

ANÁLISIS DE UN NOVEDOSO SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA: BATERÍAS REDOX DE FLUJO

Gallardo Gutiérrez Ana Luisa (1), Alatorre Ordaz Alejandro (2)

1 Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: analuisa.gallardogtz@gmail.com

2 Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: alatorre@ugto.mx

Resumen

Entre las diversas tecnologías para el almacenamiento de energía, las baterías redox de flujo (BRF) han ganado importancia recientemente por su alta capacidad de almacenamiento energético. Este tipo de baterías convierte y almacena la energía eléctrica en energía química, promoviendo una reacción de reducción y oxidación (Redox) de especies entre dos sustancias activas para almacenar y liberar energía. Estos dispositivos presentan ventajas como bajo costo, amplia capacidad de almacenamiento, y operación flexible en los ciclos de carga-descarga. En este trabajo se realizará la construcción y experimentación de dos prototipos de BRF utilizando diferentes configuraciones para los canales de flujo de los reactantes.

Abstract

Between different technologies for energy storage, redox flow batteries have gained prominence recently by high energy storage capacity. This type of battery converts and stores electrical energy into chemical energy, promoting a reduction reaction and oxidation of species between two active substances to store and release energy. These devices have advantages such as low cost, large storage capacity, and flexible in charge-discharge cycles of operation. In this paper the construction and testing of two prototypes of BRF using different configurations for the flow channels of the reactants is performed.

Palabras Clave

Canales distribuidores de flujo; Geometrías No Convencionales; Carga y Descarga

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda energética mundial ha promovido el desarrollo de fuentes de energías renovables. Sin embargo, una característica de energías renovables como la solar y la eólica es su naturaleza intermitente. Esto impide garantizar un suministro de potencia constante. Entre las diversas tecnologías para el almacenamiento de energía, las baterías de flujo Redox han ganado importancia recientemente por su alta capacidad de almacenamiento energético.

Las BRF son dispositivos que convierten y almacenan la energía eléctrica en energía química, promoviendo una reacción de reducción y oxidación de especies entre dos sustancias activas para almacenar y liberar energía.

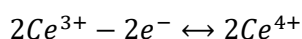
Las baterías de flujo presentan diversas ventajas, una de las cuales es su seguridad debido al hecho de que los materiales activos son almacenados de manera separada del compartimento donde se llevan a cabo las reacciones [1].

Otros de sus atractivos son: la simplicidad de sus reacciones en los electrodos, baja temperatura de operación, presentan alta eficiencia de energía global, y no presenta problemas en descargas profundas del sistema.

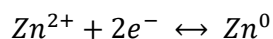
Las baterías redox de zinc/cerio es una nueva tecnología que se ha desarrollado en la última década [2]. El voltaje de la batería es aproximadamente de 2.5 V.

Durante el ciclo de carga - descarga de una batería redox de flujo de zinc/cerio se llevan a cabo las siguientes reacciones:

- Reacción de oxidación (positiva)



- Reacción de reducción (negativa)



En la Figura 1 se observa la forma básica de una BRF que consiste en dos compartimentos separados por una membrana de intercambio iónico, cada compartimento es conectado a un tanque, y los electrolitos son bombeados para hacerlos circular por los electrodos [1].

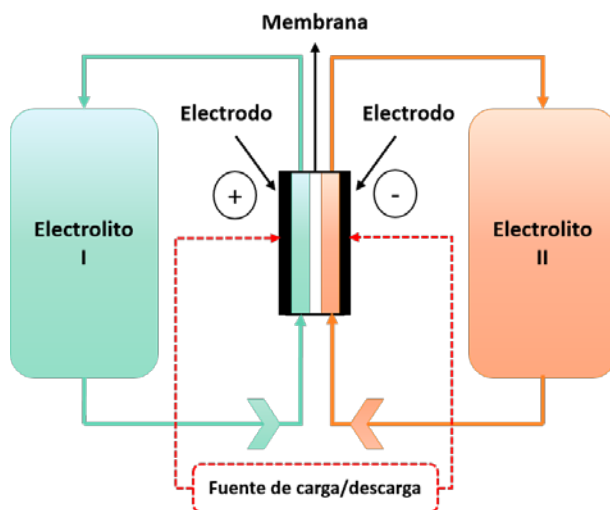


FIGURA 1. Diagrama esquemático de una Batería Redox de Flujo.

La evaluación de una BRF tiene énfasis en varios aspectos importantes que permiten establecer si su desempeño es eficiente; uno de estos aspectos, es incluir diseños geométricos de los canales distribuidores de flujo. Es necesario resaltar que el uso de geometrías para la distribución de flujo se ha empleado en dispositivos como celdas de combustible, pero no en baterías redox de flujo.

En este trabajo se realiza la construcción y experimentación de dos prototipos de BRF utilizando diferentes configuraciones para los canales de flujo de los reactantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La estructura física de las baterías redox de flujo está formada por diversos componentes necesarios para su correcto y completo funcionamiento. La Figura 2 muestra los componentes del prototipo.

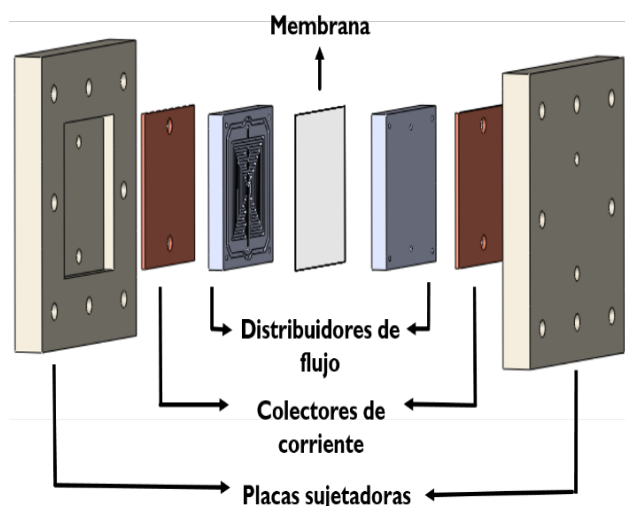


FIGURA 2. Componentes principales del prototipo para las BRF.

Manufactura de los prototipos

En el siguiente trabajo se construyeron dos prototipos de baterías redox de flujo con la finalidad de comparar el desempeño de los mismos al usar una geometría convencional y una geometría no convencional.

Para el prototipo de la geometría convencional se elige la más reportada en el estado del arte [3], serpentin para el lado donde el electrolito contiene cerio y fieltro de carbono para el lado donde el electrolito contiene zinc [4].

En el prototipo de la geometría no convencional se utiliza una geometría doble semi-espiral cuadrada interdigitada para ambos lados del prototipo

En este colector difusor las especies son forzadas a migrar hacia la zona activa antes de llegar a la salida de flujo. Los canales en el colector difusor interdigitado son divididos en dos regiones; aquellos canales conectados directamente con la

entrada de flujo, y aquellos conectados con la salida de flujo, en la Figura 3 se muestran las principales partes del difusor

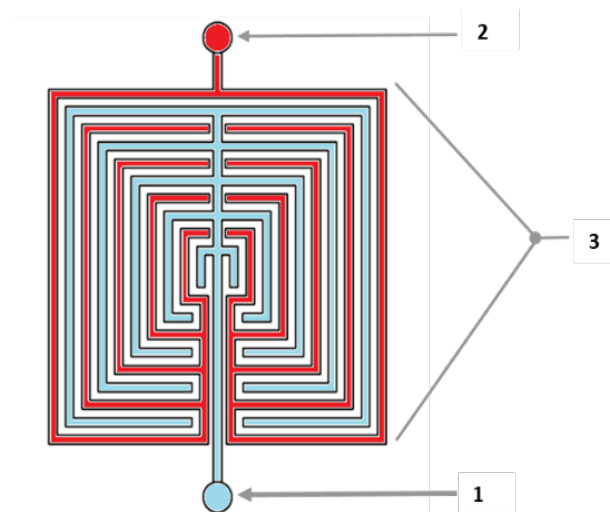


FIGURA 3. Geometría no convencional: Doble Espiral Cuadrada Interdigitada. Partes principales del difusor: 1) entrada, 2) salida y 3) zona activa de 3cm x 3cm.

Los materiales con base de carbón son los materiales más comunes de electrodo usados en baterías redox de flujo, debido a que en la mayoría de los casos son químicamente inertes y no sufren la disolución y/o la formación de óxidos [5].

Los parámetros iniciales de construcción de las placas para la distribución de flujo para la geometría no convencional se determinan teniendo en cuenta un área de activa de 9 cm² en una placa de grafito de 5 x 5 cm. Los barrenos se maquinan sobre la placa para la entrada y salida de los reactivos son de 1/8". La distancia entre los canales y el ancho de los mismos es de 1 mm.

Se usa control numérico computarizado en la manufactura de los canales para la distribución de flujo, debido a que el maquinado de los canales en la placa de grafito debe ser muy preciso. En la Figura 4 se observa el proceso de la obtención de las placas de grafito con las geometrías no convencionales.

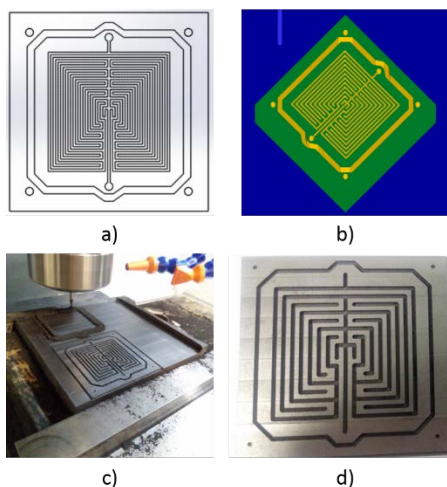


FIGURA 4. Manufactura de los canales distribuidores de flujo, a) dibujo en CAD, b) ruta de corte en Mastercam®, c) maquinado con CNC y d) placa de grafito con la geometría no convencional.

Las placas sujetadoras en los extremos son las responsables de brindar soporte al ensamble de la batería redox de flujo. Para el prototipo se maquina un marco con el espesor exacto donde se introduzcan los componentes del lado correspondiente, y así obtener un diseño poka yoke en el ensamble de los prototipos. El material del cual están hechas las placas de soporte es naylamid de 1/2 in de espesor.

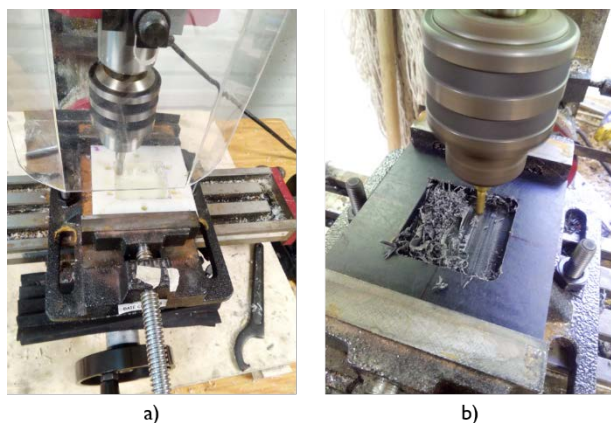


FIGURA 5. Maquinado de las placas de soporte: a) prototipo con geometría no convencional y b) prototipo con geometría convencional.

En cada placa de soporte se maquina los 6 agujeros de 1/4 de in para los tornillos, 2 agujeros correspondientes a la entrada y salida de los reactivos y un agujero para el tornillo colector de corriente.

Los colectores de corriente consisten en una lámina de cobre de 0.15 mm de espesor.

Los empaques son elementos indispensables en el ensamble de las baterías redox de flujo ya que impiden las fugas y protegen las placas de grafito. Se utiliza silicón acético para fabricar los empaques de los prototipos.

En la circulación del flujo de los electrolitos se utilizan bombas sumergibles, las cuales operan a una potencia de 3 V y la velocidad de giro es controlada por medio de un circuito electrónico.

La Figura 6 muestra el circuito de bombeo que se emplea en los prototipos.



FIGURA 6. Circuito de bombeo para las BRF

Los prototipos de las baterías redox de flujo utilizan una membrana de intercambio protónico, Nafión® 117. La membrana que se utiliza se hidrata en una solución 1M de ácido sulfúrico y se sigue el tratamiento propuesto por Lavorante M.J [6], ver Figura 7.

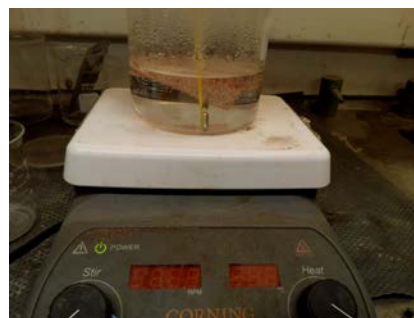


FIGURA 7. Hidratación de la membrana de Nafión® 117.

Ensamble de los prototipos

El primer paso para el ensamblado de los prototipos es limpiar y preparar los elementos que se van a usar. Después se coloca el colector de corriente y la placa de grafito con el campo de flujo boca arriba en el marco de cada placa de soporte. Enseguida se coloca el silicón alrededor del marco. Se deja secar el silicón el tiempo indicado en el empaque. Una vez que el silicón se ha secado se coloca la placa sujetadora del ánodo con los tornillos de sujeción. A continuación, se coloca la membrana sobre el campo de flujo. Se pone la otra placa de soporte asegurando que el campo de flujo toque la membrana. Subsecuentemente se lleva a cabo el apriete de los tornillos.

Finalmente se colocan los conectores de entrada y salida en las placas sujetadoras y los tornillos colectores de corriente. El procedimiento de ensamblado se presenta en la Figura 8.

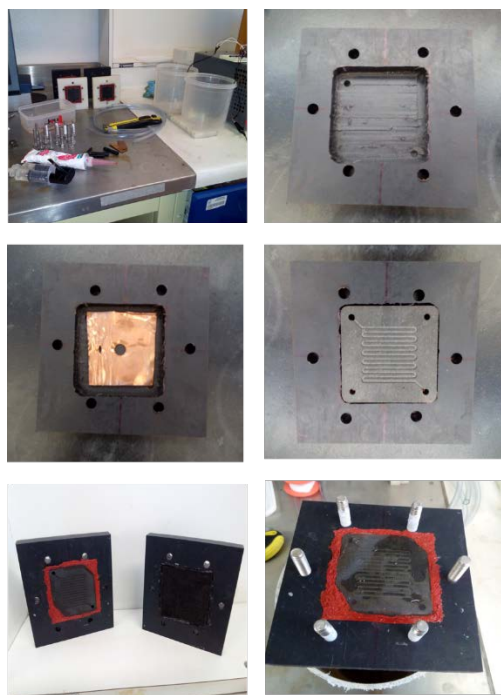


FIGURA 8. Proceso de ensamblado de una batería redox de flujo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de realizar la carga y descarga de los prototipos, se hacen pruebas de fuga de cada batería utilizando agua.

Después de comprobar que no existen fugas se preparan las soluciones de los reactivos, los parámetros se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: *Parámetros de Operación de los Modelos Experimentales*

Descripción	Valor	Unidades
Temperatura de Operación	298	K
Concentración de Cerio (III)	0.06	M
Concentración de Zinc (II)	0.06	M
Concentración de Ácido Sulfúrico	3.5	M

El volumen de los electrolitos positivo y negativo es de 500 ml. Los electrolitos fueron recirculados a través de la batería, se registra el potencial de celda usando un multímetro.

La descarga se hace mediante la aplicación de corriente constante, aplicando una corriente de 10 mA durante 30 minutos. Durante este proceso se registra el potencial de celda. En la Figura 9 se observa la estación experimental.



FIGURA 9. Estación experimental.

A continuación, se muestran las gráficas del ciclo de carga y descarga en los prototipos de BRF con geometría convencional y la geometría no convencional, ver Figuras 10 y 11.

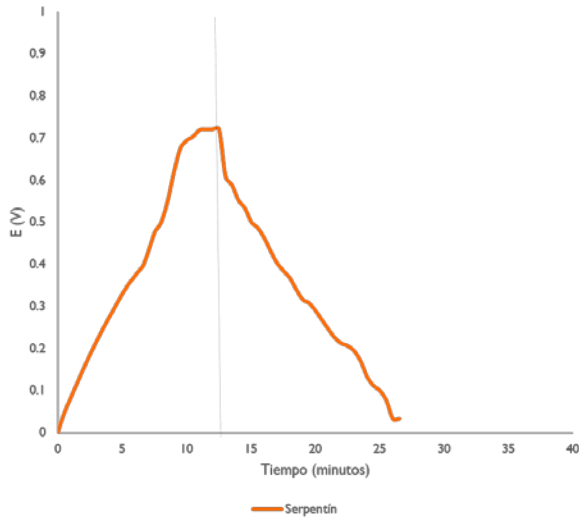


FIGURA 10. Gráfica de carga y descarga de la BRF con distribuidor de flujo convencional

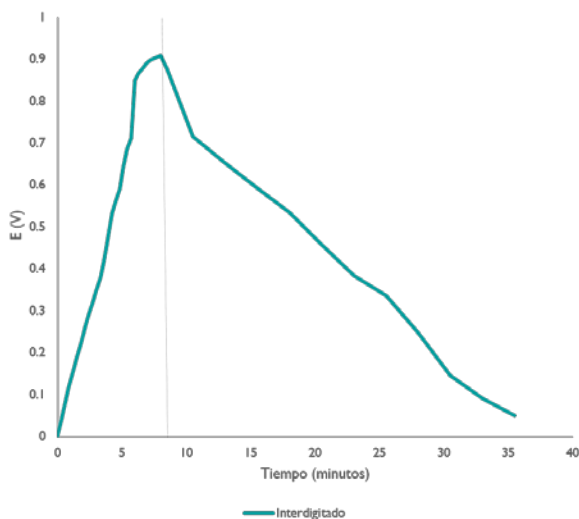


FIGURA 11. Gráfica de carga y descarga de la BRF con distribuidor de flujo no convencional

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta la metodología y el uso de técnicas novedosas para la construcción de los componentes y ensamble de una BRF como: el uso

de CNC para la obtención de los canales de distribución no convencionales, la activación de la membrana, el uso de un circuito electrónico para el control de flujo de las bombas y el uso del silicón acético alrededor del marco en la placa de soporte para evitar fugas.

Los resultados muestran un buen funcionamiento de los prototipos, en la Figura 11 se puede observar que la BRF con la geometría no convencional tiene un mayor potencial y menor tiempo de carga en comparación con la geometría convencional.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia se agradece a mi familia por su apoyo incondicional y la confianza que tienen en mí.

También se agradece a la Universidad de Guanajuato por permitirme participar en el Programa Delfín.

Se extiende el agradecimiento a mis asesores el Dr. Alejandro Alatorre Ordaz y al Dr. Abel Hernández Guerrero, así como a nuestro grupo de trabajo en el Laboratorio de Análisis de Sistemas Energéticos en la DICIS.

REFERENCIAS

- [1] R.L. Clarke, B.J. Dougherty, S. Harrison, J.P. Millington, S. Mohanta, Battery with Bifunctional Electrolyte, 2005, US 2006 /0063065 A1.
- [2] Cerdán Pasarán, A. Adaptación de una membrana de polisiloxano Sulfonado a un reactor de placas paralelas, para la aplicación a una batería redox de Flujo. Tesis Maestría, Universidad de Guanajuato (2012)
- [3] Q. Xu, T.S. Zhao, P.K. Leung, Numerical investigations of flow field designs for vanadium redox flow batteries Appl. Energy 105 (2013) 47e56.
- [4] Leung, P. K.; Ponce de Leon, C.; Low, C. T. J.; Shah, A. A. y Walsh, F. C. (2011b). Characterization of a zinc-cerium flow battery. Journal of Power Sources. 196, 5174-5185.
- [5] M.H. Chakrabarti a,b,* , N.P. Brandon c , S.A. Hajimolana a , F. Tariq c , V. Yufit c , M.A. Hashim a , M.A. Hussain a , C.T.J. Low d , P.V. Aravind, Application of carbon materials in redox flow batteries, Journal of Power Sources 253 (2014) 150e166