



Encuentro
de Jóvenes
Investigadores

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ELECTRODOS PARA MICRO-CELDAS DE COMBUSTIBLE

Molina, Justo

Instituto de Química Aplicada del Litoral (IQAL, UNL-CONICET)

Director/a: Fernández, José

Área: Ciencias Exactas

Palabras claves: Celdas de combustible, Electroodos difusores de gases, Membranas nanoporosas

INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible de baja temperatura (LTFCS) constituyen uno de los dispositivos de conversión electroquímica de energía que capta mucho interés en la actualidad, aun cuando los avances realizados para llegar a un desarrollo que permita su utilización masiva se están produciendo de manera muy lenta (Barbir, F., 2013. Ketelaar, J.A.A., 1993), teniendo aún un significativo margen de mejoramiento que cubrir para llegar al óptimo teórico. Estos dispositivos tienen limitaciones intrínsecas en varios aspectos, las cuales probablemente establecen el techo de performance de la configuración actual, y deben ser abordadas y replanteadas en vistas de lograr avances cuantitativos en su rendimiento. Uno de estos aspectos limitantes está relacionado con la configuración de los electrodos, la cual fue concebida para adaptarse al formato tipo “membrane-electrode assembly” (MEA) (Liu, C.-Y., Sung C.-C., 2012). Si bien esta configuración de electrodo ha evolucionado mucho desde sus

Título del proyecto: APORTES PARA EL DESARROLLO DE ELECTRODOS DE CELDAS DE COMBUSTIBLE DE BAJA TEMPERATURA

Instrumento: PICT

Año convocatoria: 2020

Organismo financiador: FONCyT

Director/a: Fernández, José Luis





Encuentro de Jóvenes Investigadores

inicios en cuanto a características tales como relación área electroactiva/masa de metal noble, accesibilidad de reactivos, capacidad de evacuación de productos, entre otros, estos parámetros aún pueden ser mejorados sustantivamente, especialmente si se piensa en un diseño que no esté condicionado por la configuración actual de la celda. En este contexto, se plantea como objetivo general abordar un rediseño completo de las LTFCs sobre la base de un concepto relativamente reciente, que es el de “microcelda de combustible” (μ FCs) (Gautier, G., Kouassi, S., 2015. Mora-Hernández, J.M., Alonso-Vante, N., 2018. Tanaka, S., 2013.), el cual va ganando gran aceptación y es llevado a la práctica en base al desarrollo de técnicas de microfabricación. El objetivo tras este concepto es la de obtener arreglos de μ FCs, en los que se conecta un gran número de pequeñas celdas alimentadas individualmente, las que por su espesor y diseño verifican mínimas pérdidas por caída óhmica y transporte de masa. En estos dispositivos, la configuración de los electrodos difusores de gases (EDGs) es un factor crítico, ya que debe garantizar el transporte de reactivos/productos (gaseosos y/o líquidos), iones y electrones (buena conductividad) hacia/desde los sitios activos, y poseer suficiente resistencia mecánica y térmica.

OBJETIVOS

- Abordar el diseño y fabricación de eficientes EDGs basados en membranas nanoporosas aptos para su empleo en arreglos de μ FCs de hidrógeno/oxígeno.
- Evaluar la performance de los EDGs fabricados frente a las reacciones (anódica y catódica) de las μ FCs de hidrógeno/oxígeno.

METODOLOGÍA

La estrategia apunta a utilizar como soporte del electrocatalizador (el cual es Pt depositado por sputtering) membranas nanoporosas de policarbonato (MNPCs) comerciales usualmente empleadas como membranas filtrantes, en la cual los poros podrían funcionar como difusores de gases hacia la superficie del electrocatalizador (configuración (a)) o como tabique poroso contenedor del electrolito (configuración (b)). Para ser más ilustrativo, estos dos tipos de EDGs se esquematizan en las Figs. 1-a y 1-b, respectivamente. En la configuración (a), se debe hacer un tratamiento de silanización a las MNPCs para dotar las superficies de las mismas de propiedades hidrofóbicas. Para ello es necesario primero modificar las mismas con una película de un óxido conductor, más precisamente IrO_x depositado por sputtering, a fin de lograr una mayor eficiencia en el proceso de silanización. También se emplean fieltros de grafito de espesores micrométricos ($300 \mu\text{m}$) para efectuar el contacto eléctrico con la película de Pt desde la sección superior. La adhesión de estos fieltros de grafito sobre la cara hidrofílica de la membrana conteniendo el metal electrocatalizador se logra mediante el uso de una suspensión de carbón Vulcan XC72R en agua conteniendo un 5% de monómero de Nafion.





Encuentro de Jóvenes Investigadores

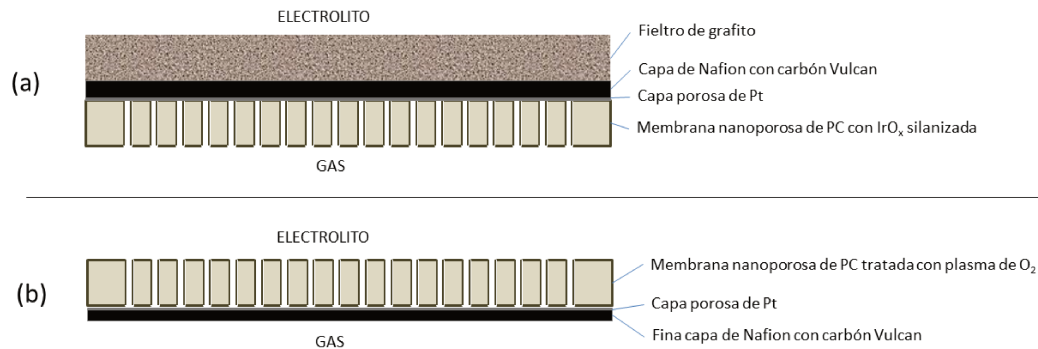


Figura 1: Esquemas de la conformación de las dos configuraciones de EDGs basadas en MNPC

Por otro lado, en la configuración (b) la superficie libre de la MNPC es expuesta al electrolito, con lo cual en realidad sus poros se inundan, de manera que el electrolito alcance el depósito de Pt. Para que este proceso de inundación de los poros sea eficiente se efectúa un tratamiento de la zona expuesta de la membrana con plasma de oxígeno. Este tratamiento causa la degradación de la superficie de la membrana, generando microcavidades adicionales a los poros y permitiendo que el electrolito pueda percolar a través de las mismas. Asimismo, la membrana de Nafion/Vulcan queda expuesta hacia la fase gaseosa, con lo cual hace de barrera impermeable que impide que el electrolito traspase el EDG, permite la difusión del gas hasta la superficie del Pt, y establece el contacto eléctrico del Pt con el colector de corriente y con el electrolito.

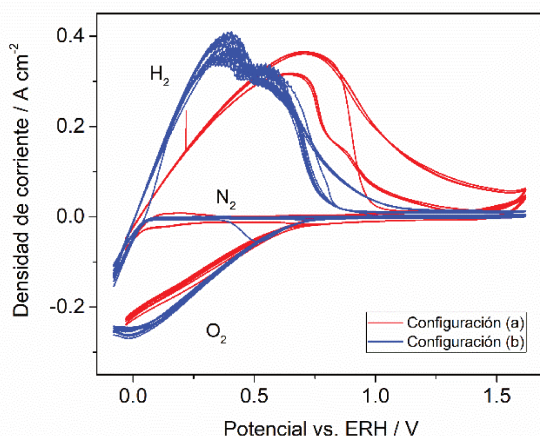


Figura 2: Curvas de polarización de oxidación de H₂ y de reducción de O₂ de EDGs fabricados con MNPCs con configuración (a) (línea roja) y con configuración (b) (línea azul)

La comparación entre ambas configuraciones se resume en la Fig. 2, que muestra las curvas de polarización de estos EDGs para la oxidación de hidrógeno y la reducción de oxígeno. En la respuesta de la configuración (a) (línea roja) puede observarse los altos valores de densidad de corriente (cerca de 0,5 A/cm² para la oxidación de hidrógeno) que permite alcanzar este tipo de EDG, pero también muestra un efecto resistivo que parece ser intrínseco al diseño, ya que no pudo mejorarse por medio de la variación de las proporciones de sus componentes. Según los resultados de la evaluación electroquímica de la configuración (a), este empaquetamiento es suficientemente estable y poroso como para garantizar el



Encuentro de Jóvenes Investigadores

acceso electrolito a todo el material activo, y la conductividad lograda es sustantivamente mayor a la de las membranas sin el fieltro. Por otra parte, en la respuesta de la configuración (b) (línea azul) se comprueba una mejor performance, traducida en una menor resistividad, mayor estabilidad y ligeramente mayores densidades de corriente límite. Dicha configuración resulta sumamente atractiva para emplearla como EDGs en microceldas de combustible.

CONCLUSIONES

Se logró desarrollar EDGs basados en MNPCs que cumplen con las expectativas de conductividad, estabilidad y performance electrocatalítica global (en cuanto a densidades de corriente alcanzables), con configuraciones totalmente novedosas, aptos para su empleo en arreglos de μ FCs de hidrógeno/oxígeno.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Barbir, F., 2013.** PEM Fuel Cell – Theory and Practice, 2^{da} ed. Editorial Elsevier. Amsterdam.
- Gautier, G., Kouassi, S., 2015.** Integration of porous silicon in microfuel cells: a review. Int. J. Energy Res. 39, 1-25.
- Ketelaar, J.A.A., 1993.** Fuel Cell Systems. Blomen, L.J.M.J. y Mugerwa, M.N., Eds. Editorial Plenum Press. New York. C. 1, pp. 19-31.
- Liu, C.-Y., Sung, C.-C., 2012.** A review of the performance and analysis of proton exchange membrane fuel cell membrane electrode assemblies. J. Power Sources 220, 348-353.
- Mora-Hernández, J.M., Alonso-Vante, N., 2018.** Portable Hydrogen Energy Systems - Fuel Cells and Storage Fundamentals and Applications. Ferreira-Aparicio, P., Chaparro, A.M., Eds. Editorial Elsevier. Amsterdam. C. 8, pp. 125-158.
- Tanaka, S., 2013.** Fuel cells and their components based on microsystem technology. WIREs Energy Environ. 2, 350-362.

