

ESTUDIO DE IMPEDANCIA ELECTROQUÍMICA (EIS) DE SISTEMAS MULTICAPA DE RECUBRIMIENTOS ACRÍLICOS NANOCOMPUESTOS

Gregorio Cadenas Pliego¹, José Manuel Mata Padilla² y Sergio Antonio González Ortíz¹

¹ Centro de Investigación en Química Aplicada, gregorio.cadenas@ciqa.edu.mx, gonzalez.sergio.m19@ciqa.edu.mx

² CONACyT-Centro de Investigación en Química Aplicada, jose.mata@ciqa.edu.mx

Resumen

En este trabajo se estudió el comportamiento de EIS para dos diferentes sistemas bicapa de recubrimientos acrílicos nanocompuestos con nanopartículas de TiO₂ y h-BN. Los resultados demostraron que se redujo significativamente la corrosión de los sustratos de acero AISI 304, y que el comportamiento depende de la configuración de las capas y de la concentración de nanopartículas en el recubrimiento de la capa superior.

Introducción

La corrosión de aceros estructurales es un problema muy importante debido a que se reduce su vida útil. Para solucionar o minimizar este problema se han buscado diferentes estrategias dentro de las que se encuentran los recubrimientos orgánicos, debido a su mayor aplicabilidad y un menor costo. Los recubrimientos orgánicos generalmente están fabricados de polímeros con diferentes capacidades anticorrosivas, las cuales se han incrementado con la incorporación de nanopartículas (NPs) debido a una acción de barrera (Cui, et al., 2017). Regularmente, el comportamiento electroquímico de este tipo de recubrimientos se ha estudiado en sistemas monocapa (Husain et al., 2013), empleando principalmente espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) (Lu et al., 2017). No obstante, para aplicaciones prácticas, este tipo de recubrimientos se fabrica con varias capas conformadas por una sección primaria (inhibición primaria de corrosión y adherencia); una capa intermedia que mejora el efecto de barrera anticorrosiva, y finalmente la capa de acabado que provee la resistencia ambiental (Cui et al., 2017). En el presente trabajo se llevó a cabo un análisis de EIS con el objetivo de demostrar que los sistemas multicapa de recubrimientos acrílicos compuestos con nanopartículas de dióxido de Titanio (TiO₂) y

nitruro de boro (h-BN), presentan altas propiedades anticorrosivas.

Parte experimental

Las formulaciones de recubrimientos acrílicos nanoestructurados se realizaron mediante la incorporación de 0.5 y 1.0 % en peso de NPs sin modificar de TiO₂ (Skyspring, Inc., EUA) y h-BN (MK-Impex, EUA), por separado, en un sellador acrílico Berel 580. Adicionalmente, se usó un surfactante no iónico (1% en peso) para estabilizar la formulación. Para el mezclado se empleó un sistema de recirculación asistido por ultrasonido (15-50 kHz, amplitud de 80 %). Cada una de las capas de los recubrimientos se aplicaron sobre los sustratos de acero inoxidable AISI 304, previamente acondicionados (norma ASTM G1-03), mediante spray coating (norma ASTM D823-18). Los sustratos se recubrieron con la siguiente configuración bicapa: Se colocó una capa primaria de recubrimiento con una concentración de 1.0% en peso de NPs de TiO₂ o h-BN, mientras que en la capa superior se depositó un recubrimiento nanoestructurado del mismo polímero con 0.5 y 1.0 % en peso de la NP contraria al de la capa primaria. El comportamiento de corrosión de los sustratos recubiertos se llevó a cabo mediante espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) usando un equipo Potenciostato/Galvanostato Autolab PGSTA204T.

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestran los resultados de EIS (Bode-Impedancia) para el acero AISI 304 sin recubrir como para los recubrimientos bicapa con 0.5 y 1.0. % en peso de NPs, con dos horas de inmersión en la solución salina con 3.5% de NaCl. Esta figura muestra que los recubrimientos bicapa con el 0.5 % en peso de las nanopartículas de TiO₂ o h-BN en la capa superior tienen un mayor valor de impedancia electroquímica en prácticamente todo el rango del barrido de frecuencias, principalmente en

el rango de frecuencias de 100-0.01 Hz. Además, el mayor valor de impedancia se observó para el recubrimiento nanoestructurado con las NPs de h-BN en la capa superior hasta en 2 órdenes de magnitud respecto de los que contienen las NPs de TiO₂. Este comportamiento indica que la conformación del sistema bicapa h-BN/TiO₂ presenta una mayor resistencia a la corrosión que el sistema TiO₂/h-BN, y que un mayor contenido de NPs provocó una disminución en esta propiedad.

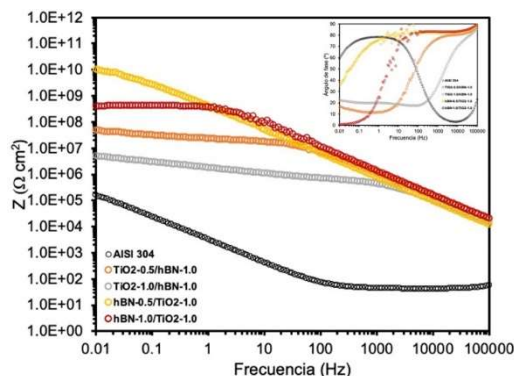


Figura 1. Gráfico de Bode-Impedancia y Bode-ángulo defase para el sustrato de acero AISI 304 y los recubrimientos acrílicos nanoestructurados bicapa con NPs de TiO₂ o h-BN en la capa superior.

Por otra parte, para el análisis de Bode-ángulo de fase (inserción en la Figura 1) se observa que los sustratos recubiertos presentan un comportamiento típicamente capacitivo y que este se mantiene durante valores de frecuencia más bajos para las muestras con NPs de h-BN en la capa superior, indicando que las reacciones de óxido-reducción se retrasan debido a una mayor propiedad de barrera a las especies corrosivas (Cl⁻¹, O₂, H₂O) (Cui et. Al., 2017, Ysiwata-Rivera et al., 2020). Posteriormente, estas mismas muestras fueron analizadas con 24 h de tiempo de inmersión observando un comportamiento de EIS atípico respecto de los resultados con las 2 h de inmersión (Tabla 1). En esta tabla se observa que para los recubrimientos con 0.5% en peso de TiO₂ en la capa superior, la impedancia a 0.01 hz incrementó en tres órdenes de magnitud a las 24 h, indicando que la resistencia a la corrosión de esta muestra incrementó de manera significativa, contrario a lo reportado anteriormente (Lu et. Al., 2017). En el caso de los recubrimientos con 1.0% de las NPs en la capa

superior, los valores de EIS permanecieron sin cambios significativos o incluso disminuyeron.

Tabla 1. Valores de impedancia a bajas frecuencias (0.01 Hz) para los recubrimientos bicapa en estudio con 2h y 24 h de inmersión.

| Muestra | Impedancia (Ω.cm ²) |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| TiO ₂ -0.5/hBN-1.0 (2h) | 5.0E+07 |
| TiO ₂ -0.5/hBN-1.0 (24h) | 3.5E+10 |
| TiO ₂ -1.0/hBN-1.0 (2h) | 5.2E+06 |
| TiO ₂ -1.0/hBN-1.0 (24h) | 3.8E+06 |
| hBN-0.5/TiO ₂ -1.0 (2h) | 1.1E+10 |
| hBN-0.5/TiO ₂ -1.0 (24h) | 3.0E+10 |
| hBN-1.0/TiO ₂ -1.0 (2h) | 4.2E+08 |
| hBN-1.0/TiO ₂ -1.0 (24h) | 10.0E+07 |

Conclusiones

El estudio de EIS de los sistemas de recubrimientos bicapa demostraron que este tipo de arreglo disminuye significativamente la corrosión de los sustratos de acero AISI 304, siendo buenos candidatos para emplearse como recubrimientos primarios y/o intermedios.

Referencias

- Cui, M. Ren, S., Chen, J., Liu, Sh., Zhang, G., Zhao, H., Wang, L., Xue, Q. (2017). Anticorrosive performance of waterborne epoxy coatings containing water-dispersible hexagonal boron nitride (h-BN) nanosheets. *Applied Surface Science*, 397: 77-86.
- Husain, E., Narayanan, T. N., Taha-Tijerina, J. J., Vinod, S., Vajtai, R., & Ajayan, P. M. (2013). Marine corrosion protective coatings of hexagonal boron nitride thin films on stainless steel. *ACS applied materials & interfaces*, 5(10): 4129-4135.
- Lu, F., Song, B., He, P., Wang, Z., & Wang, J. (2017). Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) study on the degradation of acrylic polyurethane coatings. *RSC advances*, 7(23): 13742-13748.
- Ysiwata-Rivera, A. P., Hernández-Hernández, E., Cadenas-Pliego, G., Ávila-Orta, C. A., González-Morones, P., Velásquez-de Jesús, J. A., Cuara-Díaz, E., Gallardo-Vega, C. A. Mata-Padilla, J. M., (2020) Effect of Modified Hexagonal Boron Nitride Nanoparticles on the Emulsion Stability, Viscosity and Electrochemical Behavior of Nanostructured Acrylic Coatings for the Corrosion Protection of AISI 304 Stainless Steel. *Coatings*, 10(5): 488.



1er Congreso Internacional
CEMIE-Océano



