

DISEÑO PRELIMINAR DE UNA CELDA COMBUSTIBLE DE HIDRÓGENO

Henry Reyes Pineda^{1*}

^{1*} Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío. Armenia- Colombia

*E-mail: hreyes@uniquindio.edu.co

ÁREA

Conhecimento como aliado às novas Tecnologias para otimização de processos

RESUMO

Mediante un estudio realizado a una celda combustible de hidrógeno se pudo comparar su funcionamiento con la membrana Nafion 117 y sin ella, bajo diferentes condiciones de operación, las cuales permitieron analizar el avance de la reacción con el tiempo del Grado de Conversión, el Rendimiento Eléctrico, la productividad específica, y el Consumo Energético Específico. Las figuras de mérito que se obtienen a partir de estas comparaciones son utilizadas para evaluar el funcionamiento preliminar de la celda combustible de hidrógeno.

Palavras-chave: Celda combustible, Nafion 117, Rendimiento eléctrico.

1 INTRODUÇÃO

Los parámetros claves en el control de una celda combustible son el potencial de electrodo de trabajo y la distribución de corriente, los cuales dependen de muchos factores, entre los que cabe destacar: la transferencia de materia, las condiciones hidrodinámicas y el voltaje total de la celda. Sin embargo, muchas veces es imposible monitorizar estos parámetros principales y hay que recurrir a la medida de otros parámetros como: la intensidad total, (el potencial de electrodo) y el voltaje total de la celda. Así en el control de una celda combustible de hidrógeno (o la operación de una celda PEM) se puede llevar a cabo mediante el control de una de estas tres variables: potencial de electrodo, voltaje total o intensidad total [1,2]. En este trabajo se mostrará el desarrollo y análisis para el diseño preliminar de una celda combustible de hidrógeno, utilizando Membranas Nafion 117, operando tanto a potencial como a intensidad constante.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Las membranas de intercambio iónico separan los iones de un electrolito teniendo en cuenta su polaridad y carga eléctrica [3-5]. Existen algunas desventajas asociadas con el uso de membranas poliméricas como separadores en reactores electroquímicos y celdas combustibles de hidrógeno. El principal inconveniente es que la estabilidad química y térmica de las membranas poliméricas no es siempre la adecuada, especialmente en medios fuertemente ácidos. Otro problema habitual que afecta a la durabilidad de las membranas de intercambio iónico es el “fouling” (ensuciamiento) [6,7]. Este

fenómeno se debe a la presencia de moléculas orgánicas voluminosas, como impurezas, que se introducen en la matriz del separador causando un aumento de su resistencia y una disminución en su selectividad. Es por ello que lo más adecuado en este tipo de celdas es utilizar otro tipo de membrana, especialmente la Nafion 117 [8, 9].

3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para evaluar el comportamiento de la celda combustible de hidrógeno (PEM), se utilizaron cuatro electrodos de acero, previamente activados en ácido sulfúrico 1 M y una membrana Nafion 117; se determinó el grado de conversión X, el rendimiento eléctrico, la productividad específica y el Consumo Energético Específico, Es [3, 10].

Para este tipo de procesos, en donde reacciona el agua para generar hidrógeno, mediante una electrólisis, se trabajó mediante técnica potencioestática (Potencial constante) y galvanostática (Intensidad constante); donde se realizó una curva de Densidad de corriente para determinar los parámetros de potencial e intensidad seleccionados, los cuales se encuentran dentro del rango recomendado por la Ingeniería Electroquímica [4].

Para la electrólisis se utilizaron diferentes geometrías de la celda combustible, siendo la forma cilíndrica, mostrada en la Figura 1, la más adecuada, por su fácil manipulación.



Figura 1. Celda Combustible con Membrana Nafion 117

Se empleó agua desionizada, a la cual se le adicionaron 0,2 g de KOH como catalizador [1]. El volumen total de la celda es de 1.3 L, observándose que durante el proceso se gastaron entre 8 y 10ml de agua desionizada.

Antes de comenzar las ensayos en la celda combustible, los ánodos de acero se tratan con una solución de H_2SO_4 1 M durante 72 horas con el fin de obtener una película de óxidos de plomo y estaño, fundamentalmente PbO_2 sobre la superficie del electrodo, que son buenos conductores de la corriente eléctrica y protegen al electrodo de la corrosión [5].

En la figura 2 se observa el electrodo de acero empleado en la celda combustible.

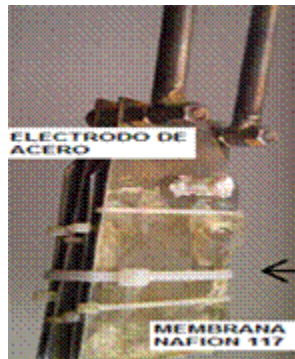


Figura 1. Electrodo de acero y membrana Nafion 117

El ánodo de acero tiene un área aproximada de $7,9 \text{ cm}^2$ y el cátodo está conformado por cuatro placas cuadradas de acero cada una con un área aproximada de 79 cm^2 . Posteriormente éste cátodo es recubierto con la membrana Nafion 117 con área de 40 cm^2 .

Los electrodos se conectan a una fuente de alimentación, se llevaron a cabo ensayos a diferencia de potencial constante de 3,5 y 7,0 V y a intensidad constante de 1,5 y 3,0 A. Cuando se trabaja a diferencia de potencial constante se sigue la evolución de la intensidad con el tiempo, utilizando un amperímetro, mientras que cuando se trabaja a intensidad constante se sigue la evolución de la diferencia de potencial con el tiempo; cada quince minutos se toman muestras para determinar la variación de la concentración y el cambio en el volumen del agua en la celda combustible.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 3 muestra la evolución de la densidad de corriente para la celda combustible de hidrógeno sin la membrana Nafion 117 operando a los potenciales de trabajo de 3,5 y 7,0.

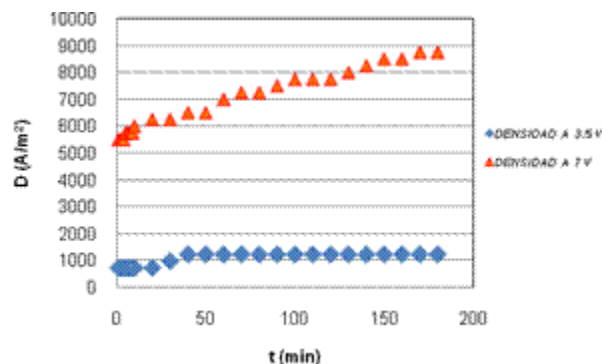


Figura 3. Curva de densidad de corriente sin membrana

El aumento inicial de la intensidad con el tiempo se debe a la activación de la superficie de los electrodos de acero que están recubiertos de una capa de óxido conductor de la corriente eléctrica producto de la etapa de tratamiento [5]. Una vez el electrodo se ha activado, cuando se opera a 3,5 V, la intensidad permanece prácticamente constante, debido a que para este voltaje de trabajo, la oxidación

del agua es más lenta que a 7,0 V. Sin embargo cuando se trabaja a potencial de trabajo de 7,0 V, el agua se oxida más rápidamente, pudiendo llegar a agotarse, lo cual puede hacer que aparezcan sobretensiones de concentración que serían las responsables de que la intensidad permanezca constante con el tiempo para el menor voltaje de trabajo. En ambos casos cabe esperar que la resistencia de los distintos componentes de la celda combustible permanezca constante debido a la conductividad de la solución como consecuencia del exceso de KOH (catalizador) presente.

Por lo anterior, se seleccionó como potencial de operación 3,5 V utilizando la celda combustible de hidrógeno con y sin membrana Nafion 117, ya que presenta densidades de corriente más bajas y son las recomendadas en este tipo de procesos.

5 CONCLUSIONES

La utilización de otros tipos de membranas, tanto catiónicas como aniónicas, presentan desventajas comparativas, debido al elevado costo, mientras que las membranas poliméricas Nafion 117 presentan excelentes rendimientos, con un bajo consumo específico de energía.

La generación de hidrógeno es abundante, comprobándose que en un tiempo determinado, el consumo de agua desionizada empleada en este tipo de electrólisis es muy pequeño, tal como pudo determinarse con este tipo de configuración en la que sólo se gastaron de 8 a 10 ml.

Para cualquiera de las dos celdas combustibles con y sin membrana Nafion 117, al potencial de trabajo de 3,5 V, el grado de conversión aumenta de forma exponencial, mientras que el rendimiento alcanzado es elevado al inicio del proceso, disminuyendo hasta valores cercanos al 54% para la celda que presenta la membrana Nafion 117.

La productividad es elevada al comienzo de la electrólisis, disminuyendo con el tiempo hasta valores bajos pero representativos para éste tipo de celdas, siendo mayor en todo momento cuando se trabaja con la celda combustible que contiene la membrana Nafion 117.

La energía específica consumida es elevada al inicio del proceso, pero posteriormente disminuye de forma considerable, siendo menor para la celda combustible que contiene la membrana Nafion 117 ya que la activación del electrodo es más rápida que cuando se trabaja con la celda combustible que no presenta membrana Nafion 117.

6 REFERÊNCIAS

1. REYES H. Tesis Doctoral UPV (2007). Título Tesis: Estudio De La Recuperación De Cromo Hexavalente Mediante Un Reactor Electroquímico De Compartimentos Separados Por Separadores Cerámicos.
2. BAZAN, J. C. AND BISANG, J. M.; Electrochemical Removal of Tin from Dilute Aqueous Sulfate Solutions using a Rotating Cylinder Electrode of Expanded Metal. *Journal of Applied Electrochemistry*, 34 pp 501-506, 2004.
3. MANDICH, N. V., LI, C. C., SELMAN, J. R.; Controlling factors affecting the stability and rate of electroless copper plating *Plating and surface Finishing*. 84 pp. 82-90, (1997)

4. PÉREZ-HERRANZ, V., GUIÑÓN, J. L. AND GARCÍA-ANTÓN, J.; “Ingeniería Electroquímica”. Ed. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (1997).
5. REYES H., PÉREZ HERRANZ V. Aplicación de la Química Industrial en Reactores Electroquímicos de Compartimentos Separados. *Entre Ciencia e Ingeniería*. 9 – 20, 8 (2010).
6. GARCÍA-GABALDÓN, M., PÉREZ-HERRANZ, V., GARCÍA-ANTÓN, J., AND GUIÑÓN, J. L.; Electrochemical recovery of tin and palladium from the activating solutions of the electroless plating of polymers: Potentiostatic operation Separation and purification *Technology*, pp. 183 -191 (2005).
7. C. PONCE DE LEÓN, A. FRÍAS-FERRER, J. GONZÁLEZ-GARCÍA, D.A. SZÁNTÓ, F.C. WALSH, Redox flow cells for energy conversion. *Journal of Power Sources*, 160, 716 (2006).
8. DONGYANG CHEN, SHUANJIN WANG, MIN XIAO, YUEZHONG MENG. Sulfonated poly (fluorenyl ether ketone) membrane with embedded silica rich layer and enhanced proton selectivity for vanadium redox flow battery. *Journal of Power Sources*, 195, 2098, (2010).
9. BOUDGHENE STAMBOULI A, TRAVERSA E. Fuel cells, an alternative to standard sources of energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; 6(3): 295–304 (2002)
10. LIUD, CASE S. Durability study of proton Exchange membrane fuel cells under dynamic testing conditions with cyclic current profile. *Journal of Power Sources*; 162(1):521–31 (2006)