

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE PRENSADO Y VARIACIÓN DE LA CARGA DE Pt EN EL ÁNODO EN EL RENDIMIENTO DE ENSAMBLES MEMBRANA-ELECTRODO

Irma Lorena Albarrán S.¹, J. Roberto Flores Hernández¹, Ulises Cano Castillo¹, Felix Loyola²

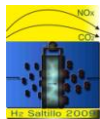
¹IIE. Gerencia de Energías No Convencionales, Av. Reforma 113 Col. Palmira, Cuernavaca, Mor. C.P. 62490

²UNAM. Facultad de Química, Circuito Interior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México D.F. C.P. 04510, México. D.F.

¹Tel. (777)3623811, ext.7395, Fax (777)3623881, ext. 7395, ilas@iie.org.mx

RESUMEN

En la fabricación de los Ensamblados Membrana-Electrodo (MEA's) intervienen diferentes variables que determinan su desempeño, como lo son: cantidad de catalizador, concentración de los diferentes solventes que se emplean en la fabricación de la tinta catalítica, el uso de un proceso termomecánico para incrementar el grado de adherencia entre las capas catalíticas y la membrana, etc. De las variables anteriormente mencionadas, en este trabajo se estudió el efecto de la carga anódica de Pt en el desempeño, así como del proceso termomecánico en la fabricación de MEA's. Es evidente que la carga óptima de Pt debe ser aquella que proporcione un buen rendimiento por un periodo de vida útil aceptable a un costo competitivo. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al variar la carga de Pt en el ánodo entre 1.0 a 0.4 mgPt/cm² manteniendo una carga constante de 1 mgPt/cm² en el cátodo. También se muestra la comparación de las curvas de polarización y las áreas activas obtenidas en MEA's sometidas al prensado y sin prensar durante su fabricación.



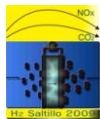
1.- Introducción

Las celdas de combustible, son dispositivos electroquímicos que convierten la energía química en electricidad de forma eficiente sin ningún tipo de contaminación ambiental, siendo las más desarrolladas las membranas polimérica (PEMFC) y las alimentadas con metanol (DMFC). El corazón de una celda de combustible tipo PEM es el Ensamble Membrana-Electrodo (MEA por sus siglas en inglés). La membrana, funciona como electrolito transportador de protones, está constituida por un polímero de ácido perfluorosulfónico hidratado tal como el Nafion[®] que se coloca entre dos electrodos a los que se le incorporan el catalizador. Hoy en día la mayor parte de los desarrollos han sido en dirección a la mejora de los electro-catalizadores, minimizando el contenido de metal noble (Pt) junto con el aumento en la eficiencia por un periodo de vida útil aceptable a un costo competitivo, así como la sustitución del Pt por otro tipo de material alternativo con prestaciones similares en las celdas PEM. En este trabajo se estudió el efecto de la carga anódica de Pt en el desempeño, así como del proceso termomecánico en la fabricación de MEA's.

2.- Condiciones experimentales

Variación de la carga de Pt en el ánodo

La fabricación de los Ensamblados Membrana-Electrodo se llevo a cabo mediante la prepararon de las tintas catalíticas con los siguientes componentes: dispersión de Nafion[®] al 5% (DuPont), como catalizador Pt soportado en carbón Vulcan XC-72 al 20% (E-tek), como disolvente agua desionizada e isopropanol. En las tintas que se utilizaron en el ánodo de cada MEA se varió el contenido de platino en 1.0, 0.7 y 0.4 mgPt/cm². Por otro lado, las tintas utilizadas en el cátodo se prepararon todas con una concentración de platino de 1mg/cm² y similares concentraciones de dispersión de Nafion[®] al 5% y disolventes. Con estas concentraciones de fabricó una serie de tres MEA's. Para mantener el contenido de platino como única variable se fabricaron otras 3 MEA's, donde se adicionó una cantidad proporcional de carbón Vulcan en las tintas utilizadas en el ánodo con menor cantidad de platino para así tener la misma concentración de sólidos. La concentración de dispersión de Nafion[®] al 5% y los disolventes fue la misma en estas tintas. Para la fabricación de los MEA's se utilizó la membrana Nafion[®] NRE-212 de 50µm de espesor. La aplicación de la tinta catalítica se llevó a cabo por la técnica de atomizado y todos los ensambles fueron sometidos a un proceso termomecánico para mejorar la adherencia entre las capas catalíticas y la membrana. La descripción detallada del procedimiento que se utilizó en este trabajo para la fabricación de los MEA's puede consultarse en las referencias^{1, 2}. Los seis ensambles se evaluaron en una celda de comercial ElectroChem de 5cm² de área activa. Las pruebas que se realizaron fueron las siguientes: (i) medición de resistencia, y (ii) curvas de polarización. Empleando la técnica de espectroscopia de impedancia electroquímica se determinó la resistencia



total de la celda, es decir la resistencia iónica y óhmica de todas las partes que componen la calda. El equipo utilizado para las mediciones fue un analizador de frecuencia (FRA-SOLARTRON SI1260). Los procedimientos empleados en cada prueba se encuentran reportados en la referencia³.

Comparación entre una MEA con y sin sometimiento a un proceso termomecánico

Con la finalidad de ver el efecto de someter al MEA a un proceso termomecánico se fabricaron dos MEA's mediante el proceso anteriormente mencionado. El contenido de platino en ambos ensambles fue de $1.2\text{mgPt}/\text{cm}^2$ en el ánodo, mientras que en el cátodo fue de $0.8\text{mgPt}/\text{cm}^2$. Uno de los ensambles (MP4) no fue sometido al proceso termomecánico para mejorar la adherencia entre las capas catalíticas y la membrana, mientras que al otro (MP5) si se le aplicó este proceso. Las pruebas que se realizaron a estos dos MEA's fueron las siguientes: (i) curva de polarización y determinación del área superficial electroquímica.

3.- Resultados y discusión

Valores de resistencia

En la Figura 1 se presentan los valores de resistencia obtenidos al ir variando el torque para cada uno de los seis MEA's fabricados. Se puede observar que en todos los casos a partir de un torque de 20lb-in la variación del valor de la resistencia ya no es muy significativa y que tanto para las concentraciones de platino de 0.4 y $1.0\text{mg}/\text{cm}^2$ los valores mínimos de resistencia alcanzados fueron muy similares. Solamente para la concentración de $0.7\text{mgPt}/\text{cm}^2$ se tuvo un valor de resistencia un poco más alta para la MEA fabricada en la segunda serie con respecto a la primer serie.

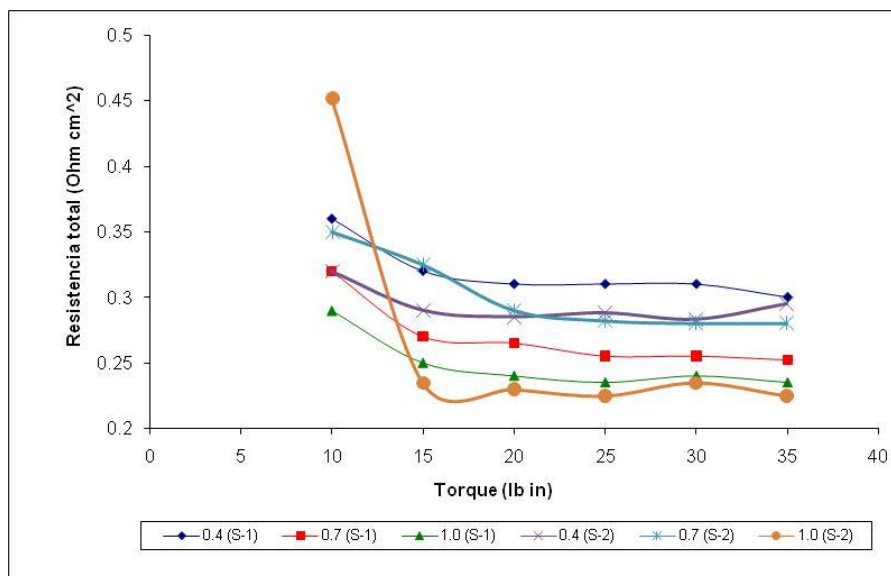


Figura 1. Curvas de resistencias obtenidas para cada uno de los seis MEA's fabricados variando el contenido de platino en el ánodo de 1.0, 0.7 y 0.4mgPt/cm² y manteniendo constante 1 mg Pt/cm² en el cátodo.

Curva de polarización

En la Figura 2 se presentan las curvas de polarización obtenidas en la caracterización de los seis ensambles fabricados. Las curvas que se presentan es el promedio de tres mediciones que se realizaron a cada uno de los MEA's. Se puede observar como las curvas son muy parecidas para los ensambles de la serie 1 y 2 con concentraciones de 0.4 y 0.7mgPt/cm² en el ánodo. Sin embargo, para la concentración de 1mgPt/cm², se obtuvo un mejor rendimiento para el ensamble fabricado en la segunda serie, no obstante que los valores de resistencia obtenidos para los ensambles con esta concentración de platino fueron muy similares. Este menor rendimiento del ensamble fabricado en la primera serie puede ser debido a un defecto de fabricación del ensamble. Para tener una mejor idea de esta diferencia será necesario realizar algunas otras pruebas a ambos MEA's y fabricar un tercero para asegurar una tendencia más clara.

Por otro lado, se puede observar que el mejor rendimiento de los MEA's se obtuvo con una concentración de platino de 0.4mgPt/cm², y el cual fue muy similar al obtenido en la MEA fabricada en la segunda serie con una concentración de platino de 1mgPt/cm². La decisión de que concentración de platino es la más conveniente de utilizar, dependerá principalmente de aquella que mantenga su rendimiento por un periodo de vida más largo.

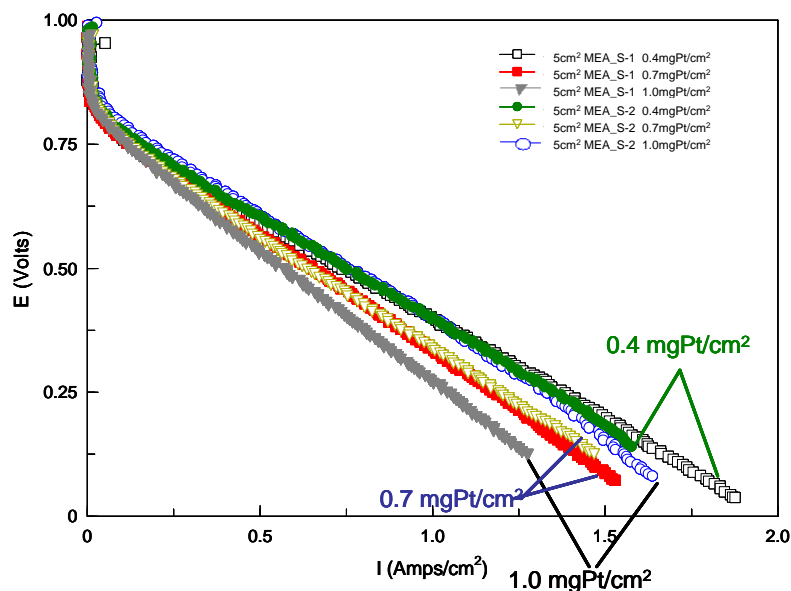


Figura 2. Curvas de polarización variando el contenido de platino en el ánodo de 1.0, 0.7 y 0.4 mgPt/cm², manteniendo constante 1 mgPt/cm² en el cátodo.

Resultados de la comparación entre una MEA con y sin sometimiento a un proceso termomecánico

En la Figura 3 se presenta la comparación de las curvas de polarización obtenidas para un ensamble (MP4) que no fue sometido a un proceso termomecánico durante su proceso de fabricación contra otro ensamble (MP5) que sí fue sometido a este proceso termomecánico. Es importante mencionar que en ambos casos no se prensó el difusor a los ensambles. Como puede verse en la Figura 3, el proceso termomecánico tiene un efecto muy importante en el desempeño del MEA, ya que mejora la unión entre las capas catalíticas y la membrana reduciendo así el valor de la resistencia, además de propiciar una mejor estructura de las capas catalíticas que aumenta considerablemente la eficiencia del MEA.

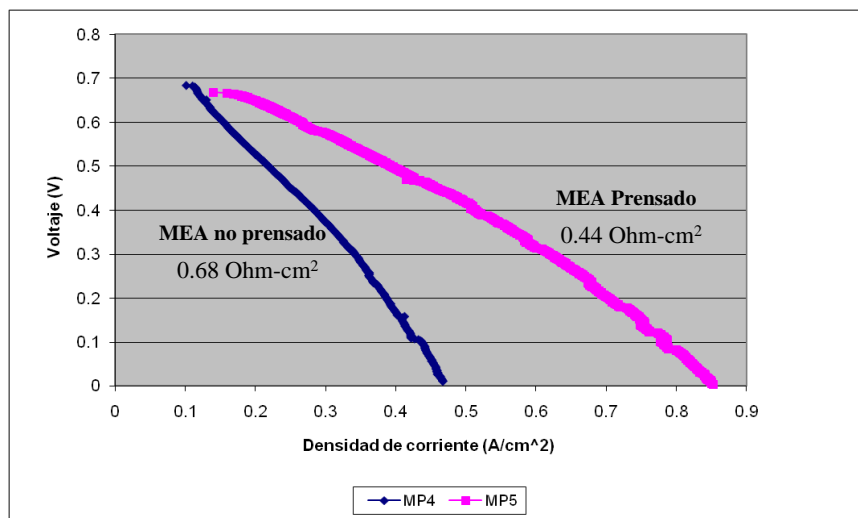


Figura 3. Curvas de Polarización de los ensambles MP4 sin prensar y MP5 prensado.

Comparación del área superficial electroquímica

En la Figura 4, se muestran los resultados obtenidos mediante voltamperometría cíclica a la que fueron sometidos los ensambles MP4 y MP5 sin y con sometimiento del proceso termomecánico. Esta determinación se hizo en una celda comercial ElectroChem de 5 cm² de área activa a una temperatura de 35°C. El ánodo fue drenado con H₂ para ser utilizado como electrodo de referencia y como contra electrodo, mientras que el cátodo (electrodo de trabajo) fue drenado con N₂, la presión absoluta de ambos gases fue de 10psi. Tal como era de esperarse, el ensamble sometido al proceso termomecánico presenta una mayor área superficial electroquímica que el ensamble que no fue sometido a este proceso.

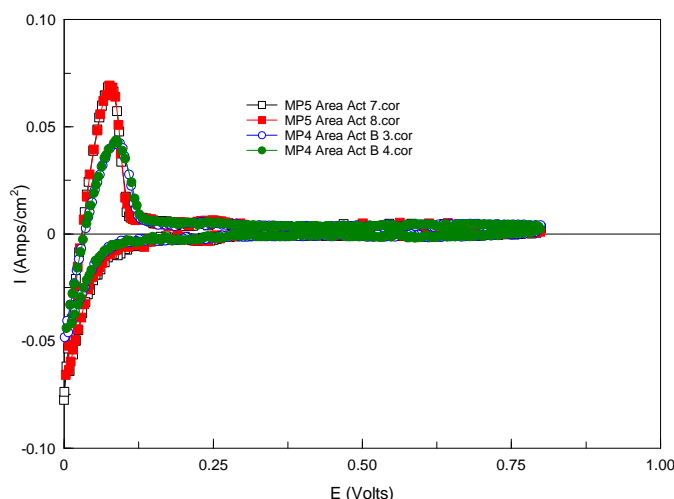


Figura 4. Volatamperogramas obtenidos en una celda comercial de 5cm² de área activa para un ensamble sin prensar (MP4) y otro sometido al prensado (MP5). Las condiciones experimentales fueron: velocidad de barrido de 20mV/s, temperatura de 35°C, y sin flujo de nitrógeno en el cátodo.

4.- Conclusiones

Al parecer diferentes contenidos de platino en el ánodo no influyen de manera considerablemente en el valor de la resistencia óhmica, sin embargo, se encontró que pueden obtenerse rendimientos muy similares cuando se emplean concentraciones de 0.4 y 1.0mgPt/cm² en el ánodo. La decisión de que concentración de platino es la más conveniente de utilizar, dependerá principalmente de aquella que mantenga su rendimiento por un periodo de vida más largo.

Por otro lado, se encontró que el proceso termomecánico es muy importante en el proceso de fabricación de los MEA's, ya que éste proporciona una mejor adherencia entre las capas catalíticas y la membrana reduciendo así el valor de la resistencia, además de propiciar una mejor estructura de las capas catalíticas que aumenta considerablemente la eficiencia del ensamble.

5.- Referencias

- ¹ Albarrán S., J. Roberto Flores H., Nota Técnica IIE/01/14/12491/N001/A1/V1, 2006.
- ² Flores, J. R., Albarrán, I. L., XII Congreso de la Sociedad Mexicana de Electroquímica, 27 de mayo al 1 de Junio, 2007, Hidalgo, México.
- ³ K. R. Cooper, et al. Experimental Methods and Data Analyses for polymer electrolyte Fuel cell. Scribner Associates, Inc. 2005.