

## Versatilidad de los Reactores de Óxido Sólido

Paulo Emílio V. de Miranda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Editor-Jefe  
Revista Matéria  
E-mail: pmiranda@labh2.coppe.ufrj.br

Las pilas de combustible de óxido sólido son dispositivos electroquímicos que pueden configurarse para ser usados en distintas aplicaciones, en función de la variedad de materiales desarrollados en el proceso de su producción [1].

El principal objetivo del uso de una pila de combustible de óxido sólido es realizar la conversión electroquímica de la energía contenida en el combustible -usualmente el hidrógeno- en electricidad, generando vapor de agua como subproducto.

La evolución de las pilas de combustible de óxido sólido en las últimas décadas empezó con las pilas de combustible soportadas por el electrolito, sobre el cual se apoyan de un lado el ánodo y del otro el cátodo. El electrolito convencional es generalmente constituido de zircona estabilizada con itria, ZEI, para garantizar la estabilidad estructural, sin cambios de fases, hasta las elevadas temperaturas de operación utilizadas, en el rango de 850 a 1000°C. El ánodo convencional está compuesto de una mezcla de ZEI y óxido de níquel, el cual se reduce a níquel metálico bajo la atmósfera reductora del ánodo para actuar como electrocatalizador de la reacción electroquímica de interés. El cátodo convencional está compuesto de manganita de lantano, frecuentemente dopada con otros elementos químicos para mejorar conductividades electrónica e iónica y para controlar su coeficiente de expansión térmica. Las pilas de combustible de óxido sólido soportadas por el electrolito poseen un electrolito denso, normalmente de espesor mayor a 150  $\mu\text{m}$ . Eso causa una importante pérdida óhmica asociada a la conducción de los iones  $\text{O}^{2-}$  desde el cátodo hasta el ánodo, a través del electrolito, que compromete la magnitud de la densidad de potencia producida.

La etapa subsecuente, aún con materiales similares, objetivó reducir las temperaturas de operación por debajo de 850°C, lo que fue posible fabricando pilas soportadas tanto por el ánodo como por el cátodo como electrodos de soporte, de espesores en el rango de 300  $\mu\text{m}$  y 1 mm, y electrolitos delgados, de espesores variando desde 5 hasta 50  $\mu\text{m}$ . El uso de electrolitos más delgados permitió disminuir la pérdida óhmica en el electrolito y operar en temperaturas entre 700 a 850°C. Este procedimiento generó pilas de combustible de óxido sólido de temperatura intermedia [2]. La etapa actual de desarrollo, que representa la tercera generación de pilas de combustible de óxido sólido, es la de las pilas soportadas por metal. Así, se desarrollaron soportes metálicos para permitir la deposición de todos los elementos constituyentes de la pila de forma controlada y con dimensiones apropiadas a los requerimientos de uso específico, ya que el rol del soporte mecánico pasó a ser ejercido por una liga metálica. Se utilizan generalmente aceros ferríticos para esta aplicación, incluyendo las siguientes aleaciones a base de hierro: ITM, con 26%p Cr; CROFER 22APU, con 20 a 24%p Cr; Sandvik Sanergy, con 22%p Cr; y acero inoxidable del tipo 430, con 22%p Cr [3-5]. La pila de combustible soportada por metal presentó ventajas importantes, tales como facilidades en los procedimientos de fabricación, ahora asociados a un soporte metálico. La pila ganó robustez, pero también ha requerido electrolitos con mayor compatibilidad entre sus coeficientes de expansión térmica y aquellos de los metales mencionados y de mayor conductividad iónica a menores temperaturas de operación. Así, ZEI fue sustituida por ceria y otros cerámicos mixtos basados en óxido de cerio.

La versatilidad del reactor electroquímico en el que se constituye la pila de combustible de óxido sólido fue siendo desvendada a medida que fue asumiendo configuraciones y modos de operación asociados a nuevas funciones, para las cuales la generación de energía eléctrica y calor no ocurre o es considerada subproducto de otras reacciones.

Eso se enderezó con su utilización como un generador de hidrógeno, consumiendo energía eléctrica para realizar electrólisis del agua a alta temperatura, denominado por eso electrolizador de óxido sólido [6]. En ese caso, el sistema puede operar de forma reversible, ya sea como pila de combustible de óxido sólido o como un electrolizador de óxido sólido.

Una nueva y reciente configuración propuesta fue aquella en que la pila de combustible de óxido sólido no es utilizada con el objetivo principal de generar energía eléctrica, sino que la energía eléctrica y el calor

son los subproductos de un dispositivo cuyo funcionamiento realiza la conversión electroquímica del metano en hidrocarburos del tipo C<sub>2</sub>, tales como eteno y etano [7]. Eso configura la utilización de la pila de combustible de óxido sólido para conversión, con el objetivo de realizar la conversión electroquímica de hidrocarburos.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- [1] MINH, N.Q. “System technology for solid oxide fuel cells”, In: Stolten, D., Emonts, B., *Fuel Cell Science and Engineering, Materials, Process, Systems and Technology*, v.2, Weinheim, Germany, Wiley-VCH, pp. 963-1010, 2013.
- [2] LIU, B., ZHANG, Y., “Status and prospects of intermediate temperature solid oxide fuel cells”, *J. of University Sci. Technol. Beijing*, v.15, pp.84-90, 2008.
- [3] IRVINE, J.T.S. CONNOR, P. (ed) “Solid oxide fuel cells: Facts and Figures”, London, Springer, 2013.
- [4] TUCKER, M. “Progress in metal-supported solid oxide fuel cells: a review”, *J. Power Sources*, v.195, pp.4570-4582, 2010.
- [5] SOTOMAYOR, M.E., OSPINA, L.M., LEVENFELD, B., *et al.*, “Characterization of 430L porous supports obtained by powder extrusion moulding for their application in solid oxide fuel cells”, *Mater. Charact.*, v.86, pp.108-115, 2013.
- [6] FERRERO, D., LANZINI, A., LEONE, P., *et al.*, “Reversible operation of solid oxide cells under electrolysis and fuel cell modes: Experimental study and model validation”, *Chemical Engineering Journal*, v.274, pp. 143-155, 2015.
- [7] MIRANDA, P.E.V. “Materiales para un nuevo paradigma de la industria química”, *Matéria*, v.20, n.3, 2015.