

Año 13, PCTI 198-2022-01-07

Producción de materiales cerámicos con potenciales aplicaciones para la fabricación de celdas de combustible de hidrógeno de óxido sólido (SOFC)

Harby Alexander Martínez Rodríguez^{1,2}, Fabián Jurado², Daniel Lardizábal Gutiérrez¹, Joan Sebastián Salas Leiva^{1,3}, Alfredo Aguilar Elguezabal¹, Armando Reyes Rojas¹.

¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV), Complejo Industrial Chihuahua, Miguel de Cervantes 120, Cd. de Chihuahua, Chihuahua, México. ²Grupo de Propiedades térmicas, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, dieléctricas de compósitos, Manizales, Colombia. ³Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), harby.martinez@cimav.edu.mx

Ingeniería

Abstract

The investigation of new materials for the manufacture of "solid oxide hydrogen fuel cells" (SOFC) is of great interest to the scientific community, since they currently work commercially at temperatures between 800 °C to 1000 °C. For this reason, it is expected that the properties of the components (anode, electrolyte and cathode) are optimized. Specifically, the cathode where the electrochemical reaction of the SOFC begins, through a laboratory analysis the material with the best characteristics is selected. For this reason, 5 types of Pr_{1-x}BaxMnO_{3-δ} composite materials called perovskites were proposed, due to the contribution of manganese. In the process, it was possible to select the materials with the best conditions for the SOFCs. Demonstrating that by increasing the amount of praseodymium in the compound, the electrical response of each material improves when measured with temperatures from 580 °C to 800 °C. **Keywords:** ceramic, fuel cells SOFC, electric conductivity, renewable energy.

Resumen

La investigación de nuevos materiales para fabricación de "celdas de combustible de hidrógeno de óxido sólido" (SOFC), es de gran interés para la comunidad científica, ya que actualmente trabajan comercialmente a temperaturas entre 800 °C a 1000 °C. Por este motivo, se espera optimizar las propiedades de los componentes (ánodo, electrolito y cátodo). Específicamente, el cátodo donde inicia la reacción electroquímica de la SOFC, mediante un análisis de laboratorio se selecciona el material con mejores características. Por tal motivo, se propusieron 5 tipos de materiales compuestos de Pr_{1-x}BaxMnO_{3-δ} llamados perovskitas, debido a la contribución del manganeso. En el proceso, fue posible seleccionar los materiales con mejores condiciones para las SOFC. Se demostró que al aumentar cantidad de praseodimio del compuesto, mejora la respuesta eléctrica de cada material al medirse con temperaturas de 580 °C a 800 °C. **Palabras clave:** cerámica, celdas de combustible SOFC, conductividad eléctrica, energía renovable.

Problemática

Las temperaturas de trabajo de las celdas SOFC actualmente están entre (800 °C a 1000 °C), por tal motivo se requiere desarrollar nuevos materiales que trabajen a temperatura inferiores (500 °C – 700 °C), primordialmente el cátodo que es el componente donde inicia el proceso electroquímico.

Usuarios

Los centros de investigación científica, universidades e industrias de generación eléctrica, industrias de combustibles e ingeniería en general.

Introducción

El uso de combustibles fósiles ha desencadenado una alta producción de gases de efecto invernadero, con reacciones considerables por parte de la comunidad científica y política, a nivel mundial. Como lo es "El Acuerdo de París", firmado el 22 de abril de 2016 en New York, y la actual COP26 "Conferencia de Cambio Climático" celebrada (31 oct-12 nov 202), donde se

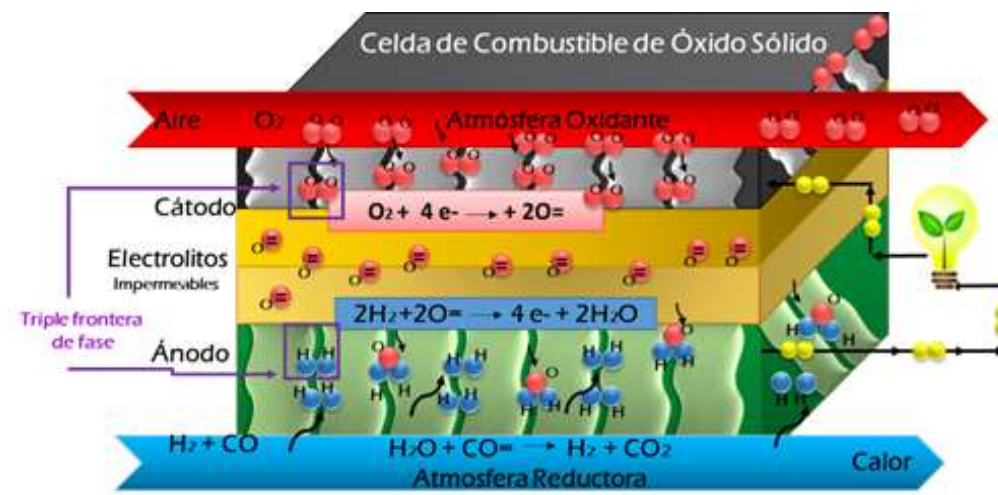


Figura 1. Celda de combustible de hidrógeno de Óxido Sólido.

generaron compromisos medioambientales por parte de todos los países industrializados y en desarrollo, para disminuir a cero las emisiones de CO₂. Entre esos compromisos, se obliga a

1000 °C. Mientras que las últimas publicaciones de investigación demuestran el uso de temperaturas entre 650 °C a 850 °C. El interés de esta investigación se basa en la producción de nuevos materiales que se



Figura 2. a) Celda fabricada SOFC, b) Equipo usado para el análisis de la SOFC.

implementar las energías renovables. Una de estas tecnologías de producción de energía son las celdas de combustible de hidrógeno (*Fuel Cell*, en inglés). Una celda de combustible es un dispositivo electroquímico (similar al de una batería) que produce energía eléctrica mediante el uso de hidrógeno y oxígeno, usados como combustible. Las celdas SOFC (*Solid Oxide Fuel Cells*) o Celdas de Combustible de Óxidos Sólidos, se encuentran en el grupo de las 4 tecnologías de mayor eficiencia energética, así en este orden: Hidroeléctrica grande > Energía de mareas oceánicas > Hidroeléctrica pequeña > SOFC. Alcanzando un máximo teórico de 50% a 60 % de eficiencia energética en el proceso electroquímico (Ijagbemi 2017).

Una celda SOFC, en un dispositivo básico que cuenta con: Ánodo, Electrolito, Cátodo (Figura 1), por el cual se moviliza el hidrógeno en el sector del ánodo y al oxígeno en el sector del cátodo, que involucra al electrolito, permitiendo generar la reacción electroquímica capaz de producir energía eléctrica y agua en forma de vapor; este proceso industrialmente usa temperaturas entre 800 °C a

usar en celdas SOFC y trabajen a temperaturas intermedias (500 °C a 700 °C).

Objetivos

Desarrollar una celda de combustible, con cátodo de alta conductividad eléctrica y el desarrollo de técnicas de fabricación de celdas SOFC.

Materiales y Métodos

Se propusieron 4 tipos de materiales para la fabricación de la celda, "Ánodo (Ni-GDC), Electrolito GDC, Electrolito ESB, y Cátodo (PBMO)". Para el caso del cátodo se fabricaron 5 tipos de materiales con modificación en la estequiometría del compuesto Pr_{1-x}BaxMnO_{3-δ} (praseodimio, bario, manganeso, oxígeno). Se usó la ruta Sol-Gel para obtener estas nanopartículas (Hou et al. 2016). Posteriormente, se realizó un análisis estructural a altas temperaturas, para estudiar la estabilidad de cada compuesto. De igual manera, se realizó un análisis eléctrico en función de temperatura (Martínez-Rodríguez et al. 2020), para determinar la conductividad eléctrica de cada compuesto (que es capacidad para mover los

electrones que están dentro del material), tomando en cuenta su geometría. Como última etapa se fabricó y analizó electroquímicamente a la celda SOFC de prueba, con el cátodo de mejores características, como se muestra en la Figura 2.

Resultados y Discusión

Los hallazgos indican que al aumentar la cantidad de praseodimio, se mejoran las características estructurales y eléctricas, necesarias para su uso como cátodo SOFC comercial. Los resultados estructurales de difracción de rayos x permiten determinar la estabilidad de cada compuesto. De igual manera los valores de conductividad eléctrica en función de la temperatura para el compuesto Pr_{1-x}BaxMnO_{3-δ}, se muestran en la Figura 3. Sengodan et al. (2015) señalan que el valor de conductividad eléctrica es de 97.8 S cm⁻¹, que al compararlo con los compuestos generados en presente estudio, se duplica dicho valor de conductividad a 180 S cm⁻¹ a temperaturas de 600 °C a 800 °C, con la incorporación sistemática del praseodimio y la disminución del bario (los resultados en extenso se pueden consultar en la tesis de doctorado de Martínez-Rodríguez 2021). La obtención de la celda SOFC implicó el uso de múltiples técnicas de formación de dispositivos, como el uso de colada de cintas, serigrafía e impresión de tintas y métodos de sinterización de materiales cerámicos, que permitieron obtener los análisis electroquímicos en función de la temperatura entre 450 °C a 650 °C. El desarrollo de esta investigación permite hacer un aporte a la comunidad que trabaja en energías renovables. Este trabajo de investigación estuvo a cargo del Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C CIMAV Chihuahua, México y la Universidad Nacional de Colombia (Martínez-Rodríguez 2021). Se espera que los hallazgos tengan repercusión positiva y atraigan la atención de industrias como BOSCH y Ceres Power, las cuales están a la vanguardia en producción de celdas SOFC a nivel mundial, alcanzando alta generación de energía, de tal manera que se usen estos cátodos para la nueva generación de celdas de combustible de óxido sólido, que trabajen a temperaturas intermedias.

Conclusiones

Se obtuvieron compuestos de tierras raras tipo perovskita. Al aumentar las cantidades de Pr respecto al Ba, se aumentó la conductividad eléctrica al doble respecto a otras investigaciones de formación de cátodos para celdas SOFC.

Impacto Socioeconómico

Este tipo de desarrollo científico permite implementar ciencia aplicada y garantizar el uso de las energías renovables y del hidrógeno en México; de esta manera se puede garantizar nuevas inversiones de carácter tecnológico y científico el cual involucre capital humano mexicano.

Contacto PCTI:
hnlasco2008@hotmail.com

