

# PREPARACIÓN DE MICRO-SUPERCONDENSADORES MEDIANTE ELECTROSPRAYADO DE MATERIALES CARBONOSOS NANOESTRUCTURADOS

*J.M. Rosas<sup>1</sup>, R. Ruiz-Rosas<sup>2</sup>, R. Berenguer<sup>1</sup>, D. Cazorla-Amorós<sup>2</sup>, E. Morallón<sup>3</sup>, H. Nishihara<sup>4</sup>, T. Kyotani<sup>4</sup>, J. Rodríguez-Mirasol<sup>1</sup>, T. Cordero<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Universidad de Málaga, Andalucía Tech, Dpto. de Ingeniería Química, 29071 Málaga, Spain <sup>2</sup>Dpto. de Química Inorgánica e Instituto Universitario de Materiales. Universidad de Alicante <sup>3</sup>Dpto. de Química Física e Instituto Universitario de Materiales, Universidad de Alicante <sup>4</sup>Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Sendai*

*[jmrosas@uma.es](mailto:jmrosas@uma.es)*

**Palabras clave:** electro sprayado, microcondensador, carbones nanoestructurados, almacenamiento de energía.

## Introducción

Los materiales carbonosos nanoestructurados presentan excelentes propiedades eléctricas, texturales y estructurales, que pueden ser aprovechadas para la fabricación de microcondensadores de elevada potencia y energía, fundamentales en el desarrollo de dispositivos electrónicos portátiles. Sin embargo, el reducido tamaño de sus partículas dificulta su procesado en láminas delgadas, impidiendo un control adecuado de la forma y el espesor de capas finas de estos materiales. Los procedimientos basados en la preparación directa de materiales carbonosos sobre el colector de corriente condicionan la composición y estructura del electrodo, lo que provoca un aumento de los costes de producción. Por ello, es necesario el desarrollo de nuevos procedimientos de fabricación de capas finas que permitan la completa implementación de estos dispositivos.

En este sentido, destaca la técnica de electro sprayado. Esta técnica está basada en las fuerzas electrohidrodinámicas. Cuando un líquido fluye a través de un capilar y se aplica un campo eléctrico (este campo eléctrico se suele establecer entre el capilar y un colector de corriente plano), el correspondiente menisco se deforma en un cono, conocido como cono de Taylor. Cuando el voltaje del campo eléctrico alcanza un determinado valor límite, las fuerzas electrohidrodinámicas superan la tensión superficial del líquido, produciendo la salida de un chorro de pequeño diámetro. Generalmente, ese chorro rompe formando un spray, formado por gotas de tamaño nanométrico altamente cargadas [1].

En este trabajo se propone el uso de la técnica de electro sprayado para el depósito controlado de una lámina delgada y continua de un material carbonoso nanoestructurado, directamente sobre el colector de corriente. Las láminas delgadas resultantes fueron caracterizadas como electrodos en supercondensadores con un electrolito acuoso.

## Experimental

Dentro de los materiales carbonosos nanoestructurados superporosos, se ha usado un material preparado mediante la técnica del nanomoldeo con plantillas de zeolita, ZTC, con más de 3600 m<sup>2</sup>/g, altamente ordenado y con un tamaño de partícula de unos centenares de nanómetros [2]. Para realizar el electro sprayado se preparó una suspensión del ZTC con una concentración de entre 0.2 y 1.3% en peso en etanol, en presencia de diferentes cantidades de Nafion®, usado como aglomerante. El caudal de

entrada de la suspensión varió entre 0.5 y 2 mL/h, y se aplicó una diferencia de potencial de 10 kV. Como colectores de corriente, se usaron entre otros, mallas de acero, y láminas de grafito macroporoso. La caracterización electroquímica se llevó a cabo en una celda de 2 y 3 electrodos, usando 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> como electrolito.

## Resultados y Discusión

Las micrografías SEM de dos sustratos diferentes cubiertos de una película de ZTC/Nafion se muestran en la Fig.1a-b. Mediante el ajuste de la concentración, el caudal de entrada de la suspensión, el voltaje y el tiempo de tratamiento, se pueden obtener láminas de ZTC con grosores diferentes, en todos los sustratos probados. La configuración del electro spray también se puede modificar para obtener un depósito controlado en los colectores microestructurados avanzados. Además, los aditivos generalmente necesarios en la formulación de electrodos de carbón, como el aglomerante, en este caso, Nafion, también pueden ser incluidos en la dispersión del ZTC, aumentando la adhesión de la película delgada.

En la Figura 1c se muestra una voltametría cíclica de electrodos de composite de fibras de carbón (Toray), que han sido electro sprayados con diferentes cantidades del material carbonoso nanoestructurado superporoso. En todos los casos los electrodos muestran unos voltamogramas anchos y reversibles en medio ácido, con unos hombros característicos, asociados a la presencia de quinonas en ZTC [3]. También se observó una relación lineal entre la carga de ZTC en la superficie y la capacitancia de la película. A partir de esos datos, se obtuvo que el electrodo de mayor espesor, obtenido mediante esta técnica, mostraba una capacidad específica de 650 mF/cm<sup>2</sup>.

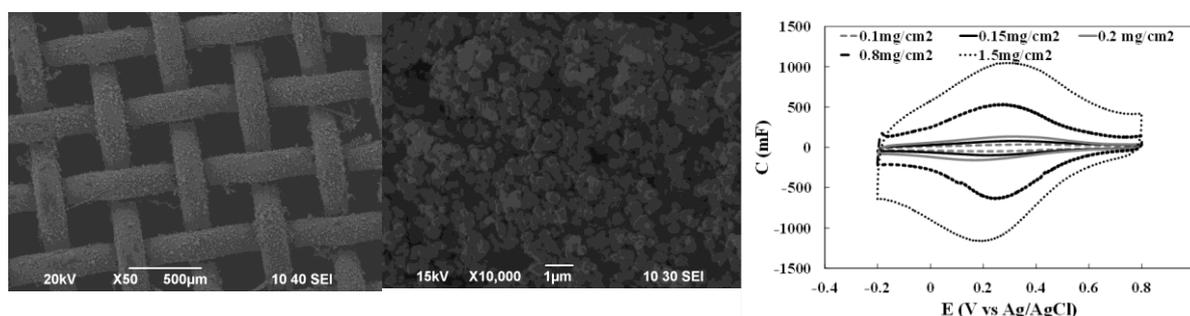


Fig. 1. a-b) Micrografías SEM de ZTC sobre una malla metálica y un electrodo carbonoso, respectivamente; c) Voltametría cíclica de diferentes depósitos de ZTC en un electrodo carbonoso.

Estos resultados muestran que la técnica de electro sprayado permite depositar selectivamente materiales carbonosos nanoestructurados sobre diferentes tipos de colectores de corriente, que posteriormente han sido usados satisfactoriamente como electrodos en microcondensadores.

## Referencias

- [1] I.G. Loscertales, A. Barrero, I. Guerrero, R. Cortijo, M. Marquez, A.M. Gañán-Calvo. Science 2002, 295, 1695-1698.
- [2] H. Nishihara, Q.-H. Yang, P.-X. Hou, M. Unno, et al. Carbon 2009; 47: 1220-1230.
- [3] Itoi H, et al., (2014). Bull. Chem. Soc. Jap., 87, p. 250-257.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación al Ministerio de Economía y Competitividad por los proyectos: CTQ2012-36408, JCI2011-10566, PRI-PIBJP-2011-0766.