

Materiales de carbono sostenibles como electrocatalizadores en pilas de combustible tipo PEM

E. Martínez-Díaz¹, A. Arenillas¹, A.B. García¹, S. García-Granda², N. Rey-Raap¹

¹ Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR-CSIC). Departamento de Procesos Químicos Sostenibles. Grupo de Investigación de Materiales para Energía, Medio Ambiente y Catálisis (MATENERCAT), 33011, Oviedo.

² Departamento de Química Analítica, Universidad de Oviedo-CINN-CSIC, 33006 Oviedo.

elisa.martinez@incar.csic.es

Palabras clave: Hidrógeno, pilas de combustible, electrocatalizadores, sostenibilidad.

Introducción

En general, en una pila de combustible tipo PEM tienen lugar dos reacciones químicas, la reacción de oxidación del hidrógeno (HOR) y la reacción de reducción del oxígeno (ORR). Esta última es la reacción limitante y, por lo tanto, las investigaciones científicas se deben enfocar hacia la optimización y desarrollo de electrocatalizadores altamente eficientes para la ORR. Actualmente, los electrocatalizadores comerciales para este tipo de pilas de combustible suelen estar basados en platino, un elemento escaso y con un alto coste que limita enormemente su aplicabilidad de forma masiva. El objetivo de este trabajo se centra en el desarrollo de nuevos materiales sostenibles, de bajo coste, alta disponibilidad y eficientes para ser utilizados como electrocatalizadores. Para ello se ha utilizado la metodología sol-gel asistida por microondas sustituyendo los reactivos iniciales más comunes, como son el resorcinol y el formaldehído, por reactivos más sostenibles.

Experimental

Los electrocatalizadores se han sintetizado utilizando fluoroglucinol y ácido glioxílico como reactivos principales y tritilendiamina (TEDA) como regulador del pH [1]. La reacción se ha llevado a cabo a 50 °C mediante calentamiento con microondas durante 2 horas y 35 minutos y a presión atmosférica en recipiente abierto. Los materiales obtenidos son esferas de naturaleza orgánica, compuestas por C, H, O y N.

Con el fin de incrementar el contenido en nitrógeno de los materiales, se han funcionalizado con melamina mediante tratamiento térmico. Para ello se han seguido dos estrategias diferentes:

- En primer lugar, las esferas orgánicas sintetizadas (S) se mezclan con melamina y la mezcla se somete a un tratamiento térmico a 850 °C en atmósfera de nitrógeno durante 1h (S-N).
- Por otro lado, las esferas orgánicas se carbonizan a 600 °C (CS) en atmósfera de nitrógeno durante 1h. Seguidamente, las CS se mezclan con melamina y se someten a un tratamiento térmico a 850 °C en atmósfera de nitrógeno durante 1h. (CS-N).

Los materiales se caracterizaron atendiendo a su morfología (SEM), su porosidad (isotermas de adsorción-desorción de N₂ a -196°C), composición química (análisis elemental) y comportamiento electroquímico (voltamperometría cíclica y lineal) en la ORR.

Resultado y discusión

En la Figura 1 se puede observar una microfotografía de SEM de las esferas carbonizadas (CS). Las CS obtenidas mediante polimerización asistida con microondas son esferas micrométricas mayoritariamente de unas 2 micras, con un área superficial específica de 534 m²/g. La caracterización porosa de los materiales muestra que los tratamientos de funcionalización aumentan la microporosidad, alcanzando un área superficial específica de 600-700 m²/g. Además, mediante la funcionalización con melamina se consigue un aumento del 1% en nitrógeno.

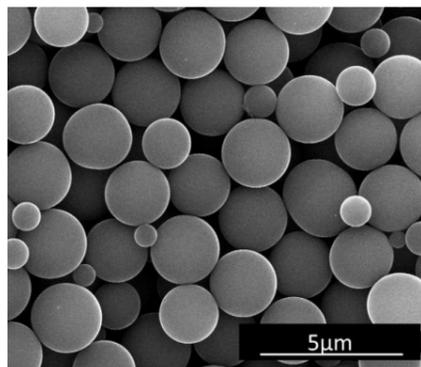


Figura 1. Microfotografía SEM de las esferas de carbono (CS) obtenidas por metodología sol-gel asistida por microondas.

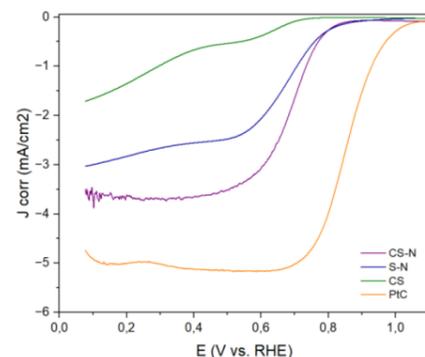


Figura 2. Voltamperogramas de barrido lineal obtenidos en un electrolito básico saturado en oxígeno a 1600 rpm.

En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos en el análisis electroquímico realizado mediante voltamperometría de barrido lineal utilizando un electrodo de disco rotatorio a 1600 rpm. Independientemente del método de funcionalización, el potencial de inicio de la reacción aumenta respecto al obtenido con las CS. Por otro lado, la funcionalización de las esferas previamente carbonizadas (CS-N) presentan mayor densidad de corriente que las esferas orgánicas carbonizadas y funcionalizadas en un único paso, presentando un mecanismo de reacción próximo al mecanismo directo.

Conclusiones

Los materiales de carbono obtenidos a partir de precursores sostenibles utilizando la metodología sol-gel asistida por microondas, y funcionalizados con melamina, presentan un comportamiento electroquímico prometedor frente a la ORR, demostrando que se pueden seguir optimizando para sean competitivos frente al comercial de referencia Pt/C.

Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación de la Fundación Domingo Martínez (proyecto MACSO), del Gobierno de España (PID2020-113001RB-I00 MICIN/AEI/10.13039/501100011033) y del Gobierno del Principado de Asturias (IDI/2021/000031).

Referencias

[1] A. Maetz, L. Delmotte, G. Moussa, J. Dentzer, S. Knopf, C.M. Ghimbeu, Facile and sustainable synthesis of nitrogen-doped polymer and carbon porous spheres, Green Chem. 19 (2017) 2266-2274.