

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 760**

51 Int. Cl.:

H01M 8/04 (2006.01)

H01M 8/06 (2006.01)

F17C 11/00 (2006.01)

C01B 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2006 E 06736307 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2012 EP 1851289**

54 Título: **Cartuchos de pila de combustible generadores de hidrógeno**

30 Prioridad:

25.02.2005 US 66573

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

03.04.2013

73 Titular/es:

**SOCIETE BIC (50.0%)
14, RUE JEANNE D'ASNIERES
92611 CLICHY CEDEX, FR y
COMMISARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ROSENZWEIG, ALAIN;
LAURENT, JEAN-YVES;
GAILLARD, FREDERIC;
GIACOMETTI, NATHALIE y
ADAMS, PAUL**

74 Agente/Representante:

LÓPEZ MARCHENA, Juan Luis

ES 2 399 760 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

Cartuchos de pila de combustible generadores de hidrógeno

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

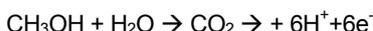
Las pilas de combustible son dispositivos que convierten directamente la energía química de reactantes, esto es, combustible y oxidante, en electricidad de corriente continua (DC). Para un número cada vez mayor de aplicaciones, las pilas de combustible son más eficientes que la generación de energía convencional, tal como la combustión de combustible fósil así como el almacenamiento de energía portátil, tal como baterías de ión-litio.

En general, la tecnología de la pila de combustible incluye una diversidad de diferentes pilas de combustible, tales como pilas de combustible alcalinas, pilas de combustible de electrolito polimérico, pilas de combustible de ácido fosfórico, pilas de combustible de carbonato molido, pilas de combustible de óxido sólido y pilas de combustible de enzimas. Las más importantes pilas de combustible actuales se pueden dividir en varias categorías generales, esto es: (i) pilas de combustible que utilizan hidrógeno comprimido (H₂) como combustible; (ii) pilas de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM) que utilizan alcoholes, p.e., metanol (CH₃OH) hidruros metálicos, p.e., borohidruro de sodio (NaBH₄), hidrocarburos u otros combustibles reformados en combustibles de hidrógeno, (iii) pilas de combustible de PEM que pueden consumir directamente combustible no de hidrógeno o pilas de combustible de oxidación directa y (iv) pilas de combustible de óxidos sólidos (SOFC) que convierten directamente los combustibles de hidrocarburos a electricidad a alta temperatura.

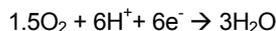
El hidrógeno comprimido se suele mantener bajo alta presión y por lo tanto, es difícil de tratar. Además, se suelen requerir grandes tanques de almacenamiento y no se pueden hacer suficientemente pequeños para dispositivos electrónicos de consumo. Las pilas de combustible reformatadas convencionales requieren reformatadores y otros sistemas de vaporización y auxiliares para convertir los combustibles en hidrógeno para reaccionar con oxidante en la pila de combustible. Los recientes avances hacen que el reformatador o de las pilas de combustible reformatadas sean prometedores para los dispositivos electrónicos de consumo. Las más conocidas pilas de combustible de oxidación directa son las pilas de combustible de metanol directo o DMFC. Otras pilas de combustible de oxidación directa incluyen las pilas de combustible de etanol directas y las pilas de combustible de ortocarbonato de tetrametilo directas, DMFC, en donde el metanol se hace reaccionar directamente con oxidante en la pila de combustible, es la más simple y potencialmente más pequeña pila de combustible. Además, tiene una aplicación de potencia prometedora para los dispositivos electrónicos de consumo. SOFC convierten los combustibles de hidrocarburos, tales como butano, a altas temperaturas para generar electricidad. SOFC requiere una temperatura relativamente alta en el nivel de 1000° C para que se produzca la reacción de la pila de combustible.

Las reacciones químicas que generan electricidad son diferentes para cada tipo de pila de combustible. Para DMFC, la reacción química-eléctrica en cada electrodo y la reacción global para una pila de combustible de metanol directa se describen como sigue:

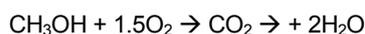
Semireacción en el ánodo:



Semireacción en el cátodo:



Reacción de la pila de combustible global:



Debido a la migración de los iones de hidrógeno (H⁺) a través de PEM desde el ánodo al cátodo y la incapacidad de los electrones libres (e⁻) para pasar a través del PEM, los electrones fluyen a través de un circuito exterior, con la consiguiente generación de una corriente eléctrica. El circuito exterior se puede utilizar para proporcionar energía eléctrica a numerosos dispositivos electrónicos de consumo útiles, tales como teléfonos móviles o celulares, calculadoras, agendas electrónicas de bolsillo, ordenadores portátiles y herramientas eléctricas, entre otros.

DMFC se describe en las patentes de Estados Unidos números 5.992.008 y 5.945.231. En general, el PEM se obtiene a partir de un polímero, tal como Nafion® disponible a través de DuPont, que es un polímero de ácido sulfónico perfluorado que tiene un espesor en el margen de aproximadamente 0,05 mm a aproximadamente 0,5 mm u otras membranas adecuadas. El ánodo suele obtenerse a partir de un soporte de papel de carbón teflonizado con una capa delgada de catalizador, tal como platino – rutenio, allí depositado. El cátodo suele ser un electrodo de difusión de gas en donde las partículas de platino están enlazadas a un lado de la membrana.

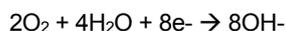
En otra pila de combustible de oxidación directa, la pila de combustible de borohidruro (DBFC) reacciona como sigue:

ES 2 399 760 T3

Semireacción en el ánodo:



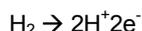
5 Semireacción en el cátodo:



10 En una pila de combustible de hidruro metálico química, generalmente borohidruro de sodio acuoso se reforma y reacciona como sigue:



15 Semireacción en el ánodo:



Semireacción en el cátodo:



25 Catalizadores adecuados para esta reacción incluyen platino y rutenio así como otros metales. El combustible de hidrógeno producido a partir de la reforma de borohidruro sódico se hace reaccionar en la pila de combustible con un oxidante, tal como O_2 , para crear electricidad (o un flujo de electrones) y subproductos de agua. Un subproducto de borato sódico (NaBO_2) se genera también mediante el proceso de reforma. Una pila de combustible de boro hidruro sódico se describe en la patente de Estados Unidos número 4.261.956. Por lo tanto, las reacciones de hidruros químicos conocidos, que utilizan hidruro metálico acuoso, tienen aproximadamente de 9 a 12 de porcentaje en peso de expectativas de almacenamiento y el líquido y el catalizador, utilizados en el sistema de reacción química en húmedo necesitan una estrecha vigilancia. Además, resulta difícil mantener la estabilidad de una solución de hidruro metálico durante un largo periodo de tiempo, porque de acuerdo con la fórmula $t_{1/2} = \text{pH} \cdot \log(0.034 + kT)$, que proporciona la mitad de vida de la reacción, la reacción de hidrólisis siempre ocurre con gran lentitud. Además, si se estabiliza la solución, la reactividad no está completa.

35 En un método de almacenamiento de hidruros, la reacción es como sigue:



40 Sin embargo, la expectativa de almacenamiento de dicha reacción es solo aproximadamente de 5 de porcentaje en peso. Además, dichas reacciones pueden ser de alto coste y difíciles de empaquetar.

Otro método conocido para generar hidrógeno es una reacción de hidruros en seco. La reacción en seco suele implicar la reacción siguiente:



De nuevo, las reacciones en seco tienen varios inconvenientes, tales como tener una expectativa de almacenamiento de solamente un porcentaje en peso de 10 y la necesidad de vigilar estrechamente la presión.

50 Un método adicional para generar gas hidrógeno es mediante un método de almacenamiento a presión utilizando la fórmula $PV=nRT$, en donde P es la presión, V es el volumen, n es un número de moles, R es la constante del gas y T es la temperatura. Este método requiere una vigilancia de la presión constante.

55 El documento EP 1 375 419 A2 da a conocer un aparato generador de hidrógeno que tiene una cámara de reacción, un depósito de solución y un elemento generador de presión, sin suministro de energía, para desplazar la solución a la cámara de reacción.

60 Una de las más importantes características para la aplicación de la pila de combustible es el almacenamiento de combustible. Otra característica importante es regular el transporte de combustible fuera del cartucho de combustible a la pila de combustible. Para ser comercialmente de utilidad, las pilas de combustibles, tales los sistemas DMFC o PEM deben tener la capacidad de almacenar suficiente combustible para satisfacer el consumo normal de los usuarios. A modo de ejemplo, para teléfonos móviles o celulares, para ordenadores portátiles y para agendas electrónicas de bolsillo (PDAs), las pilas de combustible necesitan proporcionar energía eléctrica a estos dispositivos durante al menos tanto como las baterías actuales y preferentemente, en un periodo mucho más largo. Además, las pilas de combustible deben tener tanques de combustible fáciles de sustituir o rellenar para reducir al mínimo u obviar la necesidad de recargas prolongadas requeridas por las baterías recargables actuales.

65

Un inconveniente común de los generadores de gas hidrógeno conocidos es que, una vez iniciada la reacción, el cartucho generador de gas no puede controlar la reacción. En consecuencia, la reacción continuará hasta que se agote el suministro de los reactantes o la fuente del reactante sea manualmente parada. Además, los generadores de hidrógeno conocidos no pueden trabajar cuando están situados en una determinada orientación y son de tamaño relativamente grande. En consecuencia, sigue siendo una necesidad la mejora de los generadores de hidrógeno y los reactantes que generan hidrógeno.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un aparato generador de gas según la reivindicación 1 que incluye al menos dos partes separadas. La primera parte del aparato generador de gas contiene al menos una cámara de reacción y un depósito de reactantes. La segunda parte, que incluye un receptáculo, está adaptada para recibir la primera parte. La segunda parte puede ser parte de una pila de combustible o un dispositivo al que suministra energía eléctrica la pila de combustible. La segunda parte incluye al menos un acoplador y/o un dispositivo de control del flujo que puede controlarse por la presión de la cámara de reacción o la primera parte. Cuando la presión en la cámara de reacción cae dentro de un nivel predeterminado, el dispositivo de control del flujo se cierra para detener el transporte del primer reactante a la cámara de reacción. Una ventaja de la presente invención es que cuando la primera parte se separa de la segunda parte, el reactante no se puede mezclar para reaccionar entre sí.

La presente invención se refiere, además, a un combustible utilizable con un aparato generador de gas. El combustible incluye un hidruro metálico sólido, tal como una solución acuosa que tenga agua, un catalizador y/o al menos un alcohol o una mezcla de alcoholes. Uno de los reactantes puede incluir también un ácido para mejorar la reacción entre los reactantes a lo largo del tiempo.

La presente invención se refiere, además, a un método para generar gas. Ha de entenderse que la descripción general anterior y la siguiente descripción detallada son, a modo de ejemplo y explicativas solamente y están previstas para proporcionar una explicación adicional de la presente invención, según se reivindica.

BREVE DESCRIPCION DEL DIBUJO

En el dibujo adjunto, que forma parte integrante de la especificación y ha de leerse junto con ella y en donde las referencias numéricas se utilizan para indicar partes similares de las diversas vistas:

La Figura 1 es una vista en sección transversal de un aparato generador de gas que es capaz de suministrar un gas deseado a una micropila de combustible.

DESCRIPCION DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACION PREFERIDAS

Según se ilustra en el dibujo adjunto y se describe, en detalle, a continuación, la presente invención se refiere a un suministro de combustible que almacena combustibles de pilas de combustible, tal como metanol y agua, mezclas de metanol/agua, mezclas de metanol/agua de varias concentraciones, metanol puro y/o ciatratos de metilo descritos en las patentes de Estados Unidos números 5.364.977 y 6.512.005 B2. El metanol u otros alcoholes son utilizables en numerosos tipos de pilas de combustible, p.e., DMFC, pilas de combustible de enzimas y pilas de combustible de reformatado, entre otras. El suministro de combustible puede contener otros tipos de combustibles de pilas de combustible, tales como etanol o alcoholes, hidruro metálicos, tales como borohidruros sódicos; otros productos químicos que pueden reformatarse en hidrógeno u otros productos químicos que pueden mejorar el rendimiento o eficiencia de las pilas de combustible. Los combustibles incluyen, además, electrolito de hidróxido potásico (KOH), que es utilizable con pilas de combustible metálicas o pilas de combustible alcalinas y se pueden almacenar en suministros de combustible. Para las pilas de combustible metálicas, el combustible está en la forma de partículas de zinc soportadas en fluido inmersas en una solución de reacción electrolítica de KOH y los ánodos dentro de las cavidades de la pila son ánodos de partículas formados por partículas de zinc. La solución electrolítica de KOH se da a conocer en la solicitud de patente publicada de Estados Unidos número 2003/0077493, titulada "Método de utilización de sistemas de pilas de combustible configurado para proporcionar energía a una o más cargas", publicada el 24 de abril de 2003. Los combustibles pueden incluir, además, una mezcla de metanol, peróxido de hidrógeno y ácido sulfúrico, que fluye a través de un catalizador formado sobre circuitos integrados de silicio para crear una reacción de pila de combustible. Además, los combustibles incluyen una mezcla o combinación de metanol, borohidruro sódico, un electrolito y otros compuestos, tales como los descritos en las patentes de Estados Unidos números 6.554.877; 6.562.497 y 6.758.871. Además, los combustibles incluyen las composiciones que se disuelven parcialmente en un disolvente y están en suspensión parcial en un disolvente, según se describe en la patente de Estados Unidos número 6.773.470 y las composiciones que incluyen combustible líquido y combustibles sólidos, descritos en la solicitud de patente publicada de Estados Unidos número 2002/0076602.

Los combustibles pueden incluir también un hidruro metálico, tal como borohidruro sódico (NaBH_4) y agua, anteriormente descrito. Los combustibles pueden incluir, además, combustibles de hidrocarburos, que incluyen, sin limitación, butano, queroseno, alcohol y gas natural, según se describe en la solicitud de patente publicada de Estados Unidos número 2003/0096150, titulada "Dispositivo de pila de combustible de interfase de líquido" publicada el 22 de mayo de 2003. Los

combustibles pueden incluir, además, oxidantes líquidos que reaccionan con los combustibles. La presente invención no está, por lo tanto, limitada a cualquier tipo de combustible, soluciones electrolíticas, soluciones oxidantes o líquido o sólidos contenidos en el suministro o de cualquier otro modo, utilizados por el sistema de la pila de combustible. El término "combustible", tal como aquí se utiliza, incluye todos los combustibles que pueden hacerse reaccionar en las pilas de combustible o en el suministro de combustible e incluye, sin limitación, la totalidad de los combustibles adecuados anteriores, soluciones electrolíticas, soluciones oxidantes, gases, líquidos, sólidos y/o compuestos químicos y sus mezclas.

Tal como aquí se utiliza, el término "suministro de combustible" incluye, sin limitación, cartuchos desechables, cartuchos rellenables/reutilizables, contenedores, cartuchos que residen dentro del dispositivo electrónico, cartuchos extraíbles, cartuchos que están fuera del dispositivo electrónico, depósitos de combustible, depósitos de llenado de combustible, otros contenedores que almacenan combustible y los tubos conectados a los depósitos de combustible y contenedores. Aunque se describe un cartucho, a continuación, en conjunción con las formas de realización, a modo de ejemplo, de la presente invención, conviene señalar que estas formas de realización son también aplicables a otro suministro de combustible y la presente invención no está limitada a cualquier tipo particular de suministro de combustible.

El suministro de combustible de la presente invención puede utilizarse también para almacenar combustibles que no se utilicen en pilas de combustible. Estas aplicaciones pueden incluir, sin limitación, el almacenamiento de hidrocarburos y combustible de hidrógeno para el micromotor de turbina de gas construido sobre la base de circuitos integrados de silicio, que se describen en el documento titulado "Aquí vienen los micromotores", publicado en The Industrial Physicist (diciembre 2001/enero 2002) en las páginas 20 a 25. Tal como se utiliza en la presente solicitud, el término "pila de combustible" puede incluir también micromotores. Otras aplicaciones pueden incluir almacenar combustibles tradicionales para motores de combustión interna e hidrocarburos, tales como butano para encendedores de bolsillo y de servicio público y propano líquido.

Aparatos generadores de hidrógeno conocidos adecuados se dan a conocer en la solicitud de patente de Estados Unidos copendiente números 10/679.756 y 10/854.540.

En varias formas de realización de la presente invención, el aparato generador de gases de la presente invención puede funcionar sea cual fuere su posición, p.e., en sentido lateral, diagonal o vertical. El aparato generador de gases de la presente invención, para un pequeño dispositivo tal como un teléfono móvil, tiene un volumen aproximado de 100 cm³ o menos, preferentemente 70 cm³ o menos o aproximadamente 40 cm³ o menos e incluye un cartucho y un receptáculo (o receptor). Preferentemente, el cartucho o una de sus partes, es desechable y contiene las composiciones reactivas. El receptor puede incluir un dispositivo de control de flujo, conductos, rutas o canales adaptados para transportar las composiciones reactivas, en el cartucho, para entrar en contacto y reaccionar entre sí. Preferentemente, el receptor es extraíblemente incorporable desde el cartucho. La composición reactiva en el cartucho no puede entrar en contacto entre sí a no ser que el cartucho se haya conectado al receptor. El receptor puede dirigir también el gas generado hacia la pila de combustible.

El cartucho incluye un depósito que tiene un primer reactante y una cámara de reacción. La cámara de reacción puede incluir un segundo reactante. El primer reactante puede incluir agua y el segundo reactante puede incluir un hidruro metálico, p.e., borohidruro de sodio. Los reactantes pueden estar en forma gaseosa, líquida o sólida. Preferentemente, el primer reactante es agua que puede incluir, de forma opcional, un aditivo y/o un catalizador. El segundo reactante es preferentemente un hidruro metálico sólido o un borohidruro metálico sólido. Los reactantes sólidos pueden ser polvo, gránulos estructuras porosas, bolas, tubos, envoltentes solubles o pueden depositarse sobre las paredes de la cámara de reacción, entre otras formas. La reacción del agua y del hidruro metálico puede generar gas hidrógeno. Otros reactantes adecuados o reactivos se dan a conocer en la solicitud de patente de Estados Unidos número 10/854.540. Además, el primer reactante puede ser metanol o un hidrocarburo, tal como butano y la cámara de reacción contiene uno o más catalizadores o es capaz de generar calor, y ningún reactante. El primer reactante puede hidrolizarse en la presencia de los catalizadores o calentarse en la cámara de reacción.

El receptor o receptáculo de la presente invención es capaz de transportar un primer reactante desde un depósito, en el cartucho, a una cámara de reacción en el cartucho. La presión, en el interior de la cámara de reacción, puede controlar el transporte del primer reactante desde el depósito a la cámara de reacción. A modo de ejemplo, el primer reactante en el depósito puede introducirse en la cámara de reacción cuando la presión en el interior de la cámara de reacción es menor que un valor predeterminado o como alternativa, si la presión en el interior de la cámara de reacción es menor que la presión en el depósito en una magnitud predeterminada. El flujo del primer reactante desde el depósito a la cámara de reacción es preferentemente autorregulado. En consecuencia, cuando la cámara de reacción alcanza una presión predeterminada o superior a la presión en el depósito, el flujo del primer reactante desde el depósito a la cámara de reacción puede interrumpirse para evitar que se genere gas hidrógeno. De modo similar, cuando la presión de la cámara de reacción se reduce por debajo del valor predeterminado o por debajo de la presión en el depósito en una magnitud predeterminada, el primer reactante fluye, de nuevo, desde el depósito a la cámara de reacción. El primer reactante en el depósito puede introducirse en la cámara de reacción por cualquier método conocido incluyendo, sin limitación, bombeo, osmosis, acción capilar, diferencial de presión, válvula o una o más de sus combinaciones. Preferentemente, el depósito está presurizado para proporcionar la energía necesaria para transportar el primer reactante a la cámara de reacción. La

presión en el depósito se crea mediante un aplicador de presión, tal como un resorte, pistón de espuma, gas propulsor, hidrocarburo licuado y/o paredes flexibles deformables.

El cartucho 10 de la presente invención incluye un depósito 12, que contiene el primer reactante 14 y la cámara de reacción 18, que contiene un segundo reactante 20 opcional. En una forma de realización, a modo de ejemplo (no ilustrada en la Figura 1), el depósito 12 puede incluir una vejiga o forro que retiene el primer reactante 14. Cuando se utiliza una vejiga, la vejiga puede fabricarse de cualquier material incluyendo material flexible o material elástico.

Según se ilustra en la Figura 1, el aparato generador de gases 1 incluye un cartucho 10 y un receptor 30. A modo de ejemplo, el cartucho 10 y el receptor 30 son, de forma extraíble, conectables entre sí por uno o más acopladores. A modo de ejemplo, el cartucho 10 puede conectarse, de forma extraíble, al receptor 30 mediante tres componentes de válvulas 24 y tres componentes de válvulas 32. Acopladores adecuados 24 y 32 incluyen, sin limitación, acopladores de acción rápida de sellado del automóvil, válvulas de no retorno, válvulas de pico de pato, válvulas de solenoide, conjuntos de aguja y diafragma, válvulas eléctricas y válvulas magnéticas. Otras válvulas adecuadas incluyen las dadas a conocer en las solicitudes de patentes de Estados Unidos números 10/629.006 y 10/978.949. Sin embargo, cualesquiera acopladores conocidos para un experto en esta materia pueden utilizarse para conectar el cartucho 10 al receptor 30. Los acopladores 24 y 32 pueden actuar también como parte o como una extensión, de conductos 34 y 38, que se utilizan para transportar el primer reactante 14 y el gas generado, respectivamente. Cuando el cartucho 10 está conectado al receptor 30, los acopladores 24a, 24b y 24c se extienden desde el cartucho 10 y están conectados a los acopladores correspondientes 32a, 32b y 32c, respectivamente. Según se ilustra, el primer reactante 14 es transportable desde el depósito 12 a través de acopladores 24a, 32a a través de conductos 34a y las válvulas 36 y es retornable luego a la cámara de reacción 18 del cartucho 10 a través del conducto 34b y de los acopladores 32b, 24b. Cada acoplador o componente de válvula 24, 32, preferentemente, tiene un sellado interno para impedir las fugas de los reactantes cuando el cartucho 10 se separa del receptáculo 30. Una ventaja de la presente invención es que los dos reactantes, primero y segundo, no entran en contacto entre sí hasta que el cartucho 10 se inserte en el receptor 30.

El depósito 12 está preferentemente presurizado, a modo de ejemplo, por un aplicador de presión 16 capaz de aplicar una magnitud predeterminada de presión al depósito 12 o la vejiga que contiene el primer reactante 14. Algunos aplicadores de presión, a modo de ejemplo, incluyen, sin limitación, un resorte, espuma, pistón, gas propulsor, hidrocarburo licuado, paredes flexibles deformables o una de sus combinaciones. Según se ilustra, un resorte comprimido 17 empuja a un pared móvil 19 para aplicar presión sobre el depósito 12. La pared móvil 19 puede formar un cierre con la pared interior del depósito 12. Otros dispositivos capaces de generar una fuerza y/o aplicar presión, conocidos para un experto en esta materia, pueden utilizarse también en la presente invención como el aplicador de presión.

La cámara de reacción 18, además de almacenar el segundo reactante 20, puede incluir también un elemento impermeable a líquidos/permeable a gases 22 que permite al gas hidrógeno generado salir de la cámara de reacción 18 y al mismo tiempo, mantener los reactantes líquidos dentro de la cámara de reacción 18. En una forma de realización preferida, el elemento permeable a gases 22 está conectado al acoplador 24c que está en comunicación con el acoplador 32c y el conducto 38. El elemento permeable a gases 22 puede fabricarse de cualquier material impermeable a líquidos/permeable a gases conocido para un experto en esta materia. Dichos materiales pueden incluir, sin limitación, materiales hidrofóbicos que tienen un grupo de alcano. **Ejemplos** más concretos incluyen, sin limitación: composiciones de polietileno, politetrafluoroetileno, polipropileno, polilactina (VICRY®), *dura mater* liofilizada o una de sus combinaciones. El elemento permeable a gases 22 puede comprender una membrana permeable a gases/impermeable a líquidos que cubre un elemento poroso. **Ejemplos** de dicha membrana son CELGARD® y GORE-TEX®. Otros elementos permeables a gases e impermeables a líquidos, utilizables en la presente invención, incluyen, sin limitación, fluoruro de polivinilideno (PVDF) de SURBENT® que tiene un tamaño poroso desde aproximadamente 0,1 μm a aproximadamente 0,45 μm , disponible a través de Millipore Corporation. La magnitud de los poros de SURBENT® PVDF regula la cantidad de agua y/o metanol que sale del sistema. Materiales tales como material de tipo ventilación electrónica que tengan 0,2 μm de hidrosoluble disponible a través de W.L. Gore, pueden utilizarse también en la presente invención. Además, varillas de 0,25 pulgadas de diámetro, que tengan un tamaño de poros de aproximadamente 10 μm , discos de 2 pulgadas de diámetro con un espesor de aproximadamente 0,3 μm de GenPore y material sinterizado y/o cerámico poroso que tengan una magnitud de poros de menos de aproximadamente 10 μm suministrado por Applied Porous Technologies Inc., son también utilizables en la presente invención. Además, materiales del denominado Nanograss, de Bell Labs, son también utilizables para suministrar el líquido. Nanograss controla el comportamiento o las gotículas de líquido aplicando cargas eléctricas a superficies de silicio, de diseño especial, que se asemejan a las cuchillas de corte de césped. Además, o como alternativa, los materiales permeables a gases e impermeables a líquidos, dados a conocer en la solicitud de patente de Estados Unidos número 10/36,793 son también utilizables en la presente invención.

El receptor 30 de la presente invención incluye una válvula o un dispositivo de control de flujo 36 conectado a los conductos 34a y 36b, según se ilustra. El dispositivo de control de flujo 36 puede ser cualquier dispositivo que permita que el primer reactante 14 entre en la cámara de reacción 18 bajo condiciones predeterminadas. Algunos **ejemplos** del dispositivo de control de flujo 36 son: una válvula de no retorno, una válvula de pico de pato, una válvula de solenoide, una válvula magnética y otras válvulas mecánicas y eléctricas. En esta forma de realización, cuando la presión en la cámara de reacción 18 y en el depósito 12 están dentro de una diferencia predeterminada, p.e., X psi, el dispositivo de

control de flujo 36 puede permanecer cerrado, de modo que no se produzca ningún flujo del primer reactante 14. Por lo tanto, el aparato generador de gases 1 está en el estado no operativo o posición off cuando la cámara de reacción 18 está presurizada. En un ejemplo, X es aproximadamente 2 psi, sin embargo, X puede ser cualquier presión. Cuando se necesita hidrógeno, la válvula 40 se abre y se reduce la presión en la cámara de reacción 18. Cuando la presión en la cámara de reacción 18 es menor que X psi con respecto a la presión del depósito 12 y se abre el dispositivo de control del flujo 36, el primer reactante 14 es transportado desde el depósito 12 a través de los acopladores 24a, 32a y a través del conducto 34a. El dispositivo de control de flujo 36, el conducto 34b y los acopladores 32b, 24b, a la cámara de reacción 18. En esta cámara, el primer reactante 14 reacciona con el segundo reactante 20 (o calentado o expuesto a catalizadores) para generar hidrógeno. El hidrógeno obtenido es objeto de permeación a través del elemento permeable a gases 22 y sale del cartucho 10 a través de los acopladores 24c, 32c y desde el receptor 30 a través del conducto 38 y a través de la válvula de cierre 40 a una pila de combustible.

Antes del primer uso, la cámara de reacción 18 puede incluir también un gas inerte. El gas inerte es presurizado, p.e., precargado, a un nivel que se aproxima a la presión predeterminada que cierra la válvula 36 para detener el flujo del primer reactante 14 desde el depósito 12 a la cámara de reacción 18. Después de que se haya conectado el cartucho 10, por primera vez, al receptor 30, el gas presurizado impide la apertura de la válvula 36, impidiendo, de este modo, el transporte del primer reactante 14 para iniciar la reacción. Cuando se requiere la generación de hidrógeno, se abre la válvula de cierre 40 para liberar el gas inerte y se reduce la presión en la cámara de reacción 18. Por lo tanto, la válvula 36 se abre para iniciar el flujo del primer reactante 14 para generar hidrógeno. Como alternativa, el gas inerte puede sustituirse por hidrógeno, de modo que el gas de precarga puede consumirse por la pila de combustible.

Cuando se necesita gas hidrógeno, se abre la válvula de cierre 40 y el aparato generador de gases 1 está en la posición operativa o "ON". Cuando el gas inerte o hidrógeno se transporta fuera de la cámara de reacción 18, la presión dentro de la cámara de reacción 18 disminuye y la diferencia de presión entre el depósito 12 y la cámara de reacción 18 excede de X psi. Esta diferencia en la presión abre el dispositivo de control de flujo 36 y el primer reactante 14 se impulsa por el resorte 17 a través del dispositivo de control de flujo 36 para reaccionar con el segundo reactante 20 en la cámara de reacción 18. La reacción entre el primer reactante 14 y el segundo reactante 20 genera gas hidrógeno, que se separa del líquido en el interior de la cámara de reacción 18 mediante un elemento permeable a gases 22. El gas hidrógeno separado puede alcanzar, entonces, la pila de combustible a través del conducto 38 y la válvula de cierre 40.

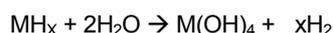
Cuando el gas hidrógeno generado ya no está bajo demanda y se cierra la válvula de cierre 40, la cámara de reacción 18 vuelve a presurizarse (puesto que el primer reactante 14 y el segundo reactante 20 se siguen mezclando hasta que se cierre el dispositivo de control de flujo 36). Una vez que la presión haya alcanzado el nivel predeterminado, el dispositivo de control del flujo 36 se cierra para interrumpir el flujo del primer reactante 14 hacia la cámara de reacción 18. El ciclo puede reiniciarse de nuevo cuando se necesita gas hidrógeno.

Cuando la tasa de generación de hidrógeno excede la tasa de retirada de hidrógeno desde el cartucho, la presión en la cámara de reacción 18 aumenta gradualmente lo que hace que la válvula 36 se cierre para interrumpir el transporte del primer reactante 14. Cuando la tasa de retirada se alcanza, disminuye la presión en la cámara de reacción 18 lo que hace que se abra la válvula 36 para reiniciar la generación de hidrógeno. Este ciclo se auto-regula automáticamente durante la vida útil del cartucho.

El aplicador de presión 16 puede ser un resorte 17 o puede incluir hidrocarburos licuados tales como N-butano, isobutano o una mezcla de isobutano y propano. El diagrama de fase de gas líquido de estos materiales es tal que, en tanto que parte del hidrocarburo permanezca en forma líquida, su presión es constante a temperatura constante. A modo de ejemplo, la presión dentro del depósito 12 se mantiene a 17 psi (con N-butano a la temperatura ambiente).

En algunas formas de realización, a modo de ejemplo, el primer reactante 14 y/o el segundo reactante 20 pueden incluir al menos uno de entre un catalizador opcional, un combustible que soporta hidrógeno, un agente, en donde el agente puede ser un segundo combustible de soporte de hidrógeno, que puede reaccionar con el primer combustible de soporte de hidrógeno en la presencia o ausencia del catalizador para generar un gas y de forma opcional, un aditivo. Preferentemente, el agente reacciona por el combustible de soporte de hidrógeno en presencia de un catalizador para generar el gas deseado. Preferentemente, el primer reactante 14 en el depósito 12 o la vejiga y el segundo reactante 20 en la cámara de reacción 18 no tienen la misma composición. Además, el combustible de soporte de hidrógeno y el agente están en cámaras separadas. Más preferentemente, el primer reactante 14 incluye el agente, tal como agua, que también contiene hidrógeno y el segundo reactante 20 incluye el combustible de soporte de hidrógeno, tal como un borohidruro metálico o un hidruro metálico.

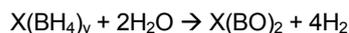
El combustible de soporte de hidrógeno de la presente invención puede ser cualquier combustible capaz de generar hidrógeno, cuando reacciona con un agente/componente y/o se coloca bajo determinadas condiciones. En algunas formas de realización, a modo de ejemplo, el combustible de soporte de hidrógeno puede incluir un hidruro metálico capaz de liberar hidrógeno al entrar en contacto con un agente, que puede ser otro combustible de soporte de hidrógeno, tal como agua. La reacción entre el hidruro metálico y el agua se puede describir como:



Como ejemplo del combustible se pueden incluir, sin limitación, hidruros de elementos de los grupos IA-IVA de la Tabla Periódica de Elementos y sus mezclas, tales como hidruros metálicos alcalinos o álcali o sus mezclas. Otros compuestos, tales como hidruros de aluminio –metal alcalino (alanatos) y borohidruros metálicos alcalinos pueden utilizarse también a este respecto. **Ejemplos** más concretos de hidruros metálicos incluyen, sin limitación, hidruro de litio, hidruro de aluminio – litio, hidruro de calcio –litio y sus sales y/o derivados. Los hidruros preferidos son borohidruro sódico, borohidruro de magnesio, borohidruro de litio y borohidruro de potasio. Preferentemente, el combustible de soporte de hidrógeno comprende la forma sólida de NaBH_4 o $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$. En forma sólida, NaBH_4 no hidroliza en la ausencia de agua y por lo tanto, mejora la vida útil del cartucho. Sin embargo, la forma acuosa del combustible de soporte de hidrógeno, tal como NaBH_4 acuosa, puede utilizarse también en la presente invención. Cuando se utiliza una forma acuosa de NaBH_4 , la cámara que contiene el NaBH_4 acuoso incluye también un estabilizador. Estabilizadores, a modo de ejemplo, pueden incluir, sin limitación, metales y óxidos metálicos, tales como hidróxidos metálicos alcalinos. **Ejemplos** de dichos estabilizadores se describen en la patente de Estados Unidos número 6.683.025. Preferentemente, el estabilizador es NaOH .

Como se indicó anteriormente, la forma sólida del combustible de soporte de hidrógeno es preferida con respecto a la forma líquida. En general, los combustibles sólidos son más ventajosos que los combustibles líquidos, porque los combustibles líquidos contienen proporcionalmente menos energía que los combustibles sólidos y los combustibles líquidos son menos estables que su contrapartida de combustibles sólidos.

El primer reactante 14 puede comprender un agente que sea capaz de reaccionar con el combustible de soporte de hidrógeno en la presencia de un catalizador opcional para generar hidrógeno. El agente puede ser un compuesto o una componente que pueda actuar como una fuente de protones. Algunas fuentes, a modo de ejemplo, de protones incluyen, sin limitación, agua, alcoholes y/o ácidos diluidos. La fuente más común de protones es el agua. Según se indicó anteriormente y en la formulación siguiente, el agua puede reaccionar con un combustible de soporte de hidrógeno, tal como NaBH_4 en la presencia un catalizador opcional para generar hidrógeno.



En donde X incluye, sin limitación, a Na, Mg, Li y todos los metales alcalinos e Y es un número entero.

El primer reactante 14 puede incluir también aditivos opcionales que reducen o aumentan el pH de la solución. El pH del primer reactante 14 puede determinar la velocidad a la que se genera el hidrógeno. A modo de ejemplo, los aditivos que reducen el pH del primer reactante 14 dan lugar a una tasa más alta de generación de hidrógeno. Dichos aditivos, incluyen, sin limitación, ácidos tales como el ácido acético. Por el contrario, aditivos que elevan el pH pueden disminuir la tasa de reacción al punto en donde casi no se desarrolle hidrógeno. La solución de la presente invención puede tener cualquier valor de pH menor que 7, tal como un pH de aproximadamente 1 a 6 y preferentemente, desde 3 a 5 aproximadamente.

En algunas formas de realización, a modo de ejemplo, el primer reactante, el segundo reactante o ambos pueden incluir un catalizador que puede iniciar y/o facilitar la generación de gas hidrógeno aumentando la tasa a la que reacciona el primer reactante 14 con el segundo reactante 18. El catalizador de la presente invención puede incluir cualquier forma o tamaño que sea capaz de favorecer la reacción deseada. A modo de ejemplo, el catalizador puede ser suficientemente pequeño para formar un polvo o puede ser tan grande como el depósito 12 o la cámara de reacción 18. En algunas formas de realización, a modo de ejemplo, el catalizador es un lecho de catalizador. El catalizador puede estar situado en el interior del depósito 12 o la vejiga (si la hay), la cámara de reacción 18, próxima al depósito 12 y/o próxima a la cámara de reacción 18, en tanto que al menos uno de entre el primer reactante 14 o el segundo reactante 20 pueda entrar en contacto con el catalizador.

El catalizador de la presente invención puede incluir uno o más metales transicionales del grupo VIII B de la Tabla Periódica de Elementos. A modo de ejemplo, el catalizador puede incluir metales transicionales tales como hierro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), rutenio (Ru), rodio (Rh), platino (Pt), paladio (Pd), osmio (Os), iridio (Ir). Además, los metales transicionales en el grupo IB, esto es, cobre (Cu), plata (Ag) y oro (Au) y en el grupo IIB, esto es, zinc (Zn), cadmio (Cd), y mercurio (Hg), pueden utilizarse también en el catalizador de la presente invención. Otros metales transicionales que pueden utilizarse como parte de un catalizador incluyen, sin limitación, escandio (Sc), titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr) y manganeso (Mn). Los catalizadores metálicos de transición útiles en los sistemas de catalizadores de la presente invención se describen en la patente de Estados Unidos número 5.804.329. El catalizador preferido de la presente invención es CoCl_2 .

Algunos de los catalizadores de la presente invención pueden definirse genéricamente por la fórmula siguiente:



en donde M es el catión del metal de transición, X es el anión y “a” y “b” son números enteros desde 1 a 6 que se necesitan para equilibrar las cargas del complejo de metales de transición.

Cationes adecuados de los metales transicionales incluyen, sin limitación, hierro (II) (Fe^{2+}), hierro (III) (Fe^{3+}), cobalto (Co^{2+}), níquel (II) (Ni^{2+}), níquel (III) (Ni^{3+}), rutenio (III) (Ru^{3+}), rutenio (IV) (Ru^{4+}), rutenio (V) (Ru^{5+}), rutenio (VI) (Ru^{6+}), rutenio (VIII) (Ru^{8+}), rodio (III) (Rh^{3+}), rodio (IV) (Rh^{4+}), rodio (VI) (Rh^{6+}), paladio (Pd^{2+}), osmio (III) (Os^{3+}), osmio (IV) (Os^{4+}), osmio (V) (Os^{5+}), osmio (VI) (Os^{6+}), osmio (VIII) (Os^{8+}), iridio (111) (Ir^{3+}), iridio (IV) (Ir^{4+}), iridio (VI) (Ir^{6+}), platino (II) (Pt^{2+}), platino (III) (Pt^{3+}), platino (IV) (Pt^{4+}), platino (VI) (Pt^{6+}), cobre (I) (Cu^{+}), cobre (II) (Cu^{2+}), plata (I) (Ag^{+}), plata (II) (Ag^{2+}), oro (I) (Au^{+}), oro (III) (Au^{3+}), zinc (Zn^{2+}), cadmio (Cd^{2+}), mercurio (I) (Hg^{+}), mercurio (II) (Hg^{2+}) y elementos similares.

Los aniones adecuados incluyen, sin limitación, hidruro (H^{-}), fluoruro (F^{-}), cloruro (Cl^{-}), bromuro (Br^{-}), yoduro (I^{-}), óxido (O^{2-}), sulfuro (S^{2-}), nitruro (N^{3-}), fosfina (P^{4-}), hipoclorito (ClO^{-}), clorito (ClO_2^{-}), clorato (ClO_3^{-}), perclorato (ClO_4^{-}), sulfito (SO_3^{2-}), sulfato (SO_4^{2-}), sulfato de hidrógeno (HSO_4^{-}), hidróxido (OH^{-}), cianuro (CN^{-}), tiocianato (SCN^{-}), cianato (OCN^{-}), peróxido (O_2^{2-}), manganato (MnO_4^{2-}), permanganato (MnO_4^{-}), dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), carbonato (CO_3^{2-}), carbonato de hidrógeno (HCO_3^{-}), fosfato (PO_4^{3-}), fosfato de hidrógeno (HPO_4^{-}), fosfato de dihidrógeno ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$), aluminato ($\text{Al}_2\text{O}_4^{2-}$), arseniato (AsO_4^{3-}), nitrato (NO_3^{-}), acetato ($\text{CH}_3\text{COO}^{-}$), oxalato ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$) y compuestos similares. Un catalizador preferido es el cloruro de cobalto.

En algunas formas de realización, a modo de ejemplo, el aditivo opcional, que puede estar en el depósito 12 y/o en la cámara de reacción 18 puede ser cualquier composición que sea capaz de impedir sustancialmente la congelación o la reducción del punto de congelación del primer reactante 14 y/o segundo reactante 20. En algunas formas de realización, a modo de ejemplo, el aditivo puede ser una composición basada en alcohol, tales como un agente de anticongelación. Preferentemente, el aditivo de la presente invención es CH_3OH . Sin embargo, según se indicó anteriormente, cualquier aditivo capaz de reducir el punto de congelación del primer reactante 14 y/o segundo reactante 20 puede utilizarse.

Preferentemente, el combustible para un sistema generador de hidrógeno de la presente invención incluye un hidruro metálico sólido y una solución acuosa que tenga agua, un catalizador, tal como CoCl_2 y un alcohol, tal como CH_3OH . Más preferentemente, la solución acuosa incluye, de forma opcional, un ácido que tenga un pH desde aproximadamente 3 a 5. Un ejemplo de un ácido que se añade a la solución acuosa es el ácido acético. Una finalidad del ácido en la presente invención es permitir una reacción más constante entre la solución acuosa y el combustible sólido impidiendo la formación de una barrera a la entrada de la cámara de reacción 18.

En la forma de realización anteriormente descrita, la presurización de la cámara de reacción 18 causada por la generación de hidrógeno, cuando se cesa la demanda de hidrógeno, cierra el dispositivo de control de flujo 36 para interrumpir el transporte del primer reactante 14 al depósito 12 que, a su vez, detiene la reacción que genera más hidrógeno.

Algunas formulaciones, a modo de ejemplo, en la presente invención, se resumen en la tabla 1.

Tabla 1 Formulación de reactantes en el interior del cartucho

Cartuchos de 10 vatios-hora		Peso (%)	Volumen (%)
Ejemplo 1	NaBH_4	47,36	48,09
	CoCl_2 *	2,09	1,06
	CH_3OH	6,28	7,72
	H_2O	44,27	43,12
* CoCl_2 está en una solución 6 molar de agua			

Sobre la base de la formulación del ejemplo anterior, combustibles adecuados pueden contener un hidruro metálico sólido en una cantidad de aproximadamente 42 a 52 de porcentaje en peso, agua en una cantidad de aproximadamente 40 a 50 de porcentaje en peso, catalizador en una cantidad de aproximadamente 0,1 a 4 de porcentaje en peso y alcohol en una cantidad de aproximadamente 1 a 10 de porcentaje en peso. Con una expresión diferentes, los combustibles adecuados pueden contener hidruro metálico sólido en una cantidad de aproximadamente 43 a 53 de porcentaje en volumen, el agua en una cantidad de aproximadamente 39 a 49 de porcentaje en volumen, catalizador en una cantidad desde aproximadamente 0,1 a 3 de porcentaje en volumen y alcohol en una cantidad de aproximadamente 3 a 11 de porcentaje en volumen.

El combustible, a modo de ejemplo, presenta una mejor capacidad de almacenamiento de hidrógeno de hasta aproximadamente 9 por ciento en peso o más.

Otras formas de realización de la presente invención serán evidentes para los expertos en esta materia a partir de la consideración de la presente especificación y la práctica de la presente invención aquí descrita. Está previsto que la presente especificación y **ejemplos** se consideren solamente a modo de ejemplo con un alcance verdadero de la invención indicado por las reivindicaciones siguientes y sus equivalentes.

REFERENCIAS CITADAS EN LA MEMORIA DESCRIPTIVA

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es para comodidad del lector solamente. No forma parte del documento de la patente europea. Aun cuando se tuvo gran cuidado en cumplir las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO declina toda responsabilidad a este respecto.

5

Documentos de patentes citados en la memoria descriptiva

- | | | |
|----|---|---|
| 10 | <ul style="list-style-type: none">• US 5992008 A [0006]• US 5945231 A [0006]• US 4261956 A [0009]• EP 1375419 A2 [0015]• US 5364977 A [0022]• US 6512005 B2 [0022] | <ul style="list-style-type: none">• US 20020076602 A [0022]• US 20030096150 A [0023]• US 10679756 B [0026]• US 10854540 B [0026]• US 854540 A [0028]• US 629006 A [0031] |
| 15 | <ul style="list-style-type: none">• US 20030077493 A [0022]• US 6554877 B [0022]• US 6562497 B [0022]• US 6758871 B [0022]• US 6773470 B [0022] | <ul style="list-style-type: none">• US 10978949 A [0031]• US 356793 A [0033]• US 6683025 B [0042]• US 5804329 A [0047] |

20

Bibliografía no de patente citada en la descripción

- Here Come the Microengines, The Industrial Physicist, Diciembre 2001, 20-25 [0025]

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un aparato generador de hidrógeno (1) que comprende:
- 10 un cartucho (10) que comprende una cámara de reacción (18) aislada, desde el punto de vista fluido, de un depósito (12) que contiene un primer reactante; un receptor (30) separado del cartucho (10) y adaptado para recibir el cartucho (10), en donde el cartucho (10) y el receptor (30) pueden conectarse entre sí de forma móvil y en donde el receptor (30) comprende un dispositivo de control de flujo (36) capaz de conectar el depósito a la cámara de reacción, lo que permite al primer reactante (14) penetrar en la cámara de reacción (18) cuando el cartucho (10) está conectado al receptor (30), en donde cuando una presión, en la cámara de reacción, alcanza una presión predeterminada, el dispositivo de control de flujo (36) se cierra para impedir el transporte del primer reactante (14) a la cámara de reacción (18) y en donde
- 15 el aparato generador de hidrógeno puede funcionar en cualquier orientación.
2. El aparato generador de hidrógeno, según la reivindicación 1, en donde la presión predeterminada comprende una diferencia predeterminada entre la presión en el depósito y la presión en la cámara de reacción.
- 20 3. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 1, en donde la cámara de reacción comprende un segundo reactante.
4. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 3, en donde el primer reactante comprende agua, un alcohol, un ácido diluido o una de sus combinaciones, mientras que el segundo reactante comprende un hidruro metálico o un borohidruro metálico.
- 25 5. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 1, en donde el cartucho está conectado al receptor mediante al menos uno entre: un acoplador de acción rápida de estanqueidad del vehículo, una válvula de no retorno, una válvula de pico de pato, una válvula de solenoide, una combinación de aguja y diafragma, una válvula eléctrica o una válvula magnética.
- 30 6. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 1, que comprende, además, un catalizador, en donde el catalizador comprende hierro, cobalto, níquel, rutenio, rodio, platino, paladio, osmio, iridio, cobre, plata, oro, zinc, cadmio, mercurio, escandio, titanio, vanadio, cromo y manganeso.
- 35 7. El aparato generador de hidrógeno, según la reivindicación 3, en donde el segundo reactante está en una forma de polvo, gránulos, estructura porosa, bolas, tubos, envoltentes solubles, depositadas sobre las paredes de la cámara de reacción o una de sus combinaciones.
- 40 8. El aparato generador de hidrógeno, según la reivindicación 1, en donde la cámara de reacción contiene un gas a presión antes del primer uso.
9. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 8, en donde el gas comprende nitrógeno, oxígeno, flúor, cloro, helio, neón, argón, criptón, xenón, radón, hidrógeno o una de sus combinaciones.
- 45 10. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 1, en donde el depósito está bajo presión.
11. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 10, en donde el depósito está bajo presión por un resorte, pistón, hidrocarburo licuado, gas propulsor, paredes autoretráctiles o una de sus combinaciones.
- 50 12. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 1 que comprende, además, un elemento impermeable a los líquidos/permeable a los gases situado dentro de la cámara de reacción.
13. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 1, en donde el primer reactante se transporta desde el depósito a la cámara de reacción, cuando la presión en la cámara de reacción es de una magnitud predeterminada inferior a la presión en el depósito.
- 55 14. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 13, en donde el primer reactante se transporta desde el depósito a la cámara de reacción, cuando la presión en la cámara de reacción es 2 psi menor que la presión en el depósito.
- 60 15. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 4, en donde el metal es un metal de los grupos IA y IIA de la Tabla Periódica de Elementos.
- 65 16. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 3, en donde el primer reactante, el segundo reactante o una de sus combinaciones comprende un catalizador, un ácido o un aditivo.

17. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 16, en donde el catalizador comprende un metal del grupo IB al grupo VIIIB de la Tabla Periódica de Elementos.
- 5 18. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 16, en donde el catalizador es un CoCl_2 , cloruro de cobalto.
19. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 16, en donde el aditivo comprende al menos un alcohol.
- 10 20. El aparato generador de hidrógeno según la reivindicación 16, en donde el alcohol es CH_3OH .
21. Un combustible para un sistema generador de hidrógeno (1) que comprende:
un hidruro metálico sólido (20) y
15 una solución acuosa (14) que comprende agua, un catalizador y un alcohol en donde el catalizador está en la solución acuosa.
22. El combustible según la reivindicación 21, en donde el hidruro metálico se selecciona de entre un grupo constituido por borohidruro de sodio, borohidruro de litio y borohidruro de potasio y sus combinaciones.
- 20 23. El combustible según la reivindicación 21, en donde la solución acuosa tiene un pH que varía de 2 a 7.
24. El combustible según la reivindicación 21, en donde la solución acuosa comprende el ácido acético.
- 25 25. El combustible según la reivindicación 21, en donde el catalizador se selecciona de entre un grupo constituido por hierro, cobalto, níquel, rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio, platino, cobre, plata, oro, zinc, cadmio y mercurio y sus combinaciones.
- 30 26. El combustible según la reivindicación 21, en donde el catalizador comprende un catión de un metal de transición y un anión.
27. El combustible según la reivindicación 26, en donde el catión comprende hierro (II), hierro (III), cobalto, níquel (II), níquel (III), rutenio (III), rutenio (IV), rutenio (V), rutenio (VI), rutenio (VIII), rodio (III), rodio (IV), rodio (VI), paladio, osmio (III), osmio (IV), osmio (V), osmio (VI), osmio (VIII), iridio (III), iridio (IV), iridio (VI), platino (II), platino (III), platino (IV), platino (VI), cobre (I), cobre (II), plata (I), plata (II), oro (I), oro (III), zinc, cadmio, mercurio (I) y mercurio (II).
- 35 28. El combustible según la reivindicación 26, en donde el anión comprende hidruro, fluoruro, cloruro, bromuro, yoduro, óxido, sulfuro, nitruro, fosfuro, hipoclorito, clorito, clorato, perclorato, sulfito, sulfato, sulfato de hidrógeno, hidróxido, cianuro, tiocianato, cianato, peróxido, manganato, permanganato, dricromato, carbonato, carbonato de hidrógeno, fosfato, fosfato de hidrógeno, fosfato dihidrógeno, aluminato, arseniato, nitrato, acetato y oxalato.
- 40 29. El combustible según la reivindicación 21, en donde el alcohol se selecciona de entre un grupo constituido por metanol, etanol, isopropanol, n-butanol, t-butanol, etilenoglicol y una de sus combinaciones.
- 45 30. El combustible según la reivindicación 21, en donde el hidruro metálico sólido está en una cantidad que varía desde 42 a 52 de porcentaje en peso, en donde el agua está en una cantidad desde 40 a 50 de porcentaje en peso, en donde el catalizador está en una cantidad desde 0,1 a 4 de porcentaje en peso y en donde el alcohol está en una cantidad de 1 a 10 de porcentaje en peso.
- 50 31. El combustible según la reivindicación 30, en donde el hidruro metálico es NaBH_4 , el catalizador es CoCl_2 y el alcohol es CH_3OH .
32. El combustible según la reivindicación 21, en donde el hidruro metálico sólido está en una cantidad que varía desde 43 a 53 de porcentaje en volumen, en donde el agua está en una cantidad que varía entre 39 a 49 de porcentaje en volumen, en donde el catalizador está en una cantidad que varía de 0,1 a 3 de porcentaje en volumen y en donde el alcohol está en una cantidad que varía de 3 a 11 de porcentaje en volumen.
- 55 33. El combustible según la reivindicación 32, en donde el hidruro metálico es NaBH_4 , el catalizador es CoCl_2 , y el alcohol es CH_3OH .
- 60 34. Un método para generar hidrógeno que comprende las etapas de:
proporcionar un depósito (12) que comprende un primer reactante (14) en un cartucho (10) que incluye una cámara de reacción (18), en donde el depósito (12) está aislado, desde el punto de vista fluido, de la cámara de reacción (18);
65

unir el cartucho (10) a un receptor (30), estando dicho receptor (30) separado del cartucho (10), que comprende una válvula (36) y conductos (34a, 34b) capaces de colocar el depósito (12) en comunicación fluidica con la cámara de reacción (18) y

5 abrir la válvula (36) para introducir el primer reactante (14) en la cámara de reacción (18);

generar el hidrógeno y

accionar el cartucho (10) y el receptor (30) en cualquier orientación.

10 **35.** El método según la reivindicación 34 que comprende, además, una etapa que consiste en poner bajo presión la cámara de reacción en el cartucho antes de introducir el cartucho en el receptor.

15 **36.** El método según la reivindicación 35, en donde la etapa de abrir la válvula comprende una etapa de reducir la presión en la cámara de reacción.

20 **37.** El método según la reivindicación 34 que comprende, además, una etapa de cierre de la válvula, en donde el cierre de la válvula comprende la represurización de la cámara de reacción, en donde la cámara de reacción represurizada tiene una presión superior a la presión en el depósito en un valor predeterminado.

38. El método según la reivindicación 34 que comprende, además, las etapas de evacuación del hidrógeno y la introducción del hidrógeno en un dispositivo que demanda el hidrógeno.

25 **39.** El método según la reivindicación 34 que comprende, además, una etapa de poner el depósito bajo presión.

40. El método según la reivindicación 34 que comprende, además, una etapa de proporcionar un ácido en el depósito o en la cámara de reacción.

30 **41.** El método según la reivindicación 34 que comprende, además, una etapa de proporcionar un segundo reactante en la cámara de reacción.

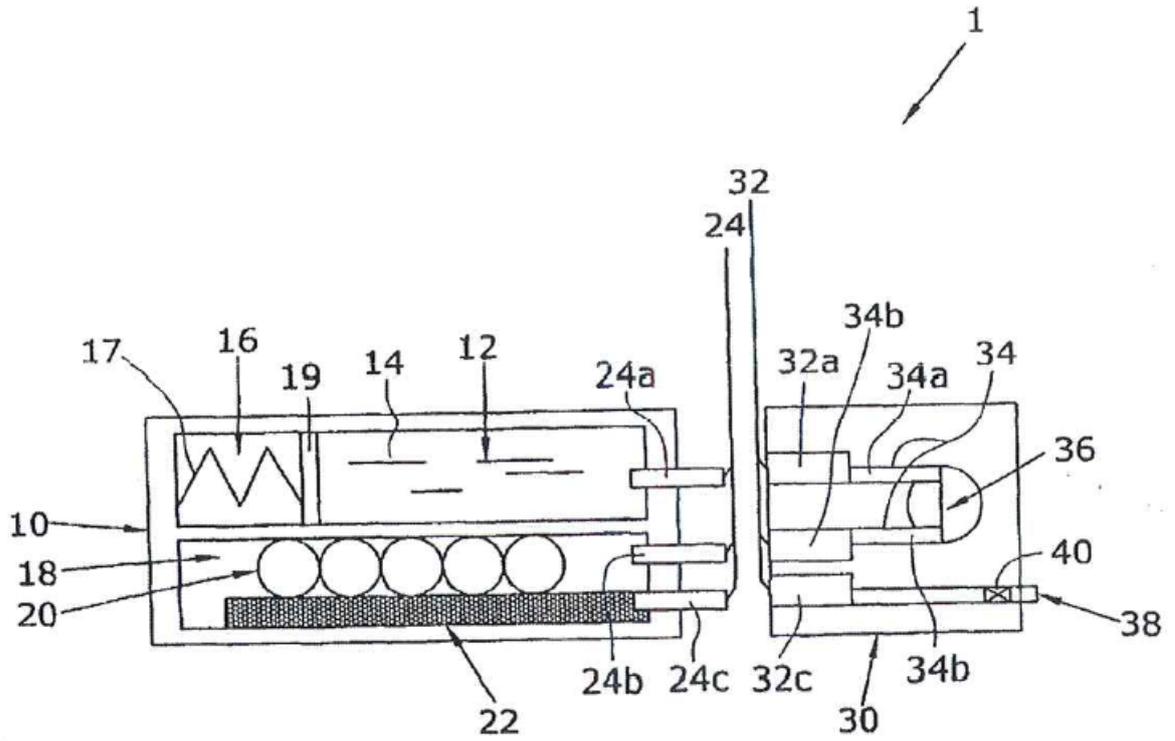


Fig. 1