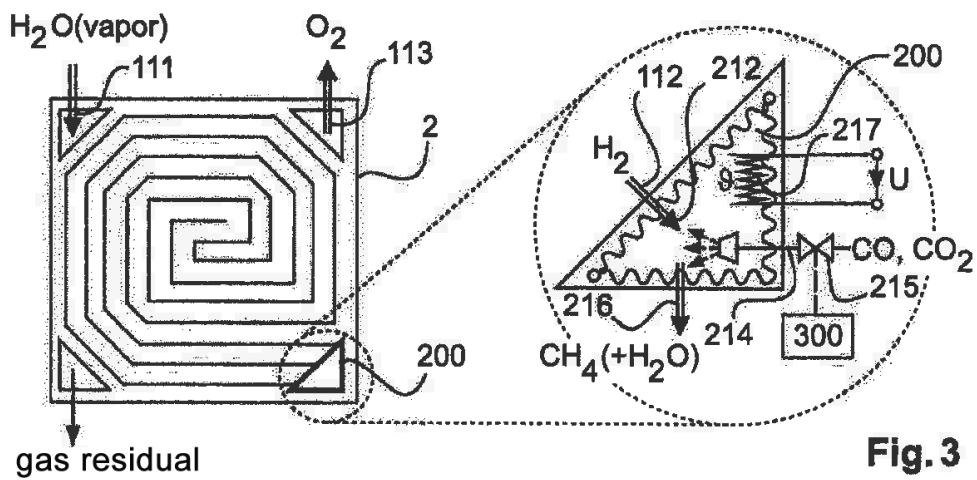


Fig. 3

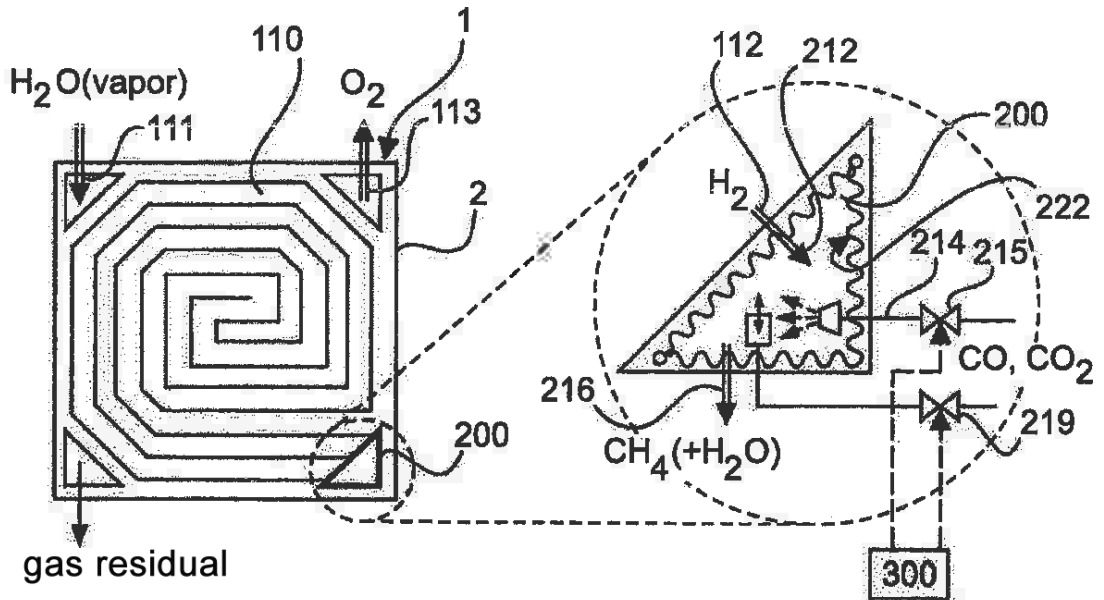


Fig. 4

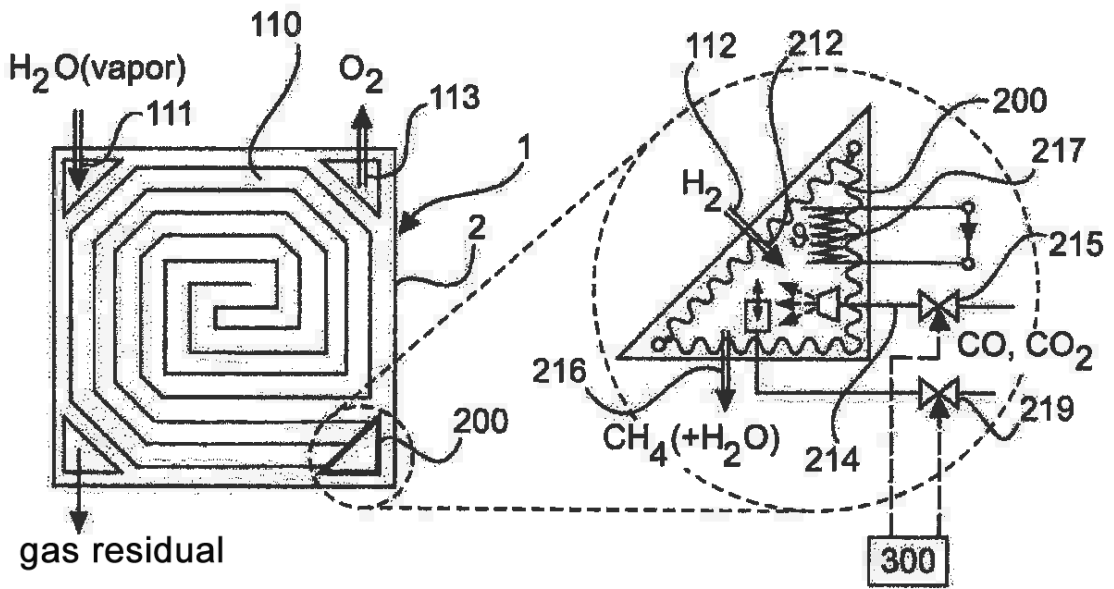


Fig. 5

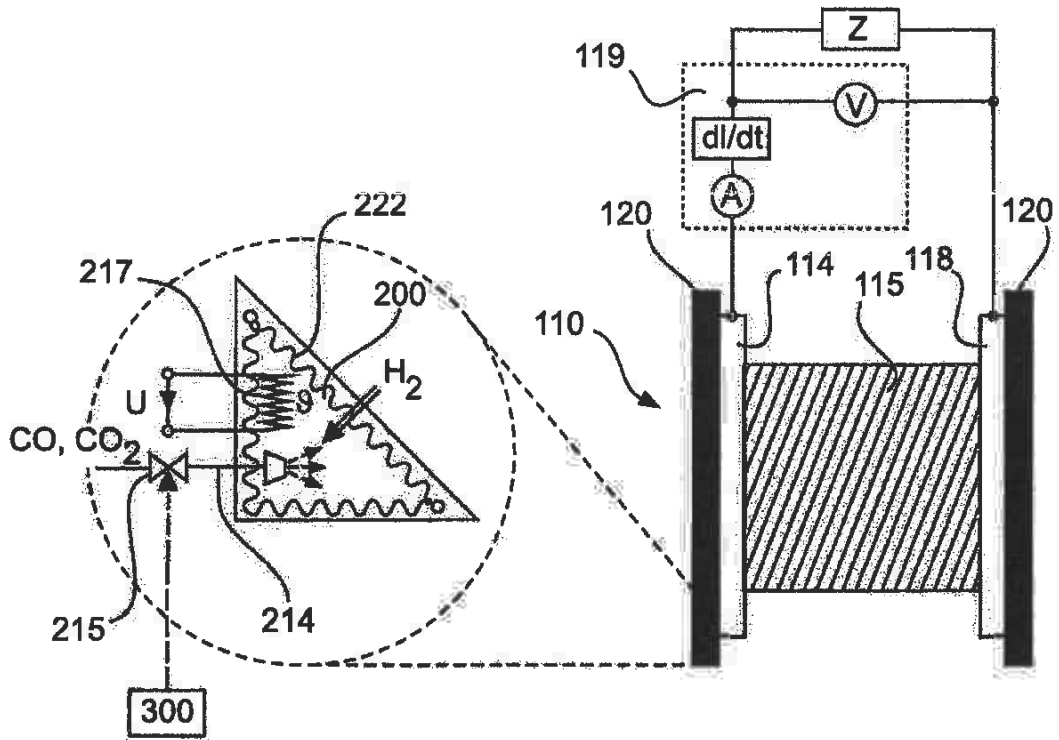


Fig. 6

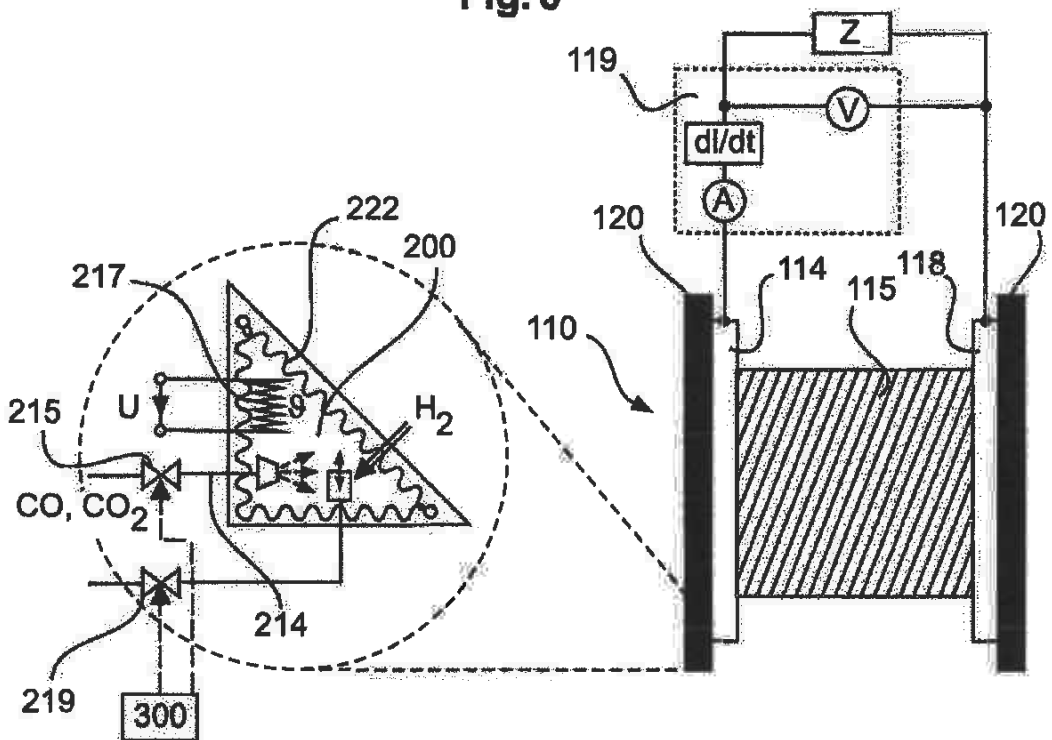


Fig. 7

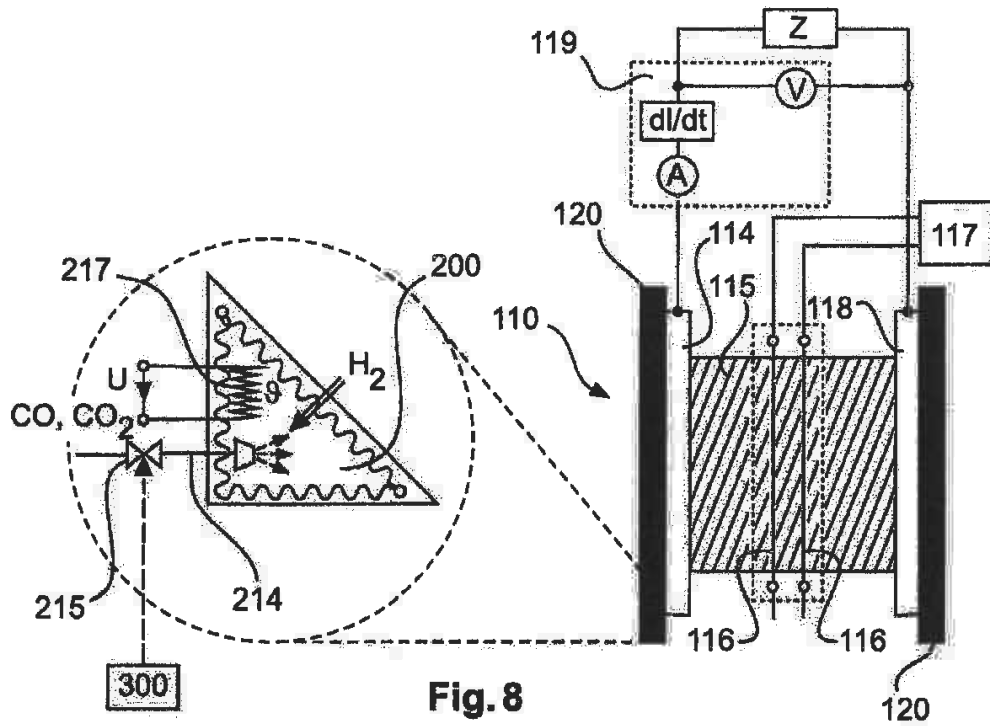


Fig. 8

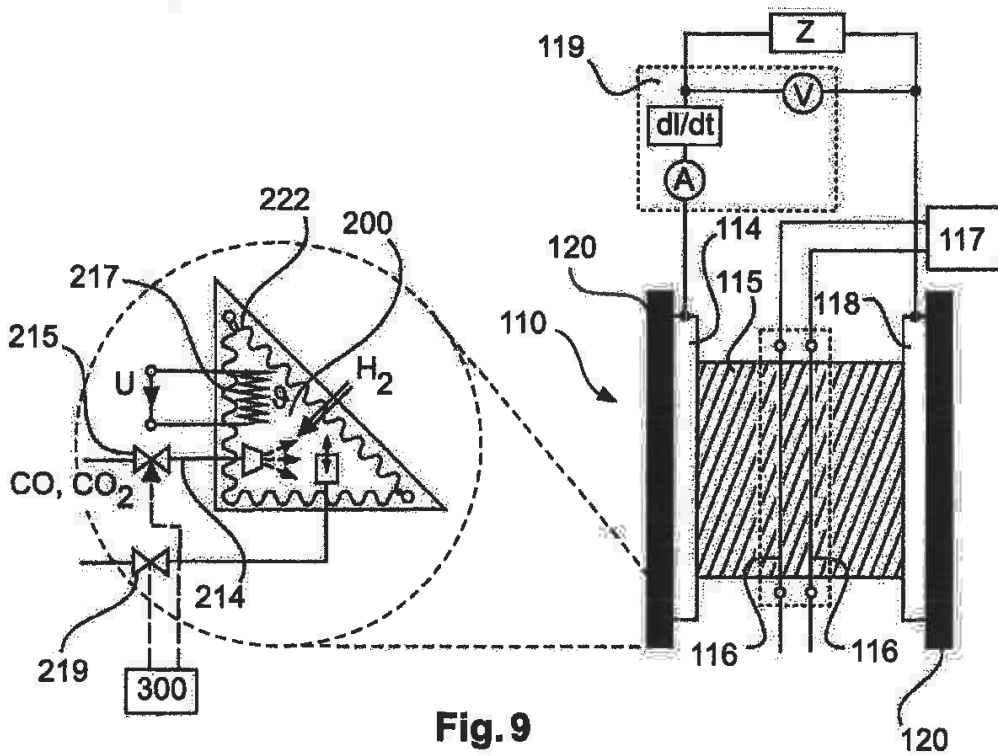


Fig. 9

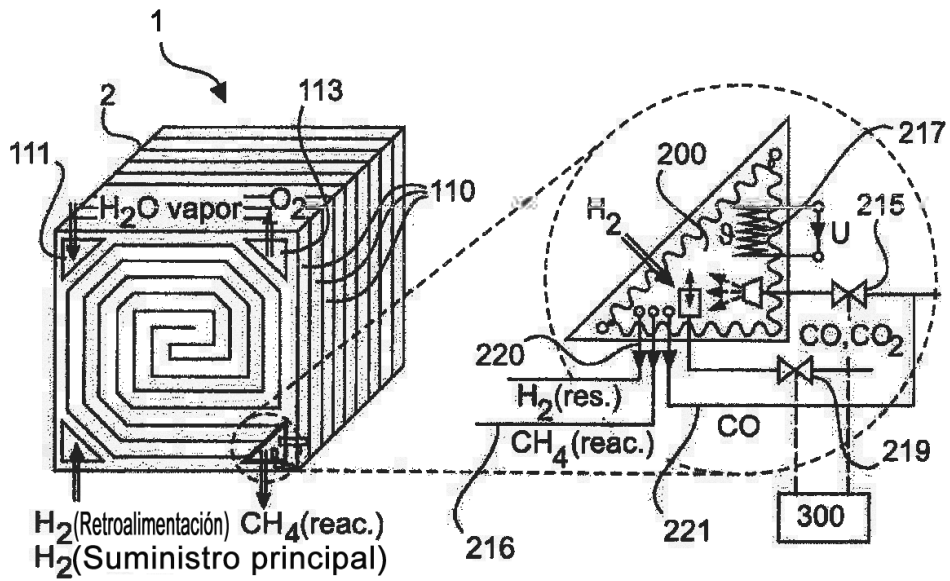


Fig. 10

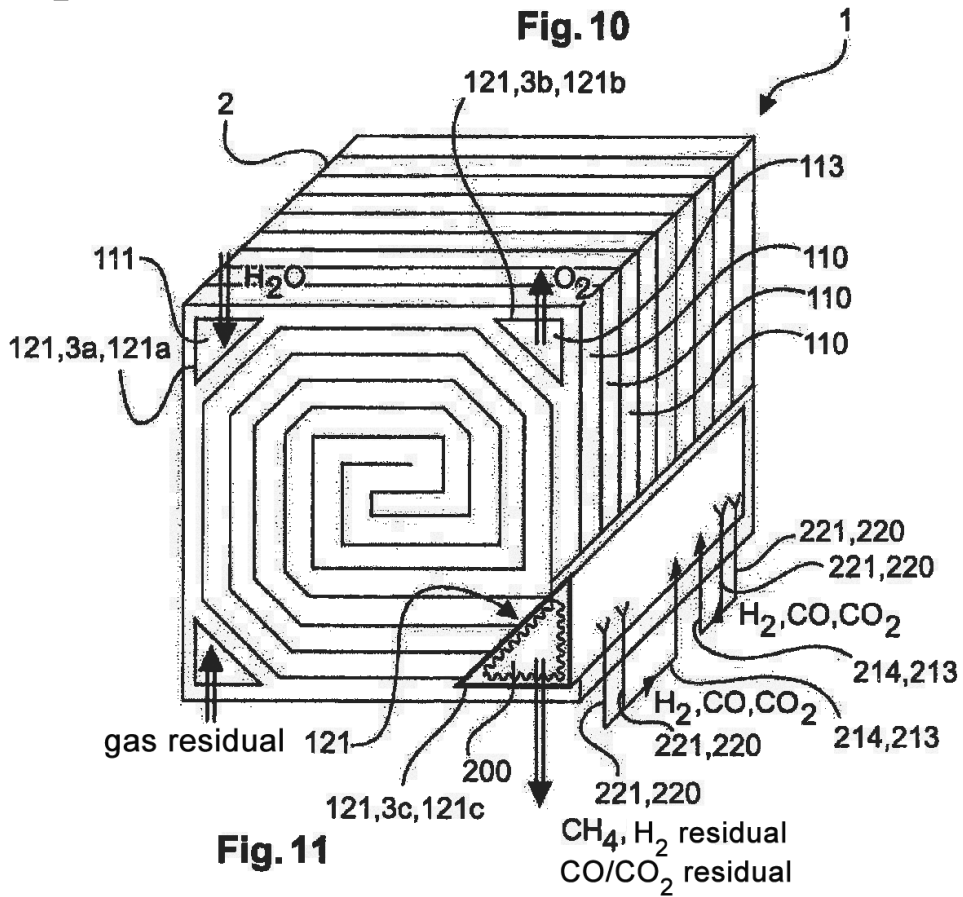


Fig. 11

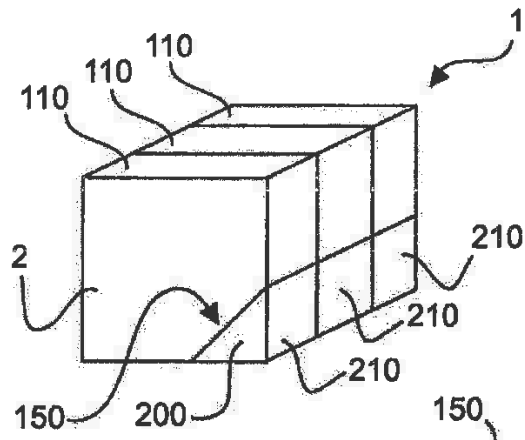


Fig. 12

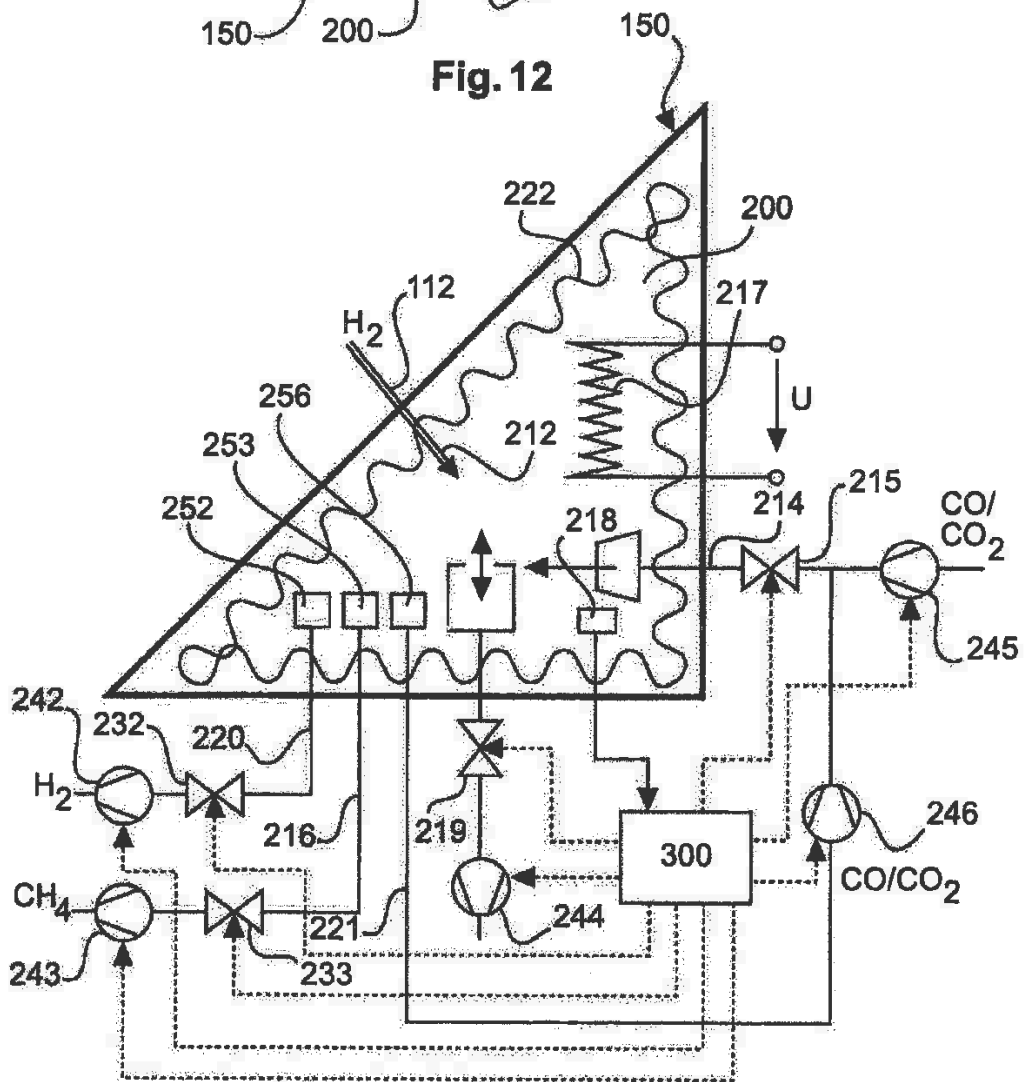


Fig. 13

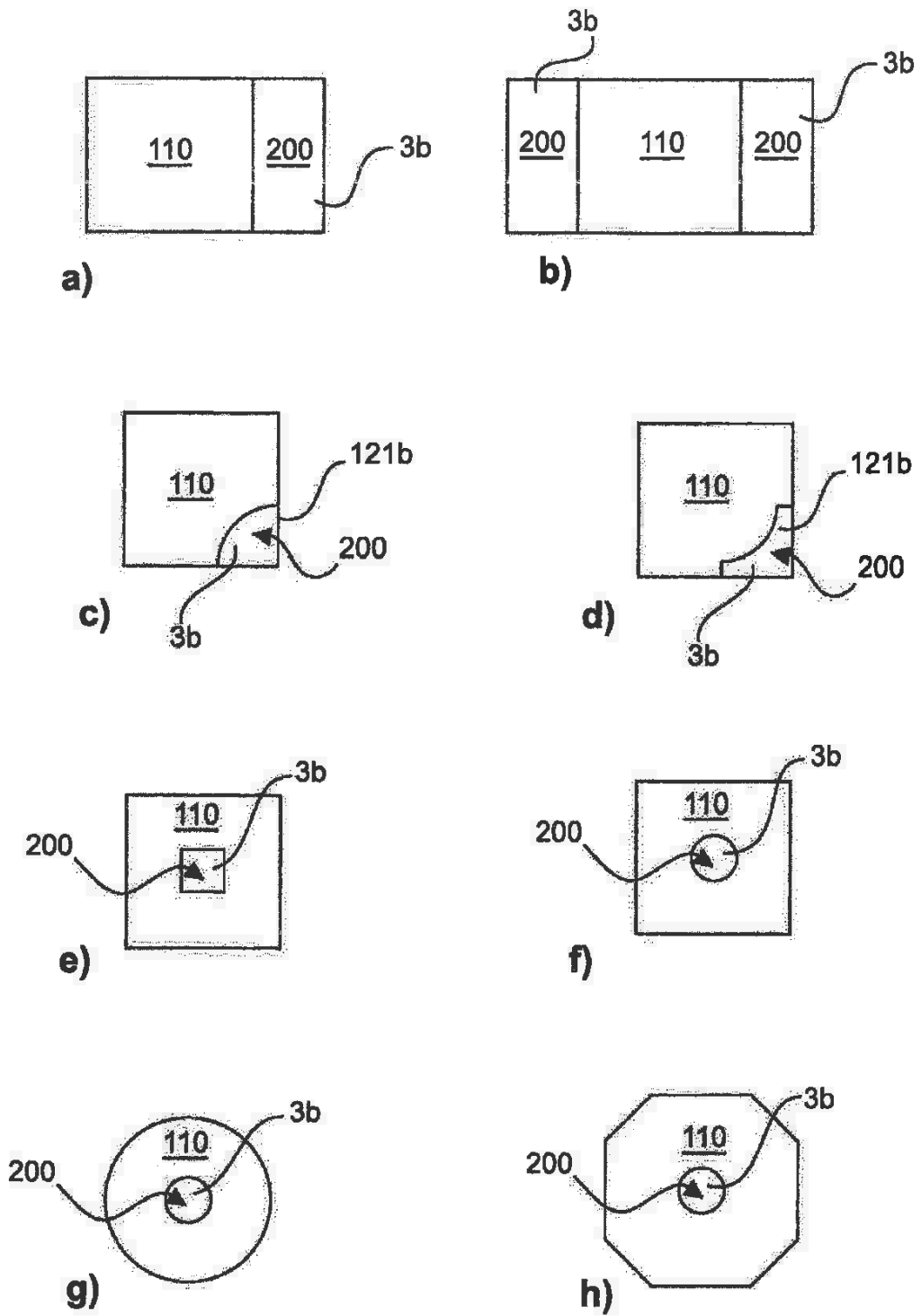


Fig. 14