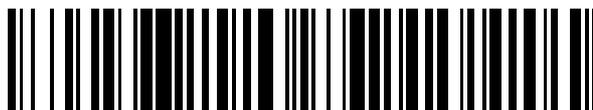


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 462 393**

51 Int. Cl.:

H01M 8/04 (2006.01)

H01M 8/06 (2006.01)

H01M 8/10 (2006.01)

H01M 16/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2007 E 07777083 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.03.2014 EP 2025030**

54 Título: **Sistemas de pilas de combustible que producen hidrógeno con sistemas de suministro de materia prima sensibles a la carga**

30 Prioridad:

15.05.2006 US 800654 P

10.05.2007 US 747091

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

22.05.2014

73 Titular/es:

**DCNS SA (100.0%)
40-42, rue du Docteur Finlay
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

LAVEN, ARNE

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 462 393 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

Sistemas de pilas de combustible que producen hidrógeno con sistemas de suministro de materia prima sensibles a la carga

5 Solicitudes relacionadas

La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional de Estados Unidos con número de serie 60/800,654, titulada igualmente que se presentó el 15 de mayo de 2006, y solicitud de patente de los Estados Unidos con número de serie 11/747,091, que se presentó el 17 de mayo de 2007..

10 Campo de la descripción

La presente descripción está dirigida generalmente a sistemas de pilas de combustible que producen hidrógeno, y más particularmente a sistemas de pilas de combustible que producen hidrógeno que poseen sistemas de entrega de materias primas que responden a la demanda de hidrógeno del sistema de celda de combustible.

15 Antecedentes de la descripción

20 Un ensamble de generación de hidrógeno, o un ensamble de procesamiento de combustible productor de hidrógeno, es un ensamble que convierte una o más materia prima en una corriente que contiene gas de hidrógeno como componente mayoritario. El gas de hidrógeno producido se puede usar en una variedad de aplicaciones. Una de tales aplicaciones es la producción de energía, tales como en pilas de combustible electroquímicas. Una celda de combustible electroquímica es un dispositivo que convierte un combustible y un oxidante en electricidad, un producto de reacción, y calor. Por ejemplo, las pilas de combustible pueden convertir el hidrógeno y el oxígeno en agua y electricidad. En tales pilas de combustible, el hidrógeno es el combustible, el oxígeno es el oxidante, y el agua es un producto de reacción. Las pilas de combustible típicamente se acoplan juntas para formar un apilado de pilas de combustible .

30 Un sistema de pila de combustible que produce hidrógeno es un sistema que también incluye un apilado de pilas de combustible que se adapta para recibir gas de hidrógeno producido por el ensamble de procesamiento de combustible y para generar una corriente eléctrica de ahí. El sistema de pila de combustible que produce hidrógeno incluye una región de producción de hidrógeno en que el gas de hidrógeno se produce como el producto mayoritario de la reacción de uno o más fuentes de materia prima. La composición, régimen de flujo, y propiedades de materia(a) prima(s) entregada(s) a la región que produce hidrógeno puede afectar el desempeño del ensamble de generación de hidrógeno. Ello, a su vez, puede afectar el desempeño del apilado de pilas de combustible, del sistema de pila de combustible que produce hidrógeno, y/o su habilidad de satisfacer una carga aplicada a ella. En consecuencia, los ensambles que procesan combustible que producen hidrógeno y los sistemas de pilas de combustible que producen hidrógeno típicamente incluirán varios controles que regulen el flujo de materia prima a la región donde se produce hidrógeno.

40 Para producir eficientemente gas de hidrógeno, la(s) materia(s) prima(s) de un sistema de pila de combustible que produce hidrógeno deben ser entregadas bajo condiciones de operación deseables, incluyendo temperaturas y presiones en un intervalo predeterminado, a una región donde se produce hidrógeno del ensamble de procesamiento de combustible. El producto de la corriente de hidrógeno desde la región donde se produce hidrógeno puede ser purificado, si se requiere, y después de eso ser usado como una corriente de combustible para un apilado de pilas de combustible que produce una corriente eléctrica a partir de la corriente del producto de hidrógeno y un oxidante, tal como el aire. Esta corriente eléctrica, o energía de salida, desde el apilado de pilas de combustible, puede ser utilizado para satisfacer las demandas de energía de un dispositivo consumidor de energía.

50 Una consideración a tener con cualquier sistema de pila de combustible que produce hidrógeno es el tiempo que se toma para comenzar a generar una deseada corriente eléctrica a partir del gas de hidrógeno producido por un sistema de celda de combustible después de que haya una necesidad de comenzar a hacerlo. En alguna aplicaciones, puede ser aceptable disponer de un periodo de tiempo en el que haya una demanda, o deseo, de tener al sistema de celda de combustible produciendo una energía de salida para satisfacer una carga aplicada, pero en el que el sistema no es capaz de producir la energía de salida deseada a partir del gas de hidrógeno producido por el ensamble de procesamiento de combustible del sistema de celdas de combustible. En otras aplicaciones, no es deseable o aceptable que haya tal período donde la carga aplicada desde el dispositivo consumidor de energía no pueda ser satisfecha por la corriente eléctrica producida a partir del gas de hidrógeno actualmente generada por el ensamble de generación de hidrógeno. Como un ejemplo ilustrativo, algunos sistemas de celda de combustible se utilizan para proveer un apoyo, o energía suplementaria, a un tamiz eléctrico u otra fuente primaria de energía. Cuando la fuente primaria de energía no es capaz de satisfacer la carga aplicada a ella, es frecuentemente deseable un apoyo o sistema de celda de combustible suplementario para que sea capaz de proveer

prácticamente de forma instantánea la energía para que el suministro de energía al dispositivo consumidor de energía no se interrumpa, o no sea perceptiblemente interrumpido.

5 Las pilas de combustible típicamente pueden comenzar a generar una corriente eléctrica dentro de un período de tiempo muy corto después que el gas de hidrógeno u otro combustible adecuado y un oxidante, tal como aire, se suministren a la misma. Por ejemplo, un apilado de pilas de combustible puede adaptarse para producir una corriente eléctrica dentro de menos de un segundo después de que los flujos de gas de hidrógeno y aire (u otra corriente de oxidante) se suministren a las pilas de combustible en el apilado de pilas de combustible. Incluido el tiempo requerido para iniciar la entrega de estas corrientes a partir de una fuente que contiene el gas de hidrógeno y aire, el tiempo requerido para producir la corriente eléctrica todavía debe ser relativamente corto, tal como menos de un minuto. Sin embargo, los sistemas de pilas de combustible que producen hidrógeno que requieren que el gas de hidrógeno gas se produzca primero, y quizás se purifique, antes de ser utilizado para generar la energía de salida deseada, toman más tiempo para generar la energía de salida. Cuando el ensamble de procesamiento de combustible ya está a la temperatura de producir hidrógeno, el sistema de celda de combustible puede ser capaz de producir la energía de salida deseada del gas de hidrógeno generado por el ensamble de procesamiento de combustible dentro de unos minutos o menos. Sin embargo, cuando el procesador de combustible que produce hidrógeno del ensamble de procesamiento de combustible del sistema de celda de combustible no está ya o cerca de la temperatura de producción de hidrógeno, el tiempo requerido será mucho mayor.

20 Convencionalmente, se han usado diferentes enfoques para proveer los sistemas de pilas de combustible que producen hidrógeno que puedan satisfacer una carga aplicada mientras que el ensamble de procesamiento de combustible que produce hidrógeno no sea capaz de hacerlo. Un enfoque es incluir una o más baterías u otros dispositivos de almacenamiento de energía adecuados que puedan ser usados para satisfacer la carga aplicada hasta que el ensamble de procesamiento de combustible pueda producir suficiente gas de hidrógeno para el sistema de celda de combustible para producir de ahí una energía de salida suficiente para satisfacer la carga aplicada. Sin embargo, la capacidad de tal batería o de otro dispositivo de almacenamiento de energía es limitado, y es por lo tanto necesario que el ensamble de generación de hidrógeno se ajuste a la velocidad de producción de gas de hidrógeno en la medida que la demanda de este gas de hidrógeno gas por el apilado de pilas de combustible aumente. Similarmente, cuando esta demanda decrece, es deseable que el ensamble de generación de hidrógeno reduzca la velocidad a la que se produce el gas de hidrógeno. Algunos ensambles de generación de hidrógeno pueden incluir un mecanismo para consumir, o de otra manera, utilizar el exceso de gas de hidrógeno, pero la eficiencia general del conjunto se reduce generalmente cuando se genera el gas de hidrógeno en exceso. US 2004/080297 describe un método y sistema para controlar un suministro de combustible a una pila de combustible de hidrógeno de ánodo cerrado. El subsistema de control de suministro de combustible y el sistema de control de consumo de hidrógeno se describen como operables de manera independiente.

35 Breve descripción de las figuras

La Fig. 1 es una vista esquemática de un sistema de pila de combustible que produce hidrógeno ilustrativo de acuerdo con la presente descripción.

40 La Fig. 2 es una representación de un algoritmo o método adecuado, para controlar la velocidad de alimentación a la cual al menos una materia prima se suministra a la región productora de hidrógeno del sistema de pila de combustible que produce hidrógeno de acuerdo con la presente descripción.

La Fig. 3 es una vista esquemática de aspectos ilustrativos de un sistema de pila de combustible con el cual pueden usarse los métodos y los sistemas de suministro de materia prima sensible a la carga de la presente descripción.

45 La Fig. 4 es una vista esquemática de un ensamble de generación de hidrógeno ilustrativo que puede usarse con los sistemas de pila de combustible generadores de hidrógeno de acuerdo con la presente descripción.

La Fig. 5 es una vista esquemática de otro ensamble de generación de hidrógeno ilustrativo que puede usarse con los sistemas de pila de combustible generadores de hidrógeno de acuerdo con la presente descripción.

50 La Fig. 6 es una vista esquemática de otro ensamble de generación de hidrógeno ilustrativo que puede usarse con los sistemas de pila de combustible generadores de hidrógeno de acuerdo con la presente descripción.

Descripción detallada y mejor modo de la descripción

55 La presente descripción esta dirigida a sistemas y métodos para el control de la velocidad de suministro de materia prima a la región que produce hidrógeno de un sistema de pila de combustible que produce hidrógeno que sean sensibles, al menos en parte, a la carga, o demanda, requerida por el sistema de celda de combustible. Típicamente, esta carga será una carga eléctrica, o demanda por corriente eléctrica, aunque dentro del alcance de la presente descripción la carga puede ser, o incluir, o una demanda térmica.

60 En la Fig. 1, un ejemplo ilustrativo de un sistema de celda de combustible de generación de hidrógeno se ilustra esquemáticamente y generalmente indicado en 10. El sistema de pila de combustible que produce hidrógeno incluye, al

menos, un apilado de pilas de combustible 24 que está adaptado para producir una corriente eléctrica a partir del gas de hidrógeno gas y de un oxidante, como el aire. La corriente eléctrica, o salida eléctrica 79, a partir del apilado de pilas de combustible puede ser usada para satisfacer la carga aplicada a partir de un ensamble que consume energía 51, tal que puede incluir uno o más dispositivos de consumo de energía 52.

En la Fig. 1 también se muestra un ensamble de almacenamiento de energía opcional 75 que también puede proveer una corriente eléctrica, o salida eléctrica, que puede ser utilizada para satisfacer, al menos, una porción, si no toda, de la carga aplicada a partir del ensamble que consume energía 51. El ensamble de almacenamiento de energía puede ser diseñado para proveer una salida eléctrica que satisfaga una parte o toda la carga aplicada cuando el apilado de pilas de combustible no esté disponible para satisfacer una parte o toda la carga aplicada a partir del ensamble que consume energía. En algunas modalidades, el ensamble que consume energía puede ser descrito estando conectado en paralelo con el apilado de pilas de combustible. El ensamble de almacenamiento de energía 75 puede incluir, al menos, un ensamble que produce energía 76 y/o al menos un dispositivo de almacenamiento de energía 78. El ensamble que produce energía 76 puede ser un dispositivo adecuado para producir una salida eléctrica que pueda ser utilizada para satisfacer, al menos, una porción de la carga aplicada. Ilustrativamente, los ejemplos no exclusivos de ensamblajes que producen energía incluyen otro apilado de pilas de combustible, un tamiz utilitario, un generador de electricidad basado en una máquina, una turbina de viento, una fuente de energía fotovoltaica (solar), una fuente de energía hidroeléctrica, y similares. Cuando el ensamble de almacenamiento de energía 75 incluye un ensamble que produce energía 76, el ensamble de almacenamiento de energía puede (pero no se requiere que sea) ser referido a un ensamble de suministro de energía.

Un ejemplo ilustrativo no exclusivo de un dispositivo de almacenamiento de energía adecuado 78 es al menos una batería. En algunas modalidades, el dispositivo de almacenamiento de energía puede ser un dispositivo de almacenamiento recargable, tal que pueda ser selectivamente recargado por un ensamble de recarga, que se ilustra esquemáticamente en la Fig. 1 en 80. El ensamble de recarga puede ser alimentado por cualquier fuente adecuada, incluyendo la salida eléctrica a partir del apilado de pilas de combustible y/o de una fuente de energía separada (incluyendo la subsecuentemente discutida fuente de energía primaria 132). Ejemplos ilustrativos no exclusivos adicionales de dispositivos de almacenamiento de energía adecuados que se pueden usar en lugar de o en combinación con una o más baterías, incluyen capacitores, ultracapacitores, y supercapacitores. Uno o más dispositivos de almacenamiento de energía 78 pueden adaptarse para almacenar, al menos, una porción de salida eléctrica 79 a partir del apilado de pilas de combustible 24 y/o a partir de otra fuente de energía, tal como otro sistema de celda de combustible, un tamiz de utilidad eléctrica, una fuente alimentada por energía solar o eólica, la subsecuentemente discutida fuente de energía primaria (cuando se encuentre presente en la modalidad particular), etc. El dispositivo de almacenamiento de energía 78 puede usarse adicional o alternativamente para alimentar el sistema de celda de combustible, al menos durante el arranque del sistema. La siguiente discusión describirá el sistema de celdas de combustible incluyendo un dispositivo de almacenamiento de energía 78 en la forma de una batería, aunque como se discutió anteriormente, ello no se requiere en todas las modalidades.

Como se indica en líneas discontinuas en 77 de la Fig. 1, el sistema de celda de combustible puede, aunque no se requiere, incluir al menos un módulo de administración de energía 77. El módulo de administración de energía 77 incluye cualquier tipo y/o número adecuado de dispositivos o estructuras para condicionar o, de cualquier forma, regular la electricidad, o salida eléctrica, producida por el sistema de celda de combustible, tal como para el suministro al ensamble que consume energía 51. El módulo 77 puede incluir la estructura ilustrativa como convertidores (CD/CD) de estímulo o machos, inversores, filtros de energía, y similares.

Como se ha discutido, el ensamble que consume energía 51 incluye, al menos, un dispositivo consumidor de energía 52 y se adapta para ser selectivamente alimentado por el sistema de celda de combustible¹⁰, de forma tal que sea sensible a una carga aplicada por el dispositivo consumidor de energía al sistema de celda de combustible. En algunas modalidades, el ensamble que consume energía puede adaptarse a ser general, o principalmente, alimentada por la fuente de energía primaria 132, con el sistema de celda de combustible¹⁰ que provee la energía, al menos parcial o completamente. Para satisfacer la carga aplicada a partir del ensamble cuando la fuente de energía primaria es incapaz de hacerlo. En tal configuración, el sistema de celda de combustible puede configurarse para suplir y/o reforzar la fuente de energía primaria, con la fuente de energía primaria 132 y el sistema de celda de combustible¹⁰ que colectivamente se refiere al sistema de producción de energía 130. También se encuentra dentro del alcance de la presente descripción el que el sistema de celda de combustible¹⁰, incluyendo los sistemas de alimentación de materia prima y los métodos discutidos en la presente, pueden ser usados adicional o alternativamente como una fuente de energía para un ensamble que consume energía que tampoco es configurado para ser alimentado selectivamente por una fuente de energía otra que el sistema de celda de combustible. Con el propósito de ilustración, sin embargo, la siguiente discusión incluirá una discusión adicional que incluye un ensamble que consume energía que se adapta para ser selectivamente alimentado por uno o más sistemas de celda de combustible y otra fuente de energía, que en algunas modalidades puede ser referida como una fuente de energía primaria.

5 El ensamble que consume energía es adaptado para aplicar una carga, que típicamente incluye al menos una carga eléctrica, a un sistema que produce energía 130, con la fuente de energía primaria adaptada para satisfacer la carga (es decir, para proveer de suficiente energía de salida al ensamble que consume energía), y con la fuente de energía auxiliar adaptada para proveer una energía de salida, al menos parcial, si no completamente, para satisfacer la carga aplicada cuando la fuente de energía no es capaz o de otra forma no esta disponible para hacerlo. Estas salidas eléctricas pueden describirse poseyendo una corriente y un voltaje. Está dentro del alcance de la presente descripción que el sistema de celda de combustible puede adaptarse para satisfacer inmediatamente esta carga aplicada cuando la fuente de energía primaria es incapaz de hacerlo. En otras palabras, está dentro del alcance de la presente descripción que el sistema de celda de combustible se adapta para proveer al ensamble que consume energía 51 con un suministro de energía ininterrumpible, o con un suministro de energía ininterrumpido. Por ello, se entiende que el sistema de celda de combustible se puede configurar para proveer una alimentación de salida que satisfaga la carga aplicada a partir del ensamble que consume energía 51 en situaciones en que la fuente de energía primaria no sea capaz o disponible para satisfacer esta carga, con el sistema de celda de combustible adaptado para proveer esta energía de salida de forma suficientemente rápida para que el suministro de energía al ensamble que consume energía no sea interrumpido, o al menos no notablemente. Por esto se entiende que la salida de energía puede realizarse lo suficientemente rápido como para que la operación del ensamble que consume energía no se interrumpa o de cualquier otra forma no tenga impacto negativo.

20 Está dentro del alcance de la presente descripción que esta carga, que puede ser referida como una carga aplicada, pueda incluir, adicional o alternativamente, una carga térmica. El ensamble de consumidores de energía está en comunicación eléctrica con la fuente de alimentación primaria y el sistema de pilas de combustible 10 a través de cualquier conducto de alimentación adecuada. En tal configuración, la fuente de energía primaria y el sistema de pilas de combustible 10 pueden describirse como teniendo buses eléctricos en comunicación entre sí y el ensamble que consume energía.

25 Los ejemplos ilustrativos, no exclusivos de los dispositivos que consumen energía 52 que pueden formar todo o una parte del ensamble de consumidores de energía incluyen los vehículos de motor, vehículos de recreo, barcos y otro tipo de embarcación, y cualquier combinación de uno o más hogares, residencias, oficinas o edificios comerciales, barrios, herramientas, luces y sistemas de iluminación, electrodomésticos, ordenadores, equipos de telecomunicaciones, equipo industrial, equipos de señalización y comunicaciones, radios, componentes de energía eléctrica de (o sobre) los barcos, vehículos recreativos u otros vehículos, cargadores de baterías, e incluso los requisitos eléctricos de la equilibrio de la planta para el sistema de producción de energía 130.

35 El ensamble de generación de hidrógeno 12 está adaptado para producir una corriente de hidrógeno producto 254 que contiene gas de hidrógeno 42 como un componente mayoritario. En muchas modalidades, la corriente 254 contendrá gas de hidrógeno puro o prácticamente puro . El ensamble de generación de hidrógeno 12 incluye un ensamble que produce hidrógeno, o región de procesamiento de combustible 212, que incluye al menos una región que produce hidrógeno 232 en la cual el gas de hidrógeno se produce a partir de una o más materias prima de alimentación. La región que produce hidrógeno 212 puede adaptarse para producir gas de hidrógeno como un producto de reacción primario, o mayoritario, a través de cualquier proceso químico adecuado o combinación de procesos.

40 El ensamble de generación de hidrógeno 12 también incluye un sistema de suministro de materia prima 217 que se ha adaptado para suministrar una o más materias primas a la región que produce hidrógeno en uno o más corriente de alimentación 216. El sistema de suministro de materia prima 217 puede adaptarse para suministrar las corrientes de alimentación en una condición adecuada y con una velocidad de flujo(s) para producir el flujo adecuado de gas de hidrógeno de ahí. El sistema de suministro de materia prima 217 puede recibir las materias primas desde cualquier tipo o número de fuentes o suministros. Ejemplos ilustrativos no exclusivos incluyen una fuente presurizada y/o un tanque de almacenamiento o reservorio. El sistema de suministro de materia prima puede incluir, al menos, una bomba u otro mecanismo de propulsión adecuado para suministrar selectivamente la(s) materia(s) prima(s) bajo presión hacia el ensamble de generación de hidrógeno. Cuando la fuente es una fuente presurizada, tal como un tanque presurizado o un suministro presurizado externo, el sistema de suministro de materia prima puede regular el suministro de la materia prima mediante el control de una o varias válvulas o mediante dispositivos de control de flujo adecuados. Cuando la materia prima está contenida en un tanque o reservorio no presurizado o a baja presión, el sistema de suministro de materia prima puede incluir una bomba o mecanismo de propulsión similar para extraer la materia prima del tanque o reservorio y presurizar la corriente de materia prima a una presión adecuada para el suministro al ensamble de generación de hidrógeno. El sistema de suministro de materia prima puede opcionalmente incluir un regulador de presión o dispositivo similar para regular la presión de la(s) corriente(s) de alimentación que se suministra a la región de producción de hidrógeno.

60 El ensamble de generación de hidrógeno puede incluir un ensamble de calentamiento 120 que se adapta para calentar, al menos, la región que produce hidrógeno, y opcionalmente otras regiones del ensamble de generación de hidrógeno. Por ejemplo, el ensamble de calentamiento puede adaptarse para calentar y/o vaporizar (cuando la materia prima es un líquido

previo a ser calentado por el ensamble de calentamiento), al menos, a una de las materias primas en la(s) corriente(s) de alimentación antes que, o después de, suministrar la(s) corriente(s) de alimentación a la región que produce hidrógeno. En algunas modalidades, el ensamble de calentamiento puede calentar la región que produce hidrógeno a una temperatura adecuada y/o mantener la región que produce hidrógeno dentro de un intervalo adecuado de temperaturas que producen hidrógeno. El ensamble de calentamiento puede similarmente calentar la(s) corriente(s) de alimentación a una temperatura adecuada para ayudar a mantener la región que produce hidrógeno dentro de un intervalo adecuado de temperaturas que producen hidrógeno. Cuando el ensamble de generación de hidrógeno incluye una región de separación y/o purificación, esta región también puede calentarse por el ensamble de calentamiento. El ensamble de calentamiento puede incluir cualquier estructura adecuada para generar calor, tal como mediante la inclusión de, al menos, un calentador eléctrico, tal como un calentador de resistencia eléctrica, y/o por la combustión de un combustible. En la Fig. 1, el ensamble de calentamiento 120 se ilustra esquemáticamente generando una corriente de escape calentado 122 por la combustión de un combustible 124. También se ilustra una corriente de aire opcional 126 que se suministra por cualquier sistema de suministro adecuado. En algunas modalidades, el combustible puede tener la misma composición y/o, al menos, una materia prima común como en la corriente de alimentación, y en algunas modalidades, el combustible puede incluir una porción de gas mezclado, o reformado, en la corriente producida en la región que produce hidrógeno.

Como se ha discutido, la corriente de escape calentada a partir del ensamble de calentamiento 120 puede usarse para calentar, al menos, la región que produce hidrógeno 232 del ensamble de procesamiento de combustible. En algunas modalidades, se pueden utilizar para calentar otros componentes del sistema de procesamiento de combustible, tal como se indica esquemáticamente en líneas discontinuas en 122'. En ejemplos ilustrativos no exclusivos de otros componentes del ensamble de procesamiento de combustible que pueden ser calentados por la corriente de escape del calentamiento del ensamble 120 incluye la corriente de alimentación (tal como para el precalentamiento y/o vaporización) previo al suministro al ensamble de procesamiento de combustible y/o región que produce hidrógeno de ella) y/o la región de purificación que está en posición externa respecto a (y la comunicación del fluido con) el ensamble de procesamiento de combustible.

Como también se indica en la Fig. 1, los sistemas de celda de combustible de generación de hidrógeno 10, en conformidad con la presente descripción, incluye un sistema de control 100 que se ha adaptado para regular la velocidad a la que uno o más corrientes de alimentación se suministran a la(s) región(es) que producen hidrógeno del ensamble de generación de hidrógeno. Con el propósito de simplicidad, la siguiente discusión se referirá al ensamble de generación de hidrógeno que recibe una corriente de alimentación que contiene una materia prima. En muchas modalidades, el sistema de suministro de materia prima se adaptará para suministrar una o más materias primas, que pueden ser suministradas en el mismo o diferentes corrientes de alimentación 216. En consecuencia, también está dentro del alcance de la presente descripción el que el sistema de control pueda adaptarse para ser usado con los sistemas de suministro de materia primas para suministrar uno o más corrientes de alimentación, cada uno de los cuales puede incluir una o más materias primas. Como se ha discutido en mayor detalle en la presente descripción, al menos, una de las materias primas puede incluir agua y/o materias primas que contiene carbono, tales como al menos alcohol o hidrocarburo, que como se ha mencionado previamente, pueden ser suministrados en la misma o diferentes corrientes de alimentación por el sistema de suministro de materia prima 217 y son sensible, en parte, al control de entradas a partir del sistema de control 100. El sistema de control 100 se puede describir y/o implementar como un sistema de control del suministro de materia prima, en el que el sistema de control constituye una porción del sistema de suministro de materia prima y/o del sistema de control para el sistema de procesamiento de combustible, con el sistema de control controlando más que la operación del sistema de suministro de materia prima.

El sistema de control 100 incluye un controlador, o procesador 102, que está en comunicación con un ensamble sensor 104 que se adapta para medir los parámetros de operación seleccionados del sistema de celda de combustible. Siendo sensible, al menos en parte, a estos parámetros o valores medidos, el controlador se adapta a un monitor y regula selectivamente la velocidad a la que la materia prima (y/o una o más corrientes de alimentación) se suministran a la región que produce hidrógeno del ensamble de generación de hidrógeno. El sistema de control incluye la alimentación directa u porciones de control de la materia prima que cooperativamente regulan la velocidad a la que la corriente de alimentación es suministrado al ensamble de generación de hidrógeno que es sensible, al menos en parte, si no completamente, a las demandas de gas de hidrógeno del apilado de pilas de combustible. Como se ha discutido, esta demanda es sensible a la carga aplicada al apilado de pilas de combustible, tal como por el ensamble que consume energía. La alimentación directa y las porciones de control de materia prima puede, pero no es requerido, que sea descrito o referido como mecanismos de control de alimentación directa y de realimentación, métodos de control de alimentación directa y de realimentación, porciones de control de alimentación directa y de realimentación, algoritmos de alimentación directa y de materia prima, y/o medios de control de alimentación directa y de realimentación.

El sistema de control, incluyendo su controlador y sensores u otros dispositivos de medición, así como también los métodos para la realización de las operaciones descritos en la presente, pueden implementarse con una estructura adecuada. El controlador puede incluir aplicaciones específicas u otros dispositivos de software, hardware, dedicados a la computación,

analógicos, y/o digitales, y similares. El sistema de control puede comunicarse con varias porciones del sistema de celda de combustible a través de cualquier conexión de comunicación adecuada 106. El sistema de control puede utilizar protocolos de comunicación alámbricos o inalámbricos. Ejemplos ilustrativos no exclusivos de números y ubicaciones de sensores 104 y conexiones de control 106 están ilustrados esquemáticamente en la Fig. 1.

5

Los sistemas de control, y los correspondientes métodos de control, de la presente descripción no solo regulan la velocidad a la que la corriente de alimentación se suministra a la región que produce hidrógeno, sino que también orientan, o regulan, esta sensibilidad a la velocidad a la que el gas de hidrógeno gas producido es consumido por el apilado de pilas de combustible. En consecuencia, la porción de control de la alimentación directa y la porción de control de la realimentación pueden describirse como regulando cooperativamente la velocidad a la que la(s) materia(s) prima(s) (y/o la corriente de alimentación que contiene la(s) materia(s) prima(s)) se suministran a la región que produce hidrógeno del ensamble de procesamiento de combustible. La porción de control de la alimentación directa puede describirse como proactivamente ajustando la velocidad a la que la corriente de alimentación se suministra a la región que produce hidrógeno sensible a la demanda de gas de hidrógeno producido por el ensamble de generación de hidrógeno. La porción de control de la realimentación puede ser descrita como reactivamente ajustando (tal como incrementando o disminuyendo) la velocidad a la que la corriente de alimentación es suministrada a la región que produce hidrógeno sensible a la velocidad a la que el gas de hidrógeno gas producido es consumido por el apilado de pilas de combustible, tal como que produce la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible.

10

15

20

La porción de alimentación directa estima la cantidad y/o velocidad de flujo del gas de hidrógeno requerida por el apilado de pilas de combustible para satisfacer una porción de la carga aplicada que se le aplica. Este estimado se puede expresar como un estimado de la velocidad de flujo de las materias primas hacia la región que produce hidrógeno para producir la cantidad deseada, o velocidad de flujo, del gas de hidrógeno. Este estimado incluye la determinación de la cantidad, o porción, de carga que no está siendo satisfecha por el apilado de pilas de combustible produciendo una salida eléctrica a partir del gas de hidrógeno que está siendo producido por el ensamble de generación de hidrógeno, o por la región que produce hidrógeno de ella. Esta porción determinada puede correlacionarse con la porción de la demanda, o de la carga aplicada, que está siendo suministrada por un ensamble que almacena energía (y/o produce energía), tal como un ensamble de almacenamiento de energía 75.

25

30

En consecuencia, en algunas modalidades la velocidad de alimentación directa puede ser seleccionada en base a, al menos en parte, la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible y, en parte, de la porción de la carga aplicada que esta siendo satisfecha por una fuente de energía otra que el apilado de pilas de combustible, tal como por el ensamble de almacenamiento de energía (y/o ensamble que produce energía). Usando constantes de proporcionalidad para escalar la velocidad de alimentación directa determinada, se puede usar el siguiente algoritmo para determinar la velocidad de alimentación directa de la materia prima hacia la región que produce hidrógeno. El algoritmo se puede configurar usando un ensamble particular (o de tipo particular) de almacenamiento de energía vía K_1 y un apilado de pilas de combustible particular (o de tipo particular de tamaño, construcción, etc.) vía K_2 . Esta porción del mecanismo y/o el método de control se usa en una disposición de "alimentación directa" de tal manera que la velocidad de alimentación responde a los cambios en la carga aplicada. La velocidad de alimentación de alimentación directa puede expresarse como

35

40

$$\text{Velocidad de Alimentación} = K_1 * (\text{Salida Eléctrica del Ensamble de Almacenamiento de Energía}) + K_2 * (\text{Salida Eléctrica desde la Reserva de la Celda de Combustible})$$

45

La velocidad de alimentación directa puede expresarse como un porcentaje o fracción de la velocidad máxima, o de energía total, a la que el sistema de suministro de materia prima se adapta al suministro de materia prima a la región que produce hidrógeno. En tal expresión, la velocidad de alimentación identificada anteriormente puede ser apropiadamente escalada basada en la velocidad máxima de alimentación a la que el sistema de suministro de materia prima es diseñado para proveer la materia prima, o una corriente de materia prima, o una corriente de alimentación, a la región que produce hidrógeno.

50

55

El paso que estima puede (pero no se requiere en todas las modalidades) ulteriormente incluir la predicción futura de demanda de gas de hidrógeno. Este paso que predice, cuando se utiliza, puede incrementar o disminuir la velocidad de alimentación que de otra forma sería seleccionada por la porción de alimentación directa basada en un parámetro almacenado o medido que indica una mayor o menor cantidad de gas de hidrógeno gas que sea requerida en el futuro cercano para satisfacer la carga aplicada con la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible. Los ejemplos ilustrativos no exclusivos de tales parámetros pueden incluir los datos de consumo histórico y/o demanda, mediciones de temperatura (interna y/o externa del sistema de celda de combustible), tiempo y/o mediciones de fechas, mediciones asociadas al estado de la carga de cualquier dispositivo de almacenamiento de energía, mediciones asociadas a otra fuente de energía que

también se adapte para suministrar una salida eléctrica para satisfacer, al menos una porción, de la carga aplicada para el dispositivo consumidor de energía, etc.

5 Sensible a este estimado, la porción de alimentación directa del sistema de control determina, o selecciona, una velocidad de alimentación para la materia prima para suministrar al ensamble de la región de generación de hidrógeno, tal como por el sistema de suministro de materia prima. vía una señal de comando adecuada, tal como una bomba u otra porción adecuada del sistema de suministro de materia prima, el sistema de control puede adecuar el suministro de materia prima a la región que produce hidrógeno a una velocidad de alimentación determinada o seleccionada. Por ejemplo, esta velocidad de alimentación determinada puede seleccionarse para reducir, o eliminar, la necesidad actual del ensamble de almacenamiento para satisfacer una porción de la carga aplicada.

10 Un mecanismo, o método, ilustrativo no exclusivo para la determinación de la velocidad de alimentación directa consiste en comparar un voltaje de salida seleccionado, o deseado, de la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible para una medición instantánea del verdadero voltaje de salida de la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible y, en consecuencia, un incremento o decremento de la velocidad de flujo de materia prima. Como un ejemplo ilustrativo, ello se puede realizar con un sensor o detector adecuado que se encuentre en comunicación con el controlador. El mecanismo (y/o método) puede ulteriormente incluir la consideración sobre la corriente eléctrica del apilado de pilas de combustible y el conocimiento de la impedancia de la batería o de otro ensamble de almacenamiento de energía en el sistema de celda de combustible. En consecuencia, en algunas modalidades la velocidad de alimentación directa puede seleccionarse en base, al menos en parte, a la corriente eléctrica del apilado de pilas de combustible y a la impedancia de la batería u de otro ensamble de almacenamiento de energía del sistema de celda de combustible. En las aplicaciones, las constantes de proporcionalidad puede usarse para escalar la velocidad de alimentación directa determinada. Por ejemplo, el siguiente algoritmo puede usarse para determinar la velocidad de alimentación directa de materia prima a la región que produce hidrógeno. El algoritmo está configurado para su uso con un ensamble de particular (o tipo particular) de almacenamiento de energía mediante K_1 y un apilado de pila de combustible particular (o tipo particular, tamaño, construcción, etc. de) mediante K_2 . Esta porción del mecanismo y/o el método de control se usa en una disposición de "alimentación directa" de tal manera que la velocidad de alimentación responde a los cambios en la carga aplicada. La velocidad de alimentación de alimentación directa puede expresarse como

$$30 \text{ Velocidad de Alimentación} = K_1 * \left(\frac{V_{\text{punto fijo}} - V_{\text{medido}}}{Z_{\text{Bateria}}} \right) + K_2 * J_{\text{reserva de celda de combustible}}$$

Como se ha discutido, la velocidad de alimentación de la alimentación se puede expresar como un por ciento o fracción del máximo, o energía total, que es la velocidad a la que el sistema de suministro de materia prima se adapta al suministro de materia prima a la región que produce hidrógeno. Como también se has descrito anteriormente, tal expresión, la Velocidad de Alimentación identificada anteriormente puede escalarse apropiadamente basado en la velocidad de alimentación máxima para la que el sistema de suministro de materia prima sea diseñada para proveer la materia prima, o una corriente de alimentación, a la región que produce hidrógeno.

40 La porción de realimentación del sistema de control (y los métodos asociados de control del suministro de materia prima) se adaptan para ajustar, u "orientar", la velocidad de alimentación determinada por la porción de alimentación directa en el transcurso del tiempo para incrementar o decrecer selectivamente el consumo de materia prima por el ensamble de generación de hidrógeno. La porción de realimentación se puede programar, o configurar, para ajustar (es decir, incrementar o decrecer) la velocidad de alimentación determinada por la porción de alimentación directa dentro de cantidades incrementales predeterminadas, o sus intervalos. Como un ejemplo ilustrativo no exclusivo, la porción de realimentación puede adaptarse para incrementar o decrecer selectivamente dentro de los umbrales superior e inferior que son un por ciento predeterminado de la velocidad de alimentación determinada por la porción de alimentación directa. Como ejemplo ilustrativo, no exclusivo, la porción de realimentación puede adaptarse para ajustar la velocidad de alimentación dentro de un porcentaje predeterminado o intervalo, de la velocidad de alimentación existente, tal como dentro de un intervalo ilustrativo de +/- 5%, +/-10%, +/- 15% y/o +/- 20 % de la velocidad de alimentación existente, o presente, tal como puede haberse determinado por la porción de alimentación directa. Está dentro del alcance de la presente descripción que la porción de realimentación pueda utilizar diferentes limitaciones del porcentaje de umbral superior e inferior y que la limitación del porcentaje determinado puede estar dentro de cualquiera de los ejemplos ilustrativos presentados anteriormente. Por ejemplo, la porción de realimentación puede configurarse para aumentar selectivamente la velocidad de alimentación dentro de un intervalo mayor de una velocidad de alimentación existente de lo que está configurado para disminuir selectivamente la velocidad de alimentación, y viceversa. Similarmente, las referencias en la presente para incrementar la velocidad de alimentación de (una o más) corrientes de alimentación pueden adicional o alternativamente referirse al incremento de velocidad a la que la(s) corriente(s) y/o materia(s) prima(s) se suministran a la región que produce hidrógeno.

La porción de realimentación del sistema de control se puede programar, o de cualquier forma configurar, para monitorear selectivamente cualquier parámetro o parámetros adecuados que sean indicativos del sistema de suministro de materia prima suministrando más o menos materia prima que la que es necesaria para producir la cantidad deseada de gas de hidrógeno, tal como la cantidad deseada para producir una salida eléctrica en el apilado de pilas de combustible suficiente para satisfacer la carga aplicada. Como un ejemplo ilustrativo, la porción de realimentación del sistema de control puede adaptarse para medir, tal como a través de un sensor o detector adecuado, que está en comunicación con el controlador 102, la presión del gas de hidrógeno producido por la región que produce hidrógeno, tal como la presión del gas de hidrógeno en la corriente de hidrógeno producto 254. En los experimentos, basándose en la porción de alimentación en PI (proporcional más integral) el control del error de una presión de suministro de hidrógeno diana ha sido probado ser efectivo, aunque ello no es requerido. Esta diana, o presión de suministro de hidrógeno seleccionada, puede referirse como el punto fijo del sistema de celda de combustible.

Un diagrama ilustrativo no exclusivo de algoritmo de control adecuado de materia prima para un sistema de control 100 se ilustra en la Fig. 2. Como se ha ilustrado, la porción de alimentación directa del algoritmo de control, o el método asociado, está indicado en 140, y la porción de realimentación del algoritmo de control, o los métodos asociados, se indican en 142. En 143, se determina la porción de la carga aplicada que no está siendo satisfecha por la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible con gas de hidrógeno que está siendo producido con la velocidad de alimentación de corriente. Como se ha discutido, esta determinación puede (pero no es requerido) incluir la comparación del voltaje de la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible y el voltaje deseado, o seleccionado, de esta salida eléctrica. En la Fig. 2, el voltaje, o punto fijo, seleccionado se indica en 144, y el voltaje medido se indica en 146. Como ya se ha discutido, este valor se puede escalar, regular, o de cualquier otra forma normalizar, para ser usado en un sistema de celda de combustible particular, tales como con constantes de proporcionalidad y/o la consideración de, al menos, una corriente de salida eléctrica producida por el apilado de pilas de combustible y por la impedancia de la batería u otro dispositivo de almacenamiento de energía o ensamble de almacenamiento de energía que se adapte para suministrar, al menos, una porción de la carga aplicada que no pueda ser satisfecha por el apilado de pilas de combustible. Estos pasos opcionales de regulación se indican en 148 y 150, respectivamente, con ejemplos ilustrativos de constantes de proporcionalidad indicadas en 152 y 154, la impedancia se indica en 156, y la corriente en 158. En 160, la porción de control de realimentación ajusta la velocidad de alimentación que es estimada por la porción de alimentación directa. Como ya se ha discutido, estos ajustes se pueden basar en una variedad de factores y/o consideraciones, de lo que es un ejemplo ilustrativo no exclusivo la comparación de la presión de la corriente de hidrógeno producido y una presión del hidrógeno producido, seleccionada o predeterminada. La presión de gas de hidrógeno medida se indica en Fig. 2 en 162, y la presión de hidrógeno en el punto fijo se indica en 164. En 166, se determina, o selecciona, la velocidad de alimentación para la materia prima entregada a la región que produce hidrógeno, basado en las porciones de alimentación directa y de realimentación. Como se ha discutido, esta velocidad de alimentación puede ser (pero no es requerido) un porcentaje de la velocidad de alimentación máxima a la que el sistema de suministro de materia prima es designada, o de cualquier otra manera configurado, para suministrar. Como se muestra en la Fig. 2, hay dispositivos de control de error opcionales, que se indican en 168.

En algunas modalidades, el sistema de celda de combustible se puede describir como adaptado para regular la velocidad de alimentación a la que la corriente de alimentación se suministra a la región que produce hidrógeno, con el sistema de control incluyendo una porción del control de la alimentación directa y una porción del control de realimentación que cooperativamente regulan la velocidad a la que la corriente de alimentación se suministra a la región que produce hidrógeno sensible, al menos en parte, a la demanda de gas de hidrógeno por el apilado de pilas de combustible, para satisfacer la porción de la carga aplicada. En tal modalidad, la porción de control de alimentación directa puede describirse como adaptada, o configurada, para estimar la velocidad de flujo de gas de hidrógeno requerida por el apilado de pilas de combustible para satisfacer la porción de carga aplicada a él, y la porción de control de la realimentación puede describirse como siendo adaptada, o configurada, para ajustar la velocidad de flujo del gas de hidrógeno gas estimada por la porción de control de la alimentación directa sensible a la velocidad a la que el gas de hidrógeno producido por el ensamble de generación hidrógeno es consumido por el apilado de pilas de combustible. Como se ha discutido, en algunas modalidades, el estimado incluye la determinación de la porción de carga aplicada que no está siendo satisfecha por el apilado de pilas de combustible usando el gas de hidrógeno producido por el ensamble de generación de hidrógeno y, en algunas modalidades, el estimado incluye una comparación del voltaje de la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible, o el punto fijo, a ser predeterminado, del voltaje de salida. La medición del voltaje de la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible puede hacerse en un lugar adecuado y vía cualquier mecanismo adecuado. Como ejemplos ilustrativos no exclusivos, el voltaje de la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible puede medirse en el apilado de pilas de combustible, tales como en las terminales apropiadas de él, o corriente abajo del apilado, tales como un módulo de administración de energía, un dispositivo de almacenamiento de energía, o de cualquier otra forma, entre el apilado de pilas de combustible y el ensamble que consume energía.

En algunas modalidades, el estimado adicional o alternativamente incluye la consideración de, al menos, una de las impedancias de una batería u otro dispositivo de almacenamiento de energía asociado con el apilado de pilas de combustible y/o la corriente de la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible. Como se ha discutido, un dispositivo de almacenamiento de energía puede estar asociado con el apilado de pilas de combustible para satisfacer, al menos, una porción de la carga aplicada cuando el sistema de celda de combustible no es capaz de producir suficiente salida eléctrica para así hacerlo. En algunas modalidades, la porción de control de realimentación se adapta, o configura, para ajustar (es decir, incrementar o decrecer) la velocidad de flujo estimada monitoreando un parámetro de operación de la sistema de celda de combustible, tal como la presión de gas de hidrógeno gas producido por el ensamble de generación de hidrógeno (que puede, pero no es requerido, que sea medida como la presión de la corriente de hidrógeno producido), lo que es indicativo del sistema de suministro de materia prima suministrando una o más materias primas (es decir, una velocidad de alimentación de la(s) corriente(s) de alimentación y/o materia(s) prima(s)) demasiado alta o baja) respecto a la necesaria para producir la cantidad de gas de hidrógeno requerida o deseada.

Como se ilustra en la Fig. 1, el apilado de pilas de combustible incluye una pluralidad de celdas de combustible 20. El apilado de pilas de combustible se adapta para recibir el gas de hidrógeno 42 de un ensamble de generación de hidrógeno, o sistema de procesamiento de combustible que produce hidrógeno, 12 y para recibir un oxidante, tal como aire 92 de una fuente de aire 48. El apilado de pilas de combustible 24 puede utilizar cualquier tipo de de pila de combustible. Los ejemplos ilustrativos de las pilas de combustible adecuadas incluyen pilas de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM) y las pilas de combustible alcalina. El apilado 24 (y el sistema 10) también se pueden adaptar para utilizar tales celdas de combustible como celdas de combustible de óxidos sólidos, celdas de combustible de ácido fosfórico, celdas de combustible alcalinas, y celda de combustibles de carbonato fundido. Para el propósito de ilustración, una pila de combustible ejemplar 20 en forma de una pila de combustible PEM se ilustra esquemáticamente en la Fig. 3.

Las celdas de combustibles de membrana de intercambio de protones, que también se pueden referir como celdas de combustible de polímero sólido, típicamente utilizan un ensamble de electrodo de membrana 26 que consiste en una membrana de intercambio iónico o electrolítica 28 localizada entre una región de ánodo 30 y una región de cátodo 32. Cada región 30 y 32 incluye un electrodo 34, específicamente un ánodo 36 y un cátodo 38, respectivamente. Cada región 30 y 32 también incluye un soporte 39, tal como una placa de soporte 40. El soporte 39 puede formar una porción de los ensambles de placa bipolar que son discutido en mayor detalle en la presente. La placa de soporte 40 de las celdas de combustibles 20 portan los potenciales de voltaje relativos producidos por las celdas de combustibles.

En operación, el gas de hidrógeno 42 del ensamble de generación de hidrógeno 12 se suministra a la región del ánodo, y el aire 44 del suministro de aire, o fuente de aire, 48 se suministra a la región del cátodo. El gas de hidrógeno 42 y el gas de oxígeno 44 pueden suministrarse a las respectivas regiones de la celda de combustible vía un mecanismo adecuado a partir de sus respectivas fuentes. El hidrógeno y el oxígeno típicamente se combinan uno con otro vía una reacción de oxidación-reducción. Aunque la membrana 28 restringe el paso de una molécula de hidrógeno, permitirá pasar el ion hidrógeno (protón) a través de él, altamente debido a la conductividad iónica de la membrana. La energía libre de la reacción de oxidación-reducción conduce el protón desde el gas de hidrógeno a través de la membrana de intercambio iónico. Como la membrana 28 también tiende a no ser eléctricamente conductora, un circuito externo 50 es el trayecto de menor energía para el electrón remanente, y se ilustra esquemáticamente en la Fig. 3. En la región de cátodo 32, los electrones del circuito externo y los protones de la membrana se combinan con el oxígeno para producir agua y calor. Los sistemas de administración térmica se pueden adaptar para regular selectivamente este calor para mantener la celda de combustible operando dentro de un intervalo de temperatura predeterminado, o seleccionado, tal como por debajo de la temperatura de umbral máximo, y/o por encima de la temperatura de umbral mínimo.

La fuente de aire 48 puede incluir cualquier estructura adecuada para proporcionar una cantidad suficiente de aire u otro oxidante adecuado al apilado de pila de combustible y una presión adecuada para usar en el apilado. En algunas modalidades, la fuente de aire incluirá un soplador, ventilador u otra fuente de presión inferior de aire. En algunas modalidades, la fuente de aire incluirá un compresor u otra fuente de aire de presión superior. En algunas modalidades, la fuente de aire puede adaptarse para proporcionar aire enriquecido con oxígeno o aire desprovisto de nitrógeno para el apilado de pila de combustible. En algunas modalidades, el aire del apilado de pilas de combustible se extrae del entorno próximo al apilado de pilas de combustible, y en algunas modalidades, no se utiliza soplados ni otro dispositivo mecánico para propulsar el aire a la región del cátodo del apilado de pilas de combustible.

Como también se muestra en la Fig. 3 hay una purga, o escape, anódico, de la corriente 54, que puede contener gas de hidrógeno, y una corriente de escape de aire catódico 55, que es típicamente, al menos parcialmente, si no sustancialmente, reducido en gas en oxígeno. El apilado de pilas de combustible 24 puede incluir una alimentación de hidrógeno común (u otro reactivo), entrada de aire, y purga de apilado y corrientes de escape, y en consecuencia puede incluir conductos de fluido adecuados para suministrar las corrientes asociadas para, y colectar las corrientes de, las celdas de combustible individuales. Similarmente, cualquier mecanismo adecuado puede ser usado para purgar selectivamente las regiones.

En la práctica, el apilado de pilas de combustible 24 puede incluir una pluralidad de celdas de combustible con soportes adecuados, tales como ensamblajes monopolares o bipolares, que separen los ensamblajes de electrodos de membrana adyacentes. Los ensamblajes de placa bipolar (u otros soportes) esencialmente permiten pasar al electrón libre desde la región anódica de una primera celda a la región catódica de la celda adyacente vía el ensamble placa bipolar, estableciendo de esa manera un potencial eléctrico a través del apilado que puede ser usado para satisfacer una carga aplicada. Este flujo neto de electrones produce una corriente eléctrica que puede ser usada para satisfacer una carga aplicada, tal como a partir de, al menos, un dispositivo consumidor de energía 52 y del sistema de celda de combustible 10.

Ejemplos ilustrativos no exclusivos de mecanismos adecuados para producir gas de hidrógeno a partir de una o más corrientes de alimentación 216 incluye un reformado al vapor y un reformado térmico, en los que los catalizadores se usan para producir gas de hidrógeno a partir de una corriente de alimentación que contiene una materia prima que contiene carbono 218 y agua. Otros mecanismos adecuados para producir gas de hidrógeno incluyen la pirolisis y oxidación catalítica parcial de una materia prima que contiene carbono, en cuyo caso la corriente de alimentación no contiene agua. Aun otro mecanismo adecuado para producir gas de hidrógeno es la electrólisis, en cuyo caso la materia prima es el agua. Los ejemplos de materiales de alimentación que contienen carbono adecuados incluyen al menos un hidrocarburo o alcohol. Los ejemplos de hidrocarburos adecuados incluyen metano, propano, gas natural, diesel, queroseno, gasolina y similares. Los ejemplos de alcoholes adecuados incluyen metanol, etanol, y polioles, tales como etilenglicol y propilenglicol. Está dentro del alcance de la presente descripción que el procesador de combustible puede adaptarse para producir gas de hidrógeno mediante la utilización de más de un único mecanismo.

La corriente de alimentación 216 puede ser suministrada a la región que produce hidrógeno 212 vía cualquier mecanismo adecuado usando el sistema de control 100. Aunque solo una corriente de alimentación sencilla 216 se ilustra esquemáticamente en la Fig. 1, más de una corriente 216 puede ser usada y estas corrientes pueden contener la misma o diferentes materias primas. Cuando la materia prima que contiene carbono 218 es miscible en agua, la materia prima es típicamente, pero no se requiere que sea, suministrada con el componente agua de la corriente de alimentación 216, tal como se muestra en la Fig. 1. Cuando la materia prima que contiene carbono es inmisible, o solo ligeramente miscible en agua, estas materias primas típicamente se suministran a la región que produce hidrógeno 212 en corrientes separadas, tal como se muestra en la Fig. 4.

En muchas aplicaciones, es deseable el ensamble de generación de hidrógeno para producir al menos gas de hidrógeno sustancialmente puro. En consecuencia, el ensamble de generación de hidrógeno incluye una o más regiones que producen hidrógeno que utilizan un proceso que produce inherentemente gas hidrógeno lo suficientemente puro, o el ensamble de generación de hidrógeno puede incluir dispositivos adecuados de purificación y/o separación que eliminan las impurezas del gas de hidrógeno producido en la región productora de hidrógeno. Como otro ejemplo, el ensamble de generación de hidrógeno puede incluir dispositivos de purificación y/o separación corriente abajo de la región productora de hidrógeno. En el contexto de un sistema de pila de combustible, el ensamble de la generación de hidrógeno preferiblemente está adaptado para producir gas de hidrógeno sustancialmente puro, y aún con mayor preferencia, el procesador de combustible está adaptado para producir gas de hidrógeno puro. Para los propósitos de la presente descripción, el gas de hidrógeno sustancialmente puro es mayor que 90% puro, preferentemente mayor que 95% puro, con mayor preferencia mayor que 99% puro, y aún con mayor preferencia mayor que 99.5% puro. Los ejemplos ilustrativos, no exclusivos de procesadores de combustible adecuados se describen en las patentes de los Estados Unidos núms. 6,221,117, 5,997,594, 5,861,137, y la publicación de las solicitudes de patente de los Estados Unidos pendientes núms. 2001/0045061, 2003/0192251, and 2003/0223926.

Con el propósito de ilustrar, la siguiente discusión describirá el ensamble de generación de hidrógeno 212 como un reformador de corriente adaptado para recibir una corriente de alimentación 216 que contiene una materia prima que contiene carbono 218 y agua 220. Sin embargo, se encuentra dentro del alcance de la descripción el que el ensamble de generación de hidrógeno 212 pueda tomar otras formas, como se ha discutido anteriormente. Un ejemplo de reformados de corriente adecuado se muestra en la Fig. 5 e indicado generalmente en 230. El reformador 230 incluye una región de reformación, o de producción de hidrógeno 232 que incluye un catalizador de reformado al vapor 234. Adicionalmente, o alternativamente, el reformador 230 puede ser un reformador auto-térmico que incluya un catalizador de reformado auto-térmico. En la región de reformación 232, se produce una corriente de reformado 236 a partir del agua y materia prima que contiene carbono en la corriente de alimentación 216. La corriente de reformado contiene típicamente gas de hidrógeno y otros gases. En el contexto de un ensamble de la generación de hidrógeno, o un procesador de combustible, en general, una corriente de gas mixto que contiene gas de hidrógeno como su componente mayoritario se produce a partir de la corriente de alimentación. La corriente de gas mixto incluye típicamente otros gases también. Los ejemplos ilustrativos, no exclusivos de estos otros gases, o impurezas, incluyen uno o más de dichas impurezas ilustrativas como monóxido de carbono, dióxido de carbono, agua, metano, y materia prima sin reaccionar.

La corriente de gas mixto, o reformado, puede ser suministrada a una región de separación, o región de purificación, 238, donde se purifica el gas de hidrógeno. En la región de separación 238, la corriente que contiene hidrógeno se separa en una o más corrientes de subproductos, que colectivamente se ilustran en 240 y que típicamente incluye, al menos, una porción sustancial de otros gases, y una corriente rica en hidrógeno 242, que contiene, al menos, gas de hidrógeno prácticamente puro. La corriente rica en hidrógeno se puede describir como conteniendo una mayor concentración de gas de hidrógeno, y/o una menor concentración de otros gases, que la corriente de gas mixto. La corriente de subproductos se puede describir como conteniendo una mayor concentración de uno o más de los otros gases y/o una menor concentración de gas de hidrógeno que la corriente de gas mixto. La corriente de subproducto puede, pero no es requerido, contener un poco de gas de hidrógeno. La región de separación puede utilizar cualquier proceso de separación adecuado, incluyendo un proceso de separación impulsada por la presión. En la Fig. 5, la corriente rica en hidrógeno 242 se muestra formando la corriente de hidrógeno producido 254.

Un ejemplo de estructura adecuada para usarse en la región de separación 238 es el módulo de membrana 244, que contiene una o más membranas selectivas al hidrógeno 246. Ejemplos de módulos de membranas adecuadas formadas a partir de una pluralidad de membranas metálicas selectivas al hidrógeno se describen en la patente de Estados Unidos No. 6.319.306. En la patente 306, una pluralidad de membranas generalmente planas se ensamblan juntas en un módulo de membranas que tiene canales de flujo a través de las que una corriente de gas impuro se suministra a las membranas, una corriente de gas purificado se colecta de las membranas y una corriente de subproductos es removida de las membranas. Se usan juntas, tales como juntas de grafito flexibles, para lograr el sellado alrededor de los canales de flujo permeables y de alimentación. También se ha relevado en la aplicación identificada anteriormente en que hay membranas tubulares selectivas al hidrógeno, que también pueden ser usadas. Otros ejemplos ilustrativos, no exclusivos de membranas adecuadas y módulos de membrana se describen en las patentes y solicitudes incorporadas anteriormente, como así también en las solicitudes de patente de Estados Unidos con números de serie 10/067,275 (6562111) y 10/027,509 (6537352). La(s) membrana(s) 246 también se pueden integrar directamente a la región que produce hidrógeno o a otra porción del ensamble de generación de hidrógeno 212.

Las membranas selectivas de hidrógeno, delgadas, planas, pueden estar formadas de cualquier material adecuado, tal como al menos uno de paladio y una aleación de paladio. Las aleaciones de paladio ilustrativas incluyen aleaciones de paladio con oro, plata, y/o cobre, y un ejemplo particular es una aleación de paladio con 35% en peso a 45% en peso de cobre, tal como aproximadamente 40% en peso de cobre. Estas membranas, que también se pueden referir como membranas selectivas al hidrógeno, están típicamente formadas por una fina lámina que es aproximadamente de 0.001 pulgadas de grosor. Dentro del alcance de la presente descripción, sin embargo, está el que las membranas pueden formarse por metales selectivos al hidrógeno, aleaciones de metales y/u otras composiciones diferentes a las ya discutidas anteriormente como cerámicas permeables y selectivas al hidrógeno, o composiciones de carbono. Las membranas pueden tener grosores que son más grandes o más pequeños que los discutidos anteriormente. Por ejemplo, la membrana puede ser hecha más fina, con un commensurable incremento del flujo de hidrógeno. Las membranas permeables al hidrógeno se pueden ordenar en cualquier configuración adecuada, tal como un ordenamiento en pares alrededor de un canal permeable común, como se describe en la aplicaciones de las patentes incorporadas. La membrana o membranas selectivas al hidrógeno pueden adoptar también otras configuraciones, tales como configuraciones tubulares, que se describen en las patentes incorporadas.

Otro ejemplo de un proceso de separación a presión adecuado a ser usado en la región de separación 238 es la adsorción de presión por balanceo (PSA), con una adsorción de presión por balanceo indicada en líneas discontinuas en 247 en las Fig. 5 y 6. En un proceso PSA las impurezas gaseosas se remueven de una corriente que contiene gas de hidrógeno. El PSA se basa en el principio de que ciertos gases, bajo condiciones apropiadas de temperatura y presión será adsorbidos sobre un material adsorbente más fuertemente que otros gases. Típicamente, son las impurezas las que son adsorbidas y, por tanto, removidas de la corriente reformada 236. El éxito en usar el PSA para la purificación de hidrógeno se debe a la relativamente fuerte adsorción de gases comunes (tales como CO, CO₂, hidrocarburos incluyendo CH₄, y N₂) sobre el material adsorbente. El hidrógeno es adsorbido solo muy débilmente, por lo que el hidrógeno pasa a través de la lecho adsorbente mientras que las impurezas quedan retenidas en el material adsorbente. Los gases de impurezas, tales como NH₃, H₂S, y H₂O, se adsorben muy fuertemente en el material adsorbente y por lo tanto se eliminan de la corriente 236 junto con otras impurezas. Si el material adsorbente va a ser regenerado y estas impurezas están presentes en la corriente 236, la región de separación 238 preferiblemente incluye un dispositivo adecuado que se adapta para remover estas impurezas previo al suministro de la corriente 236 al material adsorbente porque es más difícil desorber estas impurezas.

La adsorción de los gases de impurezas se produce a presión elevada. Cuando se reduce la presión, las impurezas son desorbidos del material adsorbente, regenerando así el material adsorbente. Típicamente, el PSA es un proceso cíclico y requiere al menos dos lechos para la operación continua (opuesto al discontinuo). Los ejemplos de materiales adsorbentes adecuados que se pueden usar en lechos adsorbentes son las zeolitas y el carbón activado, especialmente zeolitas de 5 Å (5 angstroms). El material adsorbente comúnmente se encuentra en forma de pellets y se coloca en un recipiente cilíndrico

de presión utilizando una configuración convencional de lecho empacado. Se debe entender, sin embargo, que se pueden usar otras composiciones, formas y configuraciones, de material adsorbente.

5 Como se ha discutido, también se encuentra dentro del alcance de esta descripción el que, al menos, alguna purificación del gas de hidrógeno se realiza en el intermedio entre el ensamble de generación de hidrógeno y el apilado de pilas de combustible. Tal construcción se ilustra esquemáticamente en líneas discontinuas en la Fig. 5, donde la región de separación 238 se representa corriente abajo a partir de la lámina 231 del ensamble de generación de hidrógeno 212.

10 El reformador 230 puede, pero no necesariamente, incluir adicional o alternativamente una región pulida 248, tal como se muestra en la Fig. 6. Como se muestra, la región de pulido 248 recibe la corriente rica en hidrógeno 242 a partir de la región de separación 238 y purifica más la corriente reduciendo la concentración de, o removiendo, las composiciones seleccionadas en ella. Cuando una región de pulido es usada sin una región de separación, la región de pulido puede recibir la corriente de gas mixto. Como una variación más, la región de pulido puede recibir la corriente de gas mixto, y una región de separación puede recibir la corriente de salida a partir de la región de pulido.

15 Como ejemplo ilustrativo, no exclusivo, cuando la corriente 242 está diseñada para ser usada en un apilado de pilas de combustible, como el apilado 24, las composiciones que pueden dañar el apilado de pilas de combustible, tales como el monóxido y dióxido de carbono, puede eliminarse de la corriente rica en hidrógeno. Para algunos apilados de pilas de combustible, se prefiere que la concentración de monóxido de carbono en la corriente de hidrógeno producto sea menor que 20 10 ppm (partes por millón), menor que 5 ppm, o aun menor que 1 ppm. La concentración de dióxido de carbono puede ser mayor que la del monóxido de carbono. Por ejemplo, las concentraciones de menos de 25% de dióxido de carbono puede ser aceptable para algunos apilados de pilas de combustible. Sin embargo, para algunos apilados de pilas de combustibles, puede ser deseable que la concentración de dióxido de carbono en la corriente de hidrógeno producto sea menor que 10%, menor que 1%, o menor que 50 ppm. Se debe entender que las concentraciones máximas aceptables presentadas en la presente descripción son ejemplos ilustrativos, y que concentraciones distintas de las presentadas en la presente descripción se pueden usar y están dentro del alcance de la presente descripción. Por ejemplo, los usuarios o fabricantes particulares pueden requerir niveles de concentración mínimos o máximos o intervalos que son diferentes de los señalados en la presente descripción. Del mismo modo, cuando el ensamble de generación de hidrógeno 212 no se usa con un apilado de pilas de combustible, o cuando se usa con un apilado de pilas de combustible que es más tolerante a estas impurezas, entonces, la corriente de hidrógeno producto puede contener mayores cantidades de estos gases.

30 La región 248 puede incluir cualquier estructura adecuada para remover o reducir la concentración de las composiciones de corriente seleccionadas 242. Por ejemplo, cuando se intenta usar la corriente de producto en un apilado de pilas de combustible PEM o en otro dispositivo que pueda dañarse si la corriente contiene más monóxido de carbono o dióxido de carbono que las concentraciones determinadas, puede ser deseable incluir, al menos, un lecho de catalizador de metanación 250. El lecho 250 convierte el monóxido de carbono y el dióxido de carbono en metano y agua, ambos de los cuales no dañan el apilado de pilas de combustible PEM. La región de pulido 248 también puede incluir otro dispositivo productor de hidrógeno 252, tal como otro lecho de catalizador de reformación, para convertir cualquier materia prima sin reaccionar en gas de hidrógeno. En una modalidad de este tipo, se prefiere que el segundo lecho catalizador de reformación esté corriente arriba del lecho catalizador de metanación de manera de no reintroducir dióxido de carbono o monóxido de carbono corriente abajo del lecho catalizador de metanación.

35 Los reformadores de vapor funcionan típicamente a temperaturas en el intervalo de 200°C y 800°C, y a presiones en el intervalo de 50 psi y 1000 psi, aunque las temperaturas y presiones fuera de estos intervalos están dentro del alcance de la descripción, de modo que dependen del tipo particular y de la configuración del procesador de combustible que se usa. Cualquier mecanismo o dispositivo de calentamiento adecuado puede ser usado para proporcionar este calor, tal como un calentador, quemador, catalizador de combustión, o similar. El ensamble de calentamiento puede ser externo al procesador de combustible o puede formar una cámara de combustión que forma parte del procesador de combustible. El combustible para el ensamble de calentamiento puede proporcionarse por el sistema de procesamiento de combustible, por el sistema de pila de combustible, por una fuente externa, o cualquier combinación de éstos.

40 En las Fig. 5 y 6, el reformador 230 se muestra incluyendo una lámina 231 en la que están contenidos los componentes descritos anteriormente. La lámina 231, que también se puede referir como una carcasa, permite que el procesador de combustible, tal como el reformador 230, pueda ser movido como una unidad. Como también protegen los componentes del procesador de combustible de daños al proveer un cercado protector y reduce la demanda de calentamiento del ensamble de generación de hidrógeno porque los componentes del ensamble de generación de hidrógeno pueden ser calentado como una unidad. La lámina 231 puede, pero no necesariamente, incluir el material aislante 233, tales como un material aislante sólido, material aislante en forma de manto, o una cavidad llena de aire. Se encuentra dentro del alcance de la descripción, sin embargo, que el reformador puede estar formado sin carcasa o lámina. Cuando el reformador 230 incluye el material aislante 233, el material aislante puede estar interno en la lámina, o externo a la lámina, o ambos. Cuando el material

aislante es externo a la lámina que contiene las regiones de reformado, separación o de pulido descritos anteriormente, el procesador de combustible puede incluir, más aun, un revestimiento o chaqueta externa al aislante.

5 Más aun dentro del alcance de la descripción está el que uno o más componentes pueden, o bien la lámina extenderse más allá o localizarse externamente a, al menos, a la lámina 231. Por ejemplo, como se ha ilustrado en la Fig. 6, la región de pulido 248 puede estar externa a la lámina 231 y/o una porción de la región de reformado 232 puede extenderse más allá de la lámina. Otros ejemplos de ensambles de generación de hidrógeno demostrando estas configuraciones se ilustran en la referencias incorporadas y se discuten en mayor detalle en la presente.

10 Aunque el procesador de combustible 212, el sistema de suministro de materia prima 217, el apilado de pilas de combustible 24 y el dispositivo consumidor de energía 52 también se pueden formar a partir de uno o más componentes discretos, también se encuentra dentro del alcance de la descripción el que dos o más de estos dispositivos puedan estar integrados, combinados o de cualquier otra forma ensamblados dentro de una carcasa o cuerpo externo. Por ejemplo, un ensamble de generación de hidrógeno y un sistema de suministro de materia prima pueden combinarse para proveer un dispositivo productor de hidrógeno sistema de suministro de materia prima propio o integrado. Similarmente, un apilado de pilas de combustible puede adicionarse para proveer un dispositivo de generación de energía con un sistema de suministro de materia prima integrado. El sistema de celda de combustible¹⁰ puede (pero no es requerido) combinarse adicionalmente con uno o más dispositivos consumidores de energía 52 para proveer al dispositivo con una fuente de energía auxiliar, integrada o propia.

20 Otros ejemplos ilustrativos, no exclusivos de sistemas adecuados de pila de combustible que producen hidrógeno, y componentes de los mismos, se describen en las patentes de los Estados Unidos núms. 6,319,306, 6,221,117, 5,997,594, 5,861,137, publicación de las patentes de los Estados Unidos pendientes núms. 2001/0045061, 2003/0192251, y2003/0223926, y las solicitudes de patente de los Estados Unidos pendientes con núms. de serie 11/263,726, 11/404,721, y 11/229,365.

Aplicabilidad Industrial

30 Los sistemas de pilas de combustible que producen hidrógeno descritos en la presente descripción son aplicables a las industrias de producción de energía, y más particularmente a las industrias de las pilas de combustible.

35 Se cree que la descripción que se expone en la presente abarca múltiples invenciones distintas con utilidad independiente. Mientras que cada una de estas invenciones ha sido descrita en su forma preferida, las modalidades específicas de ellas, como se describen e ilustran en la presente, no deben ser consideradas en un sentido limitante como son posibles numerosas variaciones. La materia objeto de esta descripción incluye todas las combinaciones y subcombinaciones originales y no obvias de los varios elementos, rasgos, funciones, y/o propiedades descritas en la presente. Similarmente, cuando las reivindicaciones enumeran "un" o "primer" elemento o el equivalente de ella, tales reivindicaciones debe ser entendidas a incluir la incorporación de uno o más de tales elementos, ni requiriendo o excluyendo dos o más de tales elementos.

40

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de pila de combustible (10), que comprende:

5 un ensamble de generación de hidrógeno (12) con una región que produce hidrógeno (212,232) que produce el gas de hidrógeno (42) a partir de, al menos, una materia prima;
 un sistema de suministro de materia prima (217) que suministra una corriente de alimentación (216), que contiene, al menos, una materia prima, p.ej. agua y una materia prima que contiene carbono, a la región que produce hidrógeno del ensamble de generación de hidrógeno;
 10 un apilado de pilas de combustible (24,146) que recibe gas de hidrógeno producido por el ensamble de generación de hidrógeno y produce una salida eléctrica (79) de ahí para satisfacer, al menos, una porción de la carga aplicada; y
 un sistema de control (100) que se adapta para regular la velocidad de alimentación a la que la corriente de alimentación se suministra a la región que produce hidrógeno, en donde el sistema de control incluye una porción del control de alimentación directa (140) y una porción del control de realimentación (142) que cooperativamente regulan la velocidad de alimentación a la que la corriente de alimentación se suministra a la región que produce hidrógeno sensible, al menos en parte, a la demanda de gas de hidrógeno por el apilado de pilas de combustible para satisfacer la porción de carga aplicada; donde la porción de control de la alimentación directa determina una cantidad de carga aplicada que no es satisfecha por el apilado de pilas de combustible usando gas de hidrógeno producido por el ensamble de generación de hidrógeno y estima un régimen de flujo de gas de hidrógeno requerido por el apilado de pilas de combustible para satisfacer la carga aplicada, en donde la porción de control de realimentación se adapta para ajustar el régimen de flujo estimado de gas de hidrógeno estimado por la porción de control de alimentación directa, sensible a la velocidad a la que el gas de hidrógeno producido por el ensamble de generación de hidrógeno, es consumido por el apilado de pilas de combustible.

2. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 1, en donde la porción de control de alimentación directa se adapta para estimar el régimen de flujo del gas de hidrógeno es sensible, al menos en parte, a la comparación de un voltaje de la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible con el voltaje de salida predeterminado (144).

3. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 2, en donde la porción de control de la realimentación se adapta para ajustar el régimen de flujo de gas de hidrógeno estimado es sensible, al menos en parte, a una impedancia de un dispositivo de almacenamiento de energía asociado con el sistema de celda de combustible.

4. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 2, en donde la porción de control de realimentación se adapta para ajustar el régimen de flujo de gas de hidrógeno estimado es sensible, al menos en parte, a la corriente de salida eléctrica del apilado de pilas de combustible.

5. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 1, en donde la porción de control de alimentación directa es aun más adaptada para predecir una futura demanda de gas de hidrógeno por el apilado de pilas de combustible y para selectivamente ajustar el régimen de flujo de gas de hidrógeno estimado sensible a él.

6. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 1, en donde la porción de control de alimentación directa estima la velocidad a la que la corriente de alimentación se suministra a la región que produce hidrógeno es sensible a la fórmula:

$$\text{Velocidad de Alimentación} = K_1 * (\text{Salida Eléctrica a partir del Ensamble de Almacenamiento de Energía}) + K_2 * (\text{Salida Eléctrica de la Reserva de Celda de Combustible})$$

donde la Velocidad de alimentación es una fracción de una velocidad máxima de alimentación del sistema de suministro de materia prima, y K_1 and K_2 son constantes de proporcionalidad.

7. El sistema de celda de combustible de la reivindicación 1, en donde la porción de control de alimentación estima la velocidad a la que la corriente de alimentación se suministra a la región que produce hidrógeno es sensible a la fórmula:

$$\text{Velocidad de Alimentación} = K_1 + \left(\frac{V_{\text{punto fijo}} - V_{\text{medido}}}{Z_{\text{Bateria}}} \right) + K_2 * I_{\text{reserva de celda de combustible}}$$

en donde la Velocidad de Alimentación es una fracción de la velocidad máxima de alimentación del sistema de suministro de materia prima, $V_{\text{Punto_Fijo}}$ es un voltaje predeterminado de la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible, V_{Medido} es un voltaje medido de la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible, Z_{Bateria} es la impedancia de un dispositivo de almacenamiento de energía asociado con el sistema de celda de combustible, K_1 y K_2 son constantes de proporcionalidad, e $I_{\text{Apilado de Celda de Combustible}}$ es la corriente de salida eléctrica del apilado de pilas de combustible.

5

10

8. El sistema de celda de combustible de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el sistema de control se adapta para monitorear y regular selectivamente la velocidad de alimentación a la que la corriente de alimentación se suministra a la región que produce hidrógeno es sensible, al menos en parte, a la carga aplicada.

15

9. El sistema de celda de combustible de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde la porción de control de realimentación monitorea un parámetro de operación del sistema de celda de combustible que es indicativo del sistema de suministro de materia prima suministrando una o más materias primas que las necesarias para producir la cantidad opcional requerida de gas de hidrógeno, en donde el parámetro de operación es la presión del gas de hidrógeno producido por la región que produce hidrógeno.

20

10. El sistema de celda de combustible de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde la porción de control de la realimentación se adapta para ajustar el régimen de flujo estimado en cantidades incrementales predeterminadas, o en porcentajes predeterminados del régimen de flujo estimado.

25

11. El sistema de celda de combustible de cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde el sistema de control incluye un controlador (102) que está en comunicación con un ensamble de sensores (104), y en donde el ensamble de sensor se adapta medir los parámetros de operación opcionalmente seleccionados del sistema de celda de combustible

30

en donde el sistema de control se adapta para monitorear y selectivamente regular la velocidad de alimentación a la que la corriente de alimentación se suministra a la región que produce hidrógeno sensible, al menos en parte, a los parámetros medidos por el ensamble de sensores.

35

12. Un método para controlar el régimen de flujo de materia prima suministrada a la región que produce hidrógeno (212,232) de un sistema de pila de combustible que produce hidrógeno (10) que contiene un ensamble de generación de hidrógeno con la región que produce hidrógeno que produce gas de hidrógeno a partir de, al menos, una materia prima, un sistema de suministro de materia prima que suministra una corriente de alimentación que contiene, al menos, una materia prima al ensamble de generación de hidrógeno, y un apilado de pilas de combustible (24), que recibe gas de hidrógeno producido por el ensamble de generación de hidrógeno y produce una salida eléctrica de ella para satisfacer, al menos una porción, de la aplicada, el método que comprende:

40

regular, con un sistema de control con una porción de control de alimentación directa y una porción de control de realimentación, el régimen de flujo de materia prima a la región que produce hidrógeno del ensamble de generación de hidrógeno (12) sensible, al menos en parte, a la demanda de gas de hidrógeno por el apilado de pilas de combustible para satisfacer la porción de carga aplicada, en donde la regulación incluye cooperativamente:

45

estimar, por la porción de control de alimentación directa, del régimen de flujo de gas de hidrógeno requerido por el apilado de pilas de combustible para producir la salida eléctrica para satisfacer la carga que se aplica al apilado de pilas de combustible, en donde la estimación se basa, al menos en parte, en la determinación de una porción de la carga aplicada que no es satisfecha por el apilado de pilas de combustible usando gas de hidrógeno producido por el ensamble de generación de hidrógeno; y
ajustar, por la porción de control de realimentación, el régimen de flujo estimado de gas de hidrógeno sensible a la velocidad a la que el gas de hidrógeno es producido por el ensamble de generación de hidrógeno es consumido por el apilado de pilas de combustible.

50

13. El método de la reivindicación 12, en donde el estimado ulterior incluye la predicción de una demanda futura de gas de hidrógeno por el apilado de pilas de combustible y el ajuste del régimen de flujo estimado de gas de hidrógeno sensible a él.

5 14. El método de la reivindicación 12 de la reivindicación 13, en donde el estimado incluye la selección de una
10 velocidad de alimentación para la corriente de alimentación (216) sensible, al menos en parte, a la comparación de un voltaje de salida eléctrica del apilado de pilas de combustible con el voltaje de salida predeterminado (144),
opcionalmente
en donde la comparación incluye el ajuste del régimen de flujo estimado de gas de hidrógeno sensible a una
impedancia de un dispositivo de almacenamiento de energía asociado con el sistema de celda de combustible, y/o
en donde la comparación incluye el ajuste del régimen de flujo estimado de gas de hidrógeno sensible a la corriente
de la salida eléctrica del apilado de pilas de combustible.

15 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12-14, en donde el método incluye el monitoreo y regulación
selectiva del régimen de flujo a la que la materia prima se suministra a la región que produce hidrógeno sensible, al
menos en parte, a la carga aplicada al sistema de celda de combustible por un ensamble que consume energía
(51).

20 16. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12-15, en donde el ajuste incluye el monitoreo de un parámetro de
operación del sistema de celda de combustible que es indicativo del sistema de suministro de materia prima
suministrando más o menos materia prima que la necesaria para producir la cantidad requerida de hidrógeno,
opcionalmente
25 en donde el parámetro de operación es la presión del gas de hidrógeno producido por la región que produce
hidrógeno.

30 17. El método de cualquier reivindicación 2-16, en donde la regulación incluye el régimen de flujo estimado por la
porción de control de alimentación directa cantidades incrementales predeterminadas, o
en porcentajes predeterminados del régimen de flujo.

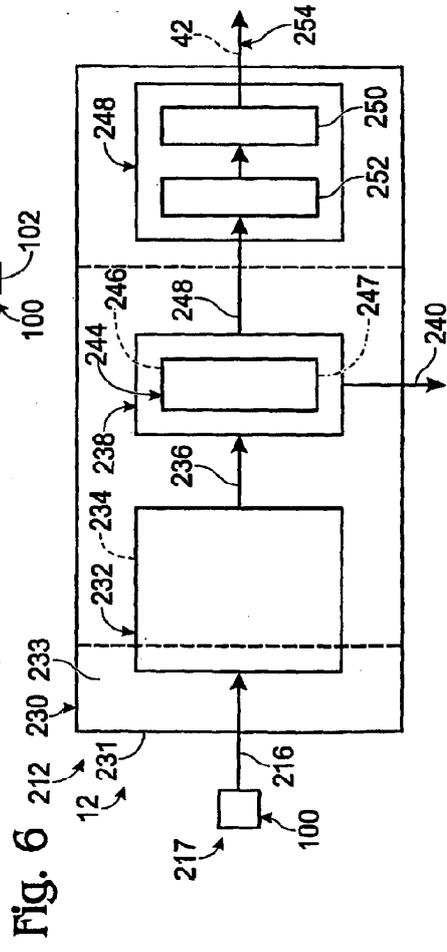
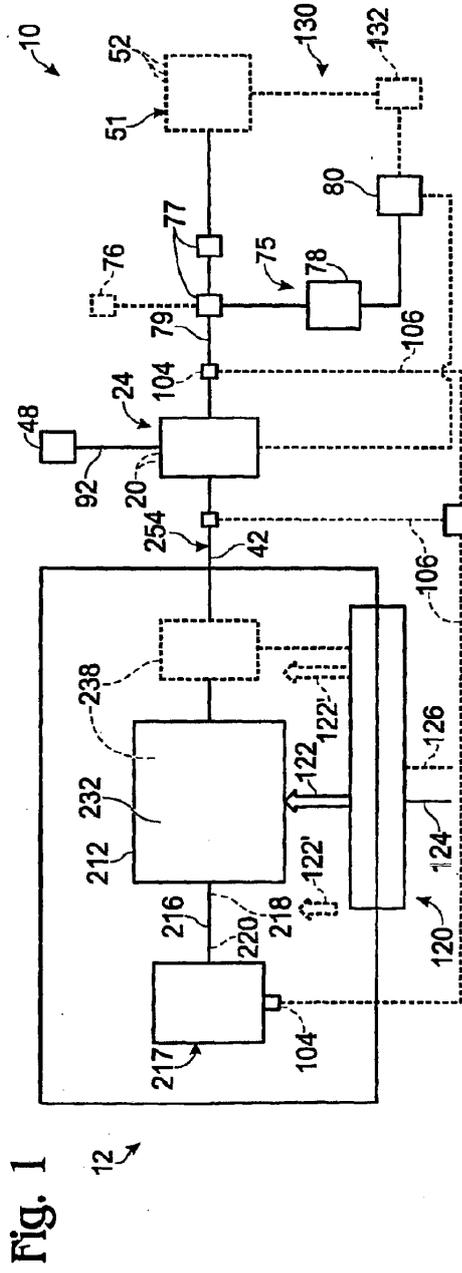


Fig. 2

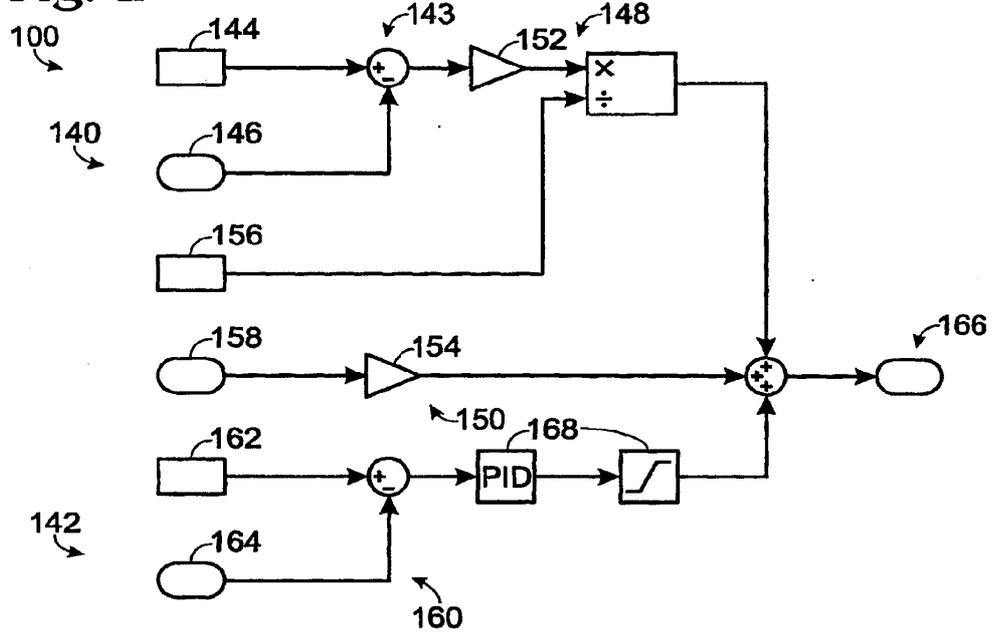


Fig. 3

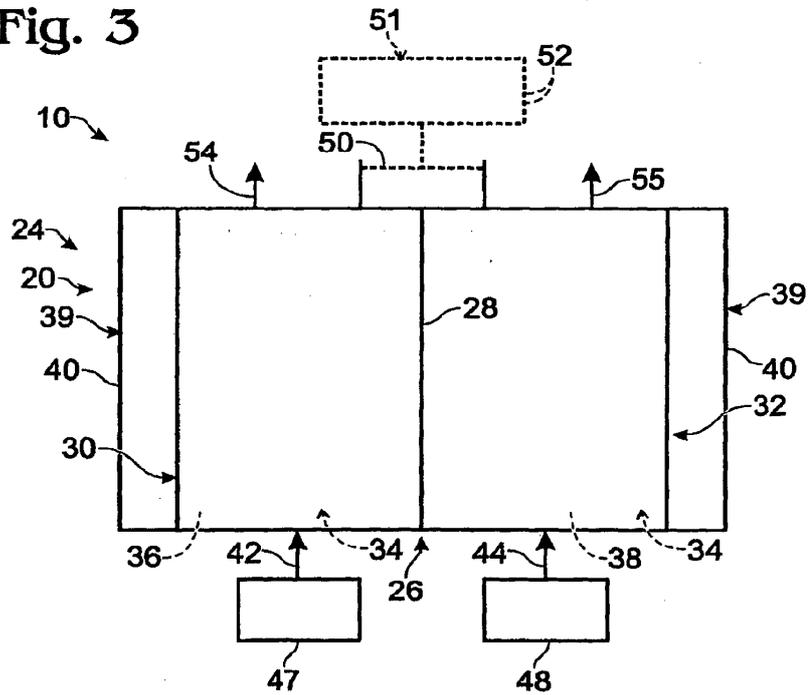


Fig. 4

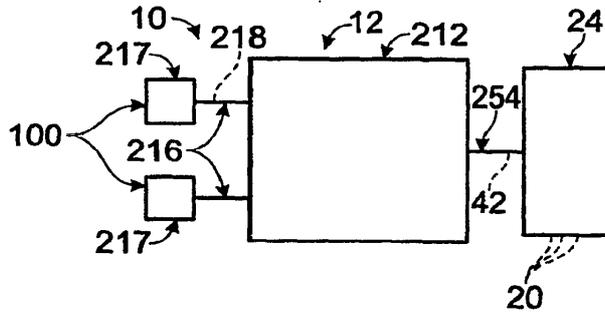


Fig. 5

