

Pavonado de placas bipolares para su aplicación en celdas de combustible tipo PEM

Franco García L.A.¹, Martínez Cabrera M.G.¹, Olvera Guerrero L.A.¹, Peña Alcantar J.N.¹, Villicaña Treviño M.A., Rojo Hernández J., Flores Rangel A., Fuentes Silva C., Ortiz Verdín A. A.^{1*}

¹Universidad Politécnica de Querétaro, Ingeniería en Tecnologías de Manufactura, Carretera Estatal 420 s/n, El Rosario, El Marqués, Querétaro. CP 76903

Resumen

El recubrimiento de pavonado es un término muy común utilizado en el campo de ingeniería, el cual produce una capa protectora sobre la superficie de la pieza que se desea pavonar. Por aproximadamente 80 años se ha venido empleando este proceso para mejorar la apariencia de la superficie de la pieza, proporcionándole a ésta una mejora en su resistencia a la penetración de aceites, incrementa la vida útil de la herramienta y, recientemente, le agrega una mayor fiabilidad. Las placas colectoras de corriente son elementos clave en una celda de combustible tipo PEM porque son las encargadas de transportar los electrones al circuito externo brindando soporte y rigidez al ensamble membrana electrodo. En el presente trabajo se diseñó en solidworks una geometría tipo serpentín a una placa de acero al carbono para su posterior recubrimiento de pavonado.

Abstract

The black oxide coating is a common term used in engineering, which produces a protective layer on the workpiece. For over 80 years it has been used this process to improve the surface appearance of the piece, providing a better oil penetration resistance, increasing tool life and, recently, to improve its reliability. The current collector plates are key elements in a PEM type fuel cell because they are in charge of transporting the electrons to the external circuit, providing support and rigidity to the electrode membrane assembly. In the present work, a serpentine geometry was designed in solidworks on a carbon steel plate for its subsequent black oxide coating.

Palabras clave: pavonado, celdas de combustible, ensamble membrana electrodo, diseño.

Keywords: black oxide coating, fuel cell, membrane electrode assembly desing.

1 INTRODUCCIÓN

Una de las opciones más importantes para mejorar la calidad de vida en ciudades contaminadas por la quema de combustibles fósiles, es utilizar fuentes alternas de energía, como lo son las celdas combustibles. Una celda de combustible tipo PEM (membrane electrode assembly, por sus siglas en inglés) es un dispositivo electroquímico que convierte la energía química que se produce en una reacción directamente en eléctrica, obteniendo como subproductos agua y calor.

Las celdas de combustible constituyen una de las fuentes alternas de energía más promisorias ya que presentan ventajas técnicas y ambientales tales como alta eficiencia, confiabilidad, duración y producción limpia de energía. Las celdas basadas en membranas de electrolito polimérico que operan a temperaturas bajas (alrededor de 80°C), tienen una eficiencia teórica mayor que una máquina térmica, una puesta en operación rápida y cero emisiones si se usa hidrógeno como combustible.

Los componentes principales de una celda de combustible tipo PEM son el ensamble membrana electrodo y los platos colectores de corriente o placas bipolares constituyen la columna vertebral de una celda de combustible de hidrógeno, ya que aíslan las celdas individuales, conducen la corriente entre las celdas, facilitan el manejo del agua y la temperatura a través de la celda y proporcionan conductos para gases reactivos, así como también eliminan los productos de reacción.

La comercialización y la penetración en el mercado de las celdas de combustible de la membrana de electrolito polimérico (PEM) requieren la producción en masa de placas bipolares y, por lo tanto, se requiere

que tengan una duración de su vida útil para combatir la corrosión, manteniendo una baja resistencia de contacto interfacial y no grandes suministros de Los materiales de celdas de combustible y los procesos de fabricación de alto volumen deben reducirse para que PEM alcance la viabilidad económica, para permitirle penetrar en el mercado energético y competir con otros sistemas.

La durabilidad de la celda de combustible PEM es otro parámetro importante que debe mejorarse para mejorar la confiabilidad de los dos componentes principales. Las placas bipolares son un componente importante de los PEMFC porque conectan los MEA física, térmica y eléctricamente. Las placas bipolares representan la mayor parte del peso de la pila, y deben ser de bajo costo y fácilmente manejables mediante fundición, estampado, laminado o moldeo. El grafito es el material más utilizado para la fabricación de los platos, pero en la actualidad los materiales compuestos de carbono, los materiales metálicos (acero inoxidable, TiN / Ti, aluminio recubierto y los materiales compuestos de polímeros también se utilizan para evitar grietas, combatir la corrosión y limitar la naturaleza frágil del grafito.

Para una distribución uniforme de gas y concentraciones de reactivos sobre toda la superficie del electrodo de los ánodos y cátodos, las placas bipolares comprenden campos de flujo con diseños variables. El campo de flujo consta de canales para el flujo de gas con nervaduras intermedias para la conexión eléctrica del MEA.

Los tipos más comunes son de tipo pin, campo de flujo paralelo / recto y en forma de serpiente. Sin embargo, estas costillas bloquean la accesibilidad al gas al cubrir parcialmente el GDL. Por lo tanto, los diseños más nuevos incluyen campos de flujo de espuma de metal para nivelar la fuerza de sujeción y proporcionar un mejor escape de agua.

Además, la geometría de los canales juega un papel crucial en el rendimiento general de una pila. Hasta ahora se han investigado diferentes geometrías de sección transversal, desde el canal cuadrado clásico hasta el canal trapezoidal o triangular. La geometría del canal puede afectar el volumen de agua formada en el lado del cátodo, favoreciendo su eliminación y evitando inundaciones. Los estudios experimentales demostraron que los canales triangulares retienen menos agua, minimizan las inundaciones y favorecen la dispersión de gotas de agua y no la agregación, como en los canales rectangulares. De hecho, los canales con una profundidad reducida promueven la eliminación del agua. Por lo general, los canales largos inducen una mayor caída de presión; por lo tanto, canales más cortos y un mayor número de canales paralelos son generalmente preferibles porque proporcionan una mejor distribución de reactivos. Estos aspectos son de suma importancia, especialmente para aplicaciones automotrices, donde la formación de agua, y especialmente la eliminación, deben controlarse cuidadosamente para operar la pila en condiciones de su congelamiento.

Recubrir los platos colectores de corriente con recubrimientos para evitar la corrosión ha sido desde los últimos años una alternativa eficaz para reducir costos. El pavonado es un tipo de recubrimiento en un metal que se refiere a una capa fina y delgada que recubre toda la superficie del material. Este tipo de recubrimiento en los metales se aplica para mejorar las propiedades, principalmente la resistencia a la corrosión.

Este recubrimiento, se produce cuando se sumerge un componente en una solución de sal alcalina a temperaturas de entre 130 a 150°C. El proceso involucra varios pasos, que van desde la previa limpieza de la superficie, un precalentamiento, el recubrimiento con la solución, enjuague con agua, secado y aplicación de selladores. Los beneficios de este recubrimiento incluyen la mejora de la resistencia del manchado y del deslizamiento, reducción de corroerse, microfracturas, fractura y corrosión, reducción del coeficiente de tracción, y la reducción de ataques químicos provenientes de aceites aditivos agresivos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las placas bipolares son elementos clave en una celda de combustible tipo PEM porque son las encargadas del transporte de los electrones al circuito externo brindando un soporte a la MEA (Membrane Electrode Assembly). Se realizó un diseño tipo serpentin en el software de diseño CAD solid Works 2018 como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Diseño serpentin en solidworks.

En la tabla 1 se muestran los parámetros dimensionales que se utilizaron para realizar el diseño del plato bipolar en un área total 400.58 mm². Una vez obtenido el diseño en solid Works, se maquinaron los campos de flujo en CNC HAAS vfo y un software SurfCam para la programación del diseño. Una vez obtenido el diseño tipo serpentin en las placas, se realizó el recubrimiento de pavonado para evitar la corrosión del material. En la figura 2 se muestra el diseño del plato colector de corriente con el diseño y las dimensiones de los campos de flujo para su maquinado en el material metálico.

Tabla 1. Parámetros dimensionales para el maquinado de los campos de flujo.

Parámetro	Dimensión (mm)
Ancho del canal	1.26
Profundidad del canal	1.63
Separación entre canales	0.6

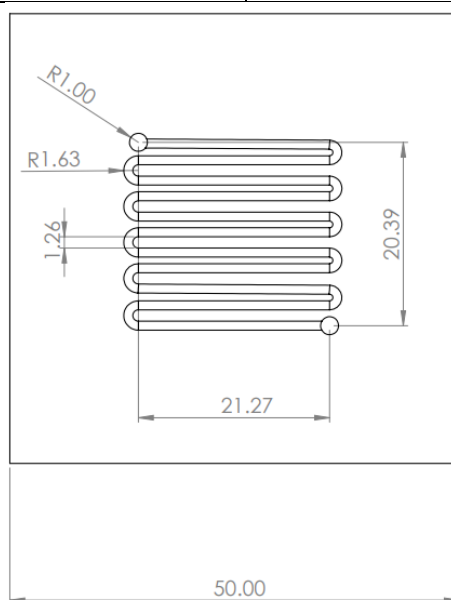


Figura 2. Diseño con las dimensiones de los campos de flujo en mm.

La figura 3 muestra la pieza de acero 1018 con el maquinado de los campos de flujo tipo serpentin antes de realizar el recubrimiento del material.



Figura 3. Maquinado del diseño serpentin en acero 1018

La pieza metálica de acero 1018 con el previo diseño de los canales de flujo se sometió al siguiente procedimiento para realizar el recubrimiento de pavonado: limpieza y secado de la placa, desengrase con agitación constante, ennegrecido a temperatura de 17 a 25°C sumergida por 5 segundos, enjuague con agua destilada y secado de la pieza. Ultimo paso que se llevó a cabo es sumergir la pieza en aceite por un tiempo aproximado de 60 minutos. En la tabla 2 se muestran los materiales utilizados en el proceso de pavonado.

Tabla 2. Materiales para el proceso de pavonado

Materiales utilizados
Placa de acero 1018
Tina con desengrasante
Líquido para enjuague
Tina con acondicionador
Líquido para ennegrecido
Cuarto con temperatura condicionada (entre 17-25°C)
Aceite refrigerante

3. RESULTADOS.

En la figura 2 se puede observar la calidad del recubrimiento obtenido al final del proceso de pavonado. Se obtuvo un pavonado uniforme en todo el material, así como en los canales de flujo. El pavonado es un recubrimiento de bajo costo y muy eficaz contra la corrosión del material tratado. El pavonado es utiliza como protección contra la corrosión de toda la superficie del metal recubierto, el característico color negro que da a la pieza no es más que la oxidación de la superficie de éste de manera controlada formándose así óxido férrico, que protege el hierro. Se forma una fina capa que recubre el metal y al mismo tiempo lo protege frente a los agentes externos principalmente la corrosión de los materiales metálicos.



Figura 4. Pavonado uniforme de las placas bipolares.

4. CONCLUSIONES.

El pavonado se aplica principalmente sobre acero que no tenga una alta cantidad de carbono. También protege contra la corrosión la superficie del metal adquiriendo el color negro característico por evitar la corrosión del mismo. Es posible utilizar placas bipolares pavonados en la construcción de una mono celda o stack de celdas de combustible tipo PEM permitiendo soportar la MEA sin corrosión del material. En base a los resultados obtenidos se realizarán diferentes diseños de geometrías para la construcción y evaluación de una monocelda de combustible tipo PEM así como la caracterización fisicoquímica del material recubierto.

REFERENCIAS.

- [1]. Zamora Antuñano Marco, Olivares Ramírez Juan, Ramírez Baltazar José, Santos Cruz José, Orozco Gamboa German. (2016). Simulación de platos colectores para su aplicación en celas de combustible Tipo PEM. Revista de Tecnología e Innovación septiembre 2016 Vol.3 No.8 70-77
- [2]. Llorenç Carbonell Domenech. (2015) Trabajo fin de Grado en Ingeniería Química; Alcoy, Alicante;. Pág. 10-12.
- [3]. S. W. Ooi, P. Yan & R. H. Vegter, (2018). Black oxide coating and its effectiveness on prevention of hydrogen uptake. Pag. 2 DOI: 10.1080/02670836.2018.1530425
- [4]. Ramirez Gonzalez, F., Luviano Ortiz J. L., Hernández Guerrero A., Sciubba E., (2019). Memorias del XXV congreso internacional anual de la SOMIM/

Correo electrónico autor: alondra.ortiz@upq.mx