

DESARROLLO DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE TIPO PEM ALIMENTADA CON OXÍGENO DEL AIRE E HIDRÓGENO PARCIALMENTE PURIFICADO

Dr. Gerardo Vázquez-Huerta¹, Dr. María Elena Hernández-Rojas¹, Dr. José Ángel Dávila-Gómez¹, 
Dr. Omar Solorza-Feria²

gvh@correo.azc.uam.mx

¹Área de Tecnologías Sustentables, Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco, México,

²Departamento de Química, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, México

● Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de una celda de combustible con membrana de intercambio de protones (PEMFC) alimentada con oxígeno del aire y una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono. Con este fin se propone la utilización de catalizadores nanoestructurados tipo núcleo-coraza (core-shell) soportados en carbón Vulcan XC-72R, donde el núcleo es un metal noble (Au), mientras que la coraza es de Pt.

Palabras clave: celdas de combustible tipo PEM, catalizador nanoestructurado, hidrógeno contaminado.

● Abstract

In this work the design of a polymer electrolyte membrane fuel cell (PEMFC) fed with oxygen from air and a mix of hydrogen and carbon monoxide is presented. With this aim, the use of nanostructured core/shell type electrocatalysts supported in carbon Vulcan XC-72R is proposed, where the core is a noble metal (Au) while the shell is Pt.

Keywords: PEM fuel cell, nanostructured catalyst, poisoned hydrogen.

● Introducción

El desarrollo de sistemas productores de energía es un campo de investigación que ha adquirido gran relevancia debido, entre otras, a la necesidad de cubrir la demanda energética de equipos electrónicos móviles y portátiles con bajo o nulo impacto ambiental. Las celdas de combustible con membrana de intercambio de protones (PEMFC) son una alternativa, ya que en ellas se produce energía eléctrica sin emisión de contaminantes.

El principio de operación de una PEMFC se fundamenta en la combinación química del H₂ y el O₂; la reacción química genera como productos electricidad, calor y H₂O químicamente pura; en el lado anódico de la PEMFC tiene lugar la reacción de oxidación de hidrógeno (ROH), generando protones y electrones; los electrones viajan por un circuito

externo para producir trabajo eléctrico, mientras que los protones pasan a través de la membrana de intercambio de protones hacia el compartimiento catódico; en el cátodo, los protones y electrones se combinan con el oxígeno produciendo agua /1/.

El Pt es el mejor catalizador encontrado a la fecha, sin embargo, es muy susceptible a contaminantes como el CO y es muy caro debido a su escasez /1/. Una manera efectiva de disminuir el costo de las PEMFC es reduciendo la cantidad de Pt sin comprometer el desempeño de la celda. Esto puede lograrse utilizando catalizadores nanoparticulados que incrementan la relación superficie vs volumen.

Trabajos recientes de investigación presentan la elaboración de nanopartículas de catalizador, con una estructura núcleo-coraza (*core-shell*), donde el núcleo generalmente es un metal noble o de transición,

mientras que la coraza es generalmente de Pt /2/. El enriquecimiento de Pt en la superficie de la partícula permite posicionar el Pt donde se necesita, mientras que el interior de la partícula esta formado de un material más barato.

Las PEMFC comerciales actuales requieren H_2 de alta pureza; la purificación del hidrógeno es costosa y genera contaminación indeseable en algunos casos. En este trabajo se presenta el diseño de una celda de combustible con membrana de intercambio de protones (PEMFC) alimentada con oxígeno del aire en el cátodo y una mezcla de hidrógeno (combustible), y monóxido de carbono (contaminante), en el compartimiento anódico. Con este fin se propone la utilización de catalizadores nanoestructurados tipo núcleo-coraza (core-shell) soportados en carbón Vulcan XC-72R, donde el núcleo es un metal noble (Au), mientras que la coraza es de Pt.

● Métodos experimentales

Las partículas nanoestructuradas soportadas en carbón Vulcan XC-72R (Au@Pt/C) pueden ser

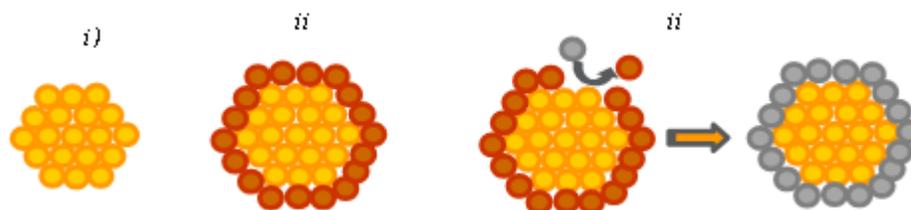


Fig. 1 Esquema de la metodología empleada para producir las partículas nanoestructuradas de Au@Pt/C: *i)* Partículas de Au obtenidas por reducción química. *ii)* Depósito de Cu a subpotencial sobre los núcleos de Au. *iii)* Desplazamiento galvánico del Cu por átomos de Pt.

Las partículas núcleo-coraza (Au/Pt) soportadas en carbón Vulcan XC-72R y pueden ser utilizadas como catalizador tanto en el lado anódico como en el catódico. El desempeño de la celda se evaluará con técnicas electroquímicas, tales como curvas de polarización y espectroscopia de impedancia electroquímica, mientras que la morfología y estructura de los catalizadores se analizará con difracción de rayos X (XRD) y microscopía de transmisión electrónica (SEM).

La celda de combustible con membrana de intercambio de protones (PEMFC) alimentada con oxígeno del aire e hidrógeno parcialmente purificado se muestra en la figura 2. El hidrógeno que alimentará a la celda de combustible se contaminará artificialmente con CO en diferentes porcentajes;

obtenidas mediante el siguiente procedimiento: *i)* El núcleo de Au se obtiene por reducción química, utilizando $AuCl_3$ (Aldrich 99 % pureza) y $NaBH_4$, (Aldrich, 98 % pureza), en tetrahidrofurano, a temperatura ambiente /3/. *ii)*

Con este método ha sido posible obtener partículas de Au con un tamaño de ~ 12 nm /3/. *ii)* A las partículas obtenidas de Au se les realiza un electrodepósito de Cu a subpotencial; el Cu proviene de una solución de Cu^{2+} , y se depositan utilizando voltamperometría lineal /2/. *iii)* Posteriormente las nanopartículas se sumergen en una solución de $PtCl_6^{2-}$, el Cu que recubre las partículas de Au es sustituido por átomos de Pt por desplazamiento galvánico /2/. *iv)* Por último, las partículas Au@Pt (tipo núcleo-coraza) son soportadas en carbón Vulcan XC-72R al 20 % en peso. La figura 1 muestra, de manera esquemática, el procedimiento de obtención del Au@Pt/C.

más adelante, también, se realizarán pruebas con hidrógeno producido en un reactor de fermentación anaerobia acoplado a una celda microbiana /4/. Una vez ahí, se hará reaccionar el hidrógeno contaminado sobre el catalizador nanoparticulado (Au@Pt/C). La reacción de reducción de oxígeno, en el cátodo, se llevará a cabo utilizando un catalizador Au@Pt/C.

● Discusión

La actividad electrocatalítica del Pt en materiales tipo núcleo-coraza (M@Pt) es afectada por el metal (M) que se utiliza como núcleo. La actividad del Pt se modifica debido al estrés provocado por la diferencia en el parámetro de red del cristal entre M y el Pt. El estrés puede ser debido a la compresión ó tensión de los átomos de

Pt depositados sobre M. En el caso de Au@Pt el estrés se debe a la tensión /5/ y desplaza el centro de

la banda d, la cual es uno de los principales factores que determinan la actividad del catalizador /6/.

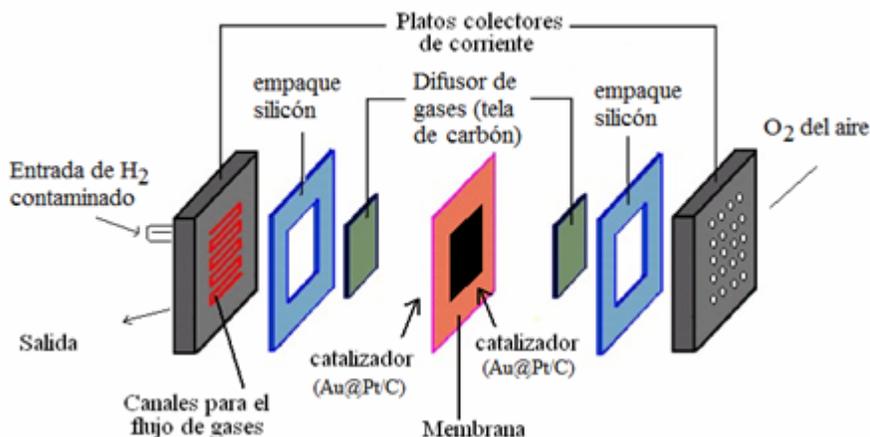


Fig. 2 Esquema de la celda de combustible tipo PEM alimentada con H₂ parcialmente purificado y oxígeno del aire.

Esta propiedad puede utilizarse en la generación de catalizadores anódicos selectivos para la reacción de oxidación de H₂ en presencia de contaminantes como el CO (el CO fácilmente puede envenenar a las nanopartículas de Pt). La modificación del parámetro de red en el caso de Au@Pt parece disminuir de manera notoria la fuerza con la que se adsorbe el CO, liberando los sitios activos del catalizador.



Conclusiones

En este trabajo se presenta el diseño de una celda de combustible con membrana de intercambio de protones alimentada con H₂ parcialmente purificado (contaminado con CO) y O₂ del aire. Se espera que el catalizador nanoestructurado Au@Pt/C, utilizado en el compartimiento anódico para la reacción de oxidación de hidrógeno, permitirá aumentar la vida útil del catalizador en presencia de CO. En el compartimiento catódico también se utilizará

Au@Pt/C debido a que este material es un excelente catalizador de la reacción de reducción de oxígeno.



Bibliografía

1. M. Gattrell, B. MacDougall, Handbook of Fuel Cells – Fundamentals, Technology and Applications, vol. 2, John Wiley and Sons, England, 2003 (Chapters 30–31).
2. J. Zhang, F. H. B. Lima, M. H. Shao, et. al «Platinum Monolayer on Nonnoble Metal» Noble Metal Core» Shell Nanoparticle Electrocatalysts for O₂ Reduction» J. Phys. Chem. B., 109/48: 22701-22704 (2005).
3. G. Vázquez-Huerta, G. Ramos-Sánchez, A. Rodríguez-Castellanos, et al. «Electrochemical analysis of the kinetics and mechanism of the oxygen reduction reaction on Au nanoparticles» J. Electroanal. Chem. 645/1: 35-40 (2010).
4. Poster: «Fermentación anaerobia para la producción de biohidrógeno en un reactor UASB mediante la ruta del etanol» 20 Conferencia de Química, Santiago de Cuba (2011).
5. R. R. Adzic, J. Zhang, K. Sasaki, et al. «Platinum Monolayer Fuel Cell Electrocatalysts» Top Catal. 46/3-4: 249–262 (2007).
6. B. Hammer, J. K. Nørskov (2000) Advances in catalysis. Academic Press Inc., San Diego, 71–129.