

Celdas de combustible de hidrógeno: Energía limpia para el uso en el transporte público de México

Gabriel Luna-Sandoval, Instituto Politécnico Nacional - Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, gabriel.luna@cesues.edu.mx, México.

Guillermo Urriolagoitia-Calderón, Instituto Politécnico Nacional, urrio332@hotmail.com, México.

Luis Héctor Hernández-Gómez, Instituto Politécnico Nacional, luishector56@hotmail.com, México.

Eusebio Jiménez-López, Universidad Tecnológica del Sur de Sonora - Parque SonoraSOFT-IIMM, ejimenezl@msn.com, México.

Guillermo Urriolagoitia-Sosa, Instituto Politécnico Nacional, guiurri@hotmail.com, México.

RESUMEN

Este artículo presenta resultados del diseño y construcción de una celda de combustible de hidrógeno para ser usado en autobuses del transporte público de la ciudad de México, indispensable por la inminente crisis energética a la que el mundo entero está sumergido. La primera celda de combustible de hidrógeno diseñada y fabricada en México especialmente para vehículos del transporte colectivo. Se definen los principios básicos de diseño y fabricación, así mismo, los programas computacionales utilizados para su modelado y análisis estructural para optimizar el material y elevar la eficiencia de la celda antes de fabricar el prototipo. Esta investigación pretende fomentar a todos los países de Latinoamérica y del resto del mundo para que implementen este tipo de tecnologías limpias para producir energía.

Palabras claves: Energía limpia, hidrógeno, celdas de combustible.

ABSTRACT

This article presents the results of design and manufacturing of a hydrogen fuel cell for use on public transport buses in Mexico City, essential for the imminent energy crisis that the world is submerged. The first hydrogen fuel cell designed and built in Mexico specifically for collective transport vehicles. It defines the basic principles of design and manufacturing, also, the computer programs used for modeling and structural analysis to optimize the material and increase the efficiency of the cell before manufacturing the prototype. This research aims to encourage all countries in Latin America and around the world to implement this type of clean technologies for energy production.

Keywords: Clean energy, hydrogen, fuel cells.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Politécnico Nacional ha tomado el reto de diseñar y construir la celda de combustible de hidrógeno para ser usada en el transporte público de la ciudad de México.

Algunos prototipos en el mundo están actualmente en la fase de pruebas y serán comercializados en la primera mitad de este siglo.

La operación básica de las celdas de combustible de hidrógeno es extremadamente simple. La primera demostración de una celda de combustible fue por el abogado y científico William Grove en 1839, usando un experimento a lo largo de las líneas que se muestran en la Figura 1a y 1b. En la Figura 1a, el agua es electrolizada en hidrógeno y oxígeno al pasar una corriente eléctrica a través de ella. En la Figura 1b, la unidad de energía se reemplaza por un amperímetro y una corriente pequeña fluye. La electrolisis es reversible – el hidrógeno (H₂) y oxígeno (O₂) son recombinados, y una corriente eléctrica es producida.

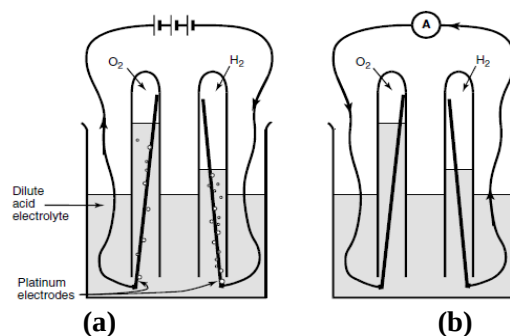


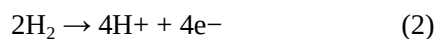
Figura 1. (a) La electrolisis del agua. El agua es separada en hidrógeno y oxígeno al paso de una corriente eléctrica. (b) Una pequeña corriente fluye. El hidrógeno y el oxígeno son recombinados.

Otra manera de decirlo es que el combustible de hidrógeno es consumido en una simple reacción química, obteniendo agua (H₂O)

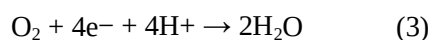


Entonces para entender como la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno produce una corriente eléctrica y de donde vienen los electrones, necesitamos las reacciones por separado de cada electrodo. Estos detalles importantes varían según el tipo de celda de combustible pero si empezamos con una celda basada en ácido electrolítico, la cual uso Grove, se puede empezar con el tipo más simple y más común.

En el ánodo de una celda de ácido electrolítico, el gas de hidrógeno se ioniza y libera electrones y crea iones H⁺ (o protones).



Esta reacción libera energía. En el cátodo, el oxígeno reacciona con el electrón que toma del electrodo y los iones H⁺ del electrolito para formar agua.



Claramente para ambos, estas reacciones son procesos continuos, los electrones producidos en el ánodo pasan a través de un circuito eléctrico hacia el cátodo. Así mismo, los iones H⁺ deben pasar a través del electrolito. Un ácido es un fluido con iones H⁺ libres y por lo tanto sirve a este propósito muy bien.

Ciertos polímeros pueden también ser hechos para contener iones H⁺ móviles. Estos materiales son llamados membranas intercambiadoras de protón, como el ion H⁺ es también un protón.

Las celdas de combustible podrían reducir dramáticamente la contaminación del aire cuando se tenga una población significativa de vehículos usando esta tecnología. Se podría hablar del incremento de eficiencia en donde la energía es usada y un nuevo mercado demandara nuevos trabajos especializados en este campo.

En este siglo la economía del hidrógeno será parte de los países y este elemento será usado para producir gran porcentaje de energía eléctrica residencial, así como, para el uso en el transporte.

Países industrializados gastan millones de dólares en investigación y desarrollo de celdas de combustible; esta tecnología en 1839, cuando William Grove desarrollo la primera celda de combustible era un sueño. Hoy en día no se considera un sueño sino como una buena solución para satisfacer parte de la demanda energética y ambiental del futuro, no muy lejano.

Las celdas de combustible han sido identificadas y situadas particularmente para aplicaciones móviles por el alto poder energético y baja temperatura de operación que lleva consigo el foco de la investigación es la celda de combustible con la visión de incorporar las celdas de combustible de hidrógeno en vehículos eléctricos y aplicaciones de energía portátil. Para el uso efectivo de las celdas de combustible se requiere un extenso grupo de trabajo ingenieril.

México, como país en desarrollo, presenta uno de los crecimientos en demanda de energía eléctrica más altos del orbe con valores de 5.8 a 6% anual. Las estrategias energéticas actuales requieren un mejor uso de combustibles (tecnologías más eficientes). Las políticas ambientales cada vez más estrictas en todo el planeta exigen pronta solución a los problemas de contaminación y demandan niveles de emisiones cada vez más bajos.

La inestabilidad de los precios del petróleo está forzando a países como el nuestro a estimular una economía menos dependiente de este energético, mientras que, a su vez, países compradores del petróleo ven en las celdas de combustible una solución a la búsqueda de independencia energética a corto y mediano plazos.

Por ejemplo, el Departamento de Energía de los Estados Unidos proyecta que si 10% de los autos de ese país usaran celdas de combustible, se reducirían unos 800 mil barriles diarios de las importaciones de petróleo – alrededor de 13% del total que ese país importa–. Teniendo en cuenta que en 1998 México exportó cerca de 1.4 millones de barriles diariamente y considerando un precio de 20 dólares por barril (en el 2011 arriba de los 80 dólares), el uso de celdas de combustibles en Estados Unidos implicaría que nuestro país estaría perdiendo 28 millones de dólares diarios. México tiene a los Estados Unidos como su principal comprador del hidrocarburo, el cual destina millones de dólares anuales en la tecnología de celdas de combustible buscando tanto su independencia energética como, obviamente, conservar su liderazgo tecnológico.

Las reservas oficiales mexicanas de petróleo son de alrededor de 24 mil millones de barriles, esto es, petróleo para 32.8 años y se podría duplicar su duración al emplear una tecnología como las celdas de combustible al disminuir el consumo nacional actual de casi dos millones de barriles diarios reportado para 1998, en la generación de energía eléctrica, así como en nuestros autos e industria (si se considera que estos son los sectores principales de consumo del hidrocarburo). Por otra parte, el uso más eficiente de gas natural puede ayudar a reducir las importaciones del mismo (que se proyecta aumentarán para el 2003 cuando México reduzca sus impuestos actuales de 4% sobre dicho energético).

En relación con los beneficios ambientales y por lo tanto de salud, en Estados Unidos se proyecta que si tan sólo 10% de los autos de ese país fueran movidos por celdas de combustibles, se reduciría un millón de toneladas al año de contaminantes, y 60 millones de toneladas de dióxido de carbono (uno de los gases causantes del efecto invernadero) serían completamente eliminados. Nuestro país tiene en urbes como la ciudad de México la mayor concentración de autos movidos por motores de combustión interna, y todo indica que la quema de combustibles como la gasolina seguirá en aumento, al igual que las concentraciones de emisiones. Así, programas como el de “no circula” tendrán que ir en aumento al mismo tiempo que el número de vehículos se incremente.

2. DESARROLLO

El diseño y construcción de una celda de combustible se muestra en la Figura 2. Se muestran los detalles de cada parte de la celda diseñada y construida durante este estudio.

La función principal es mostrar la estructura básica de ensamble de una celda de combustible. Basado para ser acomodado en el intercambiador de calor, responsable de mantener a la celda de combustible en una operación propia de temperatura (entre 30 y 100°C).

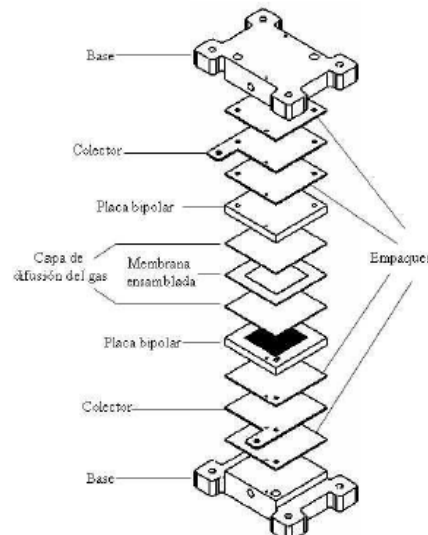


Figura 2. Diseño y construcción de una celda de combustible de membrana intercambiadora de protones.

Las bases son construidas de aluminio 6061. Este tipo de aluminio se caracteriza por sus buenas propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión para el maquinado.

Los platos colectores son los responsables de conducir los electrones generados en la celda de combustible hacia el almacenamiento de carga. Los platos son construidos de cobre. Estos están cubiertos por una capa de oro y níquel con el afán de incrementar la conductividad eléctrica.

3. RESULTADOS

Aunque se está promoviendo el uso de gas natural en vehículos automotores, la próxima entrada de autos movidos por celdas de combustible podría desplazar a los primeros, al ofrecer mejor rendimiento en el combustible por la alta eficiencia de las celdas. El impulso del uso de gas natural en México no sólo en vehículos sino en la generación de energía eléctrica y como combustible en la industria, podrá obtener un mejor beneficio al alargar las reservas de este gas mediante su eficiente aprovechamiento en las celdas de combustible.

Finalmente, el empleo del hidrógeno directamente en las celdas de combustible aún presenta retos relacionados con la generación de este gas y con su almacenamiento; sin embargo, las celdas de combustible, además de ofrecer el medio para generar electricidad con cero emisiones contaminantes a futuro, hoy en día permiten tener a nuestra disposición una alternativa altamente flexible que puede adecuarse a prácticamente cualquier necesidad energética a corto, mediano y, desde luego, largo plazos.

La celda de combustible diseñada y construida para el transporte público de la ciudad de México transforma el agua en hidrógeno y este a su vez se usará como combustible en el motor del autobús, a diferencia que en otros

países el hidrógeno se almacena en un tanque bajo presión, esta será la gran diferencia a otros países; ya que almacenar hidrógeno en tanques bajo presión es peligroso por ser un gas altamente inflamable.

El primer prototipo se muestra en la figura 3, está bajo el proceso de: pruebas de análisis de elemento finito, energía generada, temperatura, y presión con instrumentos especializados. No importando la condición geográfica del país, la celda de combustible puede ser usada en cualquier parte del mundo. Los beneficios descritos a lo largo de este trabajo son claramente aplicables en cualquier parte del mundo.

Utilizando un software CAD (AutoCAD) para modelar sus geometrías y un software MEF (ANSYS) para analizar su estructura.

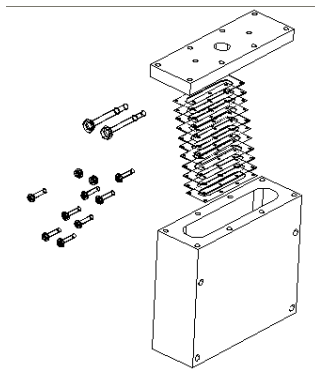


Figura 3. Celda de combustible de hidrógeno diseñada y construida en México.

4. CONCLUSIONES

Con varios tipos de celdas de combustible que existen el mercado, el Instituto Politécnico Nacional está diseñando un nuevo tipo de planta de energía de hidrógeno para el uso en el transporte público de la ciudad de México, diferente a las usadas en los transportes públicos de otras partes del mundo.

Este artículo informa sobre una nueva solución para aplicar celdas de combustible de hidrógeno para la generación de energía eléctrica y usarlas en el transporte público o un sistema de transporte más limpio, motores más eficientes que los convencionales de combustión interna y posibilidad de recorrer más distancia sin repostar. Utilizando orina en la electrolisis en lugar del agua, ya que pruebas de laboratorio demuestran tener una mejor separación de sus moléculas y obtener hidrógeno.

La celda de combustible esta en experimentación con otras mezclas de fluidos con agua y otros elementos de reacción para dar mayor eficiencia al proceso electroquímico en la celda, dando como resultado mayor producción de hidrógeno.

En lo que respecta a la economía y medio ambiente, ambos beneficiaran directamente al usuario y población en general, gracias a la utilización de estas energías limpias.

REFERENCIAS

J. Larminie, "Fuel Cell Systems Explained", 2nd ed., Ed. John Wiley & Sons Ltd, 2003, pp. 1–14.

- J. Tibaquirá , D. Posner, "Diseño y construcción de una celda de combustible tipo membrana de intercambio protónico", Scientia et Technica, Año XV, No 42, Agosto de 2009. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701 75.
- V. Mehta, J. Cooper. "Review and analysis of PEM fuel cell design and manufacturing", Journal of Power Sources.
- J. Barranco, A.R. Pierna, "Bifunctional amorphous alloys more tolerant to carbon monoxide". Journal of Power Sources, Volume 169, Issue 1, 10 June 2007, Pages 71-76.
- US Fuel Cell Council et al. (2006). 2006 Worldwide Fuel Cell Industry Survey. Available: www.usfcc.com/download_a_file/download_a_file/Nov27-PGWG-2006WorldwideFuelCellIndustrySurvey-06-209.pdf
- Geiger, Stefan y Cropper, Mark. Fuel Cell Market Survey: Small Stationary Applications. Fuel Cell Today, 30 de Julio, 2003. Available: www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/FCTFiles/FCTArticleFiles/Article_640_SmallStatSurvey0703.pdf
- U. Cano. "Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica", Boletín IIE.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.