

Corrosión y protección de metales para la construcción y el patrimonio cultural

E. Cano, J.M. Bastidas, D. Lafuente, D. M. Bastidas, M. Criado, S. Fajardo
Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM)-CSIC. Avda. Gregorio del Amo 8, 28040 Madrid. E-mail: ecano@cenim.csic.es

Introducción

La corrosión, es decir, la reacción química del metal con el medio en que se encuentra, es la principal causa de degradación del patrimonio cultural metálico. La naturaleza y estructura del material metálico, y el medio en el que se encuentra (sea el medio atmosférico exterior o interior de un museo o vitrina; el agua del mar o la tierra en los objetos sumergidos o enterrados; o incluso componentes de otra naturaleza que forman parte del propio objeto) condiciona los mecanismos y velocidad de deterioro. Es por lo tanto fundamental, si queremos asegurar correcta conservación de este patrimonio metálico, conocer los mecanismos por los que se produce este deterioro y desarrollar metodologías y estrategias para su protección, especialmente adaptadas a las características y necesidades peculiares de este tipo de objetos.

La línea de investigación desarrollada en el grupo se enfoca en este doble sentido de estudio de la degradación y de los sistemas de protección. A continuación se exponen de manera resumida los resultados más destacables en estos temas.

Conservación preventiva de metales en interiores: corrosión de metales por vapores de ácidos orgánicos en museos y exposiciones

Las investigaciones desarrolladas por el grupo desde hace más de 15 años en esta línea se han enfocado al estudio de los mecanismos de interacción de los ácidos orgánicos emitidos por los materiales de construcción y exposición, utilizados en vitrinas, almacenes, etc. con el cobre, plomo y sus aleaciones. En interiores de museos (incluyendo almacenes y vitrinas), donde se exponen y conservan los objetos más delicados y necesitados de especial protección, los contaminantes más abundantes no son los habitualmente estudiados en las investigaciones sobre corrosión (SO_2 , Cl^- , NO_x) sino los sulfuros y sobre todo ácidos orgánicos (acético y fórmico) y aldehídos (formaldehído fundamentalmente).

Para estudiar estos efectos se realizan ensayos de campo, con caracterización de los productos de corrosión formados sobre objetos reales, exposición de probetas en vitrinas de museos y posterior caracterización, y mediciones de las concentraciones de dichos contaminantes en museos reales. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de captadores de contaminación y probetas expuestas en el Museo Arqueológico Nacional.



Figura 1. Probetas metálicas y captadores de contaminación expuestos en la vitrina de los toros de Costitx del Museo Arqueológico Nacional.

A partir de los datos de campo se realizan ensayos de laboratorio utilizando cámaras climáticas en las que se pueden controlar la temperatura, humedad relativa y concentración de contaminantes. La velocidad de corrosión se evalúa por procedimientos gravimétricos tradicionales y avanzados (microbalanza de cristal de cuarzo, QCM) y reducciones electroquímicas; los productos de corrosión formados se caracterizan por SEM-EDX, DRX y XPS (Bastidas 2008)

El objetivo final es el establecimiento de las condiciones más seguras para el almacenamiento y exposición de dichos metales.

Aplicación de técnicas electroquímicas en conservación y restauración de metales

Los fenómenos de corrosión que afectan al patrimonio cultural metálico son casi de manera exclusiva de naturaleza electroquímica, por lo que el uso de técnicas electroquímicas puede considerarse especialmente adecuado para el estudio de los mismos y de los sistemas de protección. El uso de estas técnicas puede contribuir a una conservación-restauración sostenible del patrimonio metálico: son relativamente baratas y rápidas en comparación con otras; pueden ser portátiles, siendo por lo tanto aplicables in-situ; pueden aplicarse global o selectivamente; la pérdida de materia del objeto tratado con respecto a otras técnicas de restauración son mínimas; y, en análisis, pueden ser significativamente menos destructivas e invasivas que otros métodos.

Como ejemplos en los que ha trabajado el grupo en los últimos tiempos pueden citarse:

- Aplicación de técnicas electroquímicas para el tratamiento de restauración y estabilización de objetos metálicos de interés cultural. Las

técnicas electroquímicas para tratamientos de conservación-restauración se comenzaron a utilizar hace más de un siglo, pero los cambios en los criterios de restauración hicieron que fueran prácticamente abandonadas en la década de 1980-90 debido a que no existía un exhaustivo control durante el tratamiento siendo, por lo tanto, demasiado agresivas. Sin embargo, han experimentado un gran auge en los últimos años, gracias al desarrollo de tratamientos con control potencioestático. Estos tratamientos permiten un mayor control de los procesos y son menos agresivos, y por lo tanto más acordes con los criterios actuales de mínima intervención (Barrio et al. 2005). No obstante, aun quedan muchos interrogantes abiertos, como el efecto de estos tratamientos en la conservación futura de los objetos (conservación preventiva), la evaluación sistemática del efecto de tratamientos repetitivos en comparación con otras metodologías y el desarrollo de un procedimiento estandarizado de tratamiento localizado con control potencioestático para su uso por los profesionales de la conservación.

- Utilización de técnicas electroquímicas para la evaluación de nuevos recubrimientos protectores frente a la corrosión para objetos metálicos de interés cultural, alternativos a los tradicionalmente usados. Los trabajos pioneros en la aplicación de la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) como método de evaluación del estado de conservación y la eficacia de los tratamientos protectores (recubrimientos e inhibidores), han demostrado la utilidad de esta técnica para los profesionales de la conservación-restauración del PC, al proporcionar datos cualitativos y cuantitativos sobre la eficacia de distintos tratamientos (Cano 2010a). En la Figura 2 se muestra la evaluación mediante EIS de la capacidad protectora de distintos recubrimientos -habituales en tratamientos de conservación y nuevos recubrimientos- para la protección de objetos históricos de acero, utilizando probetas que simulan la composición, microestructura y estado de conservación de objetos reales (Cano 2010b).
- Evaluación mediante técnicas electroquímicas de la corrosión producida sobre objetos reales o análogos de laboratorio expuestos en condiciones de museo para evaluar el deterioro sufrido (tales como los mencionados en el apartado anterior). La gran sensibilidad de estas técnicas permiten obtener resultados en atmósferas poco agresivas como las de los museos utilizando tiempos de exposición relativamente cortos.



Figura 2. Evaluación mediante técnicas electroquímicas (EIS) de la capacidad protectora de distintos recubrimientos para la protección de objetos históricos de acero.

Referencias

- Barrio, J., Cano, E., Arroyo, M., Pardo A.I. y Chamón, J (2005) "Investigación sobre el proceso de estabilización y limpieza por reducción potencioestática de un plomo epigráfico romano" En: *Actas del II Congreso Conservacion e Investigacion en Restauración, Grupo Español del International Institute for Conservation (GE-IIC)*. pp. 133-14. Barcelona. 9-11 Noviembre 2005.
- Bastidas, D.M., La Iglesia, M.V., Cano, E., Fajardo, S., Bastidas, J.M. (2008) "Kinetic study of formate compounds developed on copper in the presence of formic acid vapor" *Journal of the Electrochemical Society*, 150, C578-C582
- Cano, E., Lafuente, D. y Bastidas, D.M.. (2010a) "Use of EIS for the evaluation of the protective properties of coatings for metallic cultural heritage: a review." *Journal of Solid State Electrochemistry*, 14, 381-391
- Cano, E., Bastidas, D. M., Argyropoulos, V., Fajardo, S., Siatou, A., Bastidas, J. M. y Degrigny, C (2010b) "Electrochemical characterization of organic coatings for protection of historic steel artifacts." *Journal of Solid State Electrochemistry* 14, 453-463
- Tetreault, J., Cano, E. , van Bommel, M., Scott, D., Dennis, M., Barthés-Labrousse, M.-G., Minel L. and Robiola L. (2003) "Corrosion of copper and lead by formaldehyde, formic and acetic acid vapours" *Studies in Conservation* 48, 237-250