

Editor y traductor

anglófono:

James Crawford

jamesbcrawford76@gmail.com

Coeditor francófono:

Michel Bouchard

MBouchard@getty.edu

Traductores francófonos:

Nathalie Richard

n.richard.elmesti@videotron.ca

Elodie Guilminot

elodie.guilminot@arcantique.org

Coeditor hispanófono:

Emilio Cano

ecano@cenim.csic.es

Traductor hispanófono:

diana.lafuente@gmail.com

Boletín de Investigación en Conservación-restauración de Metal



Agosto
2009

BROME C29

Editorial

Este número del BROME C presenta dos *nuevos proyectos de investigación* franceses. El primero, es un trabajo de tesis doctoral para optimizar los tratamientos de estabilización de los objetos de hierro procedentes de excavaciones submarinas a través del estudio de sus mecanismos de dechloruración; mientras que el segundo, trata de la emisión acústica como una herramienta de diagnóstico para la conservación de objetos arqueológicos y monumentos históricos. Los *proyectos de investigación en desarrollo* incluyen trabajos llevados a cabo en Argentina, describiendo las tecnologías metalúrgicas y las condiciones de conservación del naufragio del HMS Swift (1770); Grecia, donde el plasma se ha usado para restaurar cientos de objetos metálicos durante los últimos 15 años; y Francia, con la descripción de un recubrimiento de una aleación de cobre sobre saetas de ballesta de hierro de la Edad Media tardía. Los *proyectos de investigación finalizados* incluyen: un cuestionario distribuido desde Malta sobre los enfoques actuales de los productos de corrosión de hierro en armaduras de munición de hierro y acero; la eficacia de las técnicas utilizadas en Francia para la eliminación de la clorargirita (o plata córnea); y dos proyectos egipcios distintos sobre la síntesis y eliminación del empañamiento de la plata en aleaciones contemporáneas de plata usando métodos electroquímicos y químicos, y una propuesta desarrollada para el tratamiento de objetos arqueológicos de hierro. Finalmente, la *transferencia de proyectos de investigación* en laboratorios de restauración, se demuestra mediante la aplicación en un laboratorio francés de las tecnologías de fluidos subcríticos desarrolladas en EEUU para la estabilización de hierro arqueológico submarino.

El consejo editorial del BROME C se ha ampliado con la grata ayuda de dos traductores: uno hispanófono y otro francófono, respectivamente: Diana Lafuente (estudiante de doctorado) y Elodie Guilminot (científico de la conservación/*conservation scientist*). Nuestro agradecimiento a Diana y Elodie por su dedicación para incrementar la difusión internacional de las investigaciones en la conservación del metal. Destacar que para el BROME C 29 la mayoría de los resúmenes están presentados en otros idiomas que no son el inglés (5 en francés y 1 en español), mientras que 3 de los 4 presentados en inglés han sido por autores que tienen el inglés como segundo idioma.

Para su comodidad, la lista de resúmenes del BROME C (números 1-28) clasificada por materias, ha sido actualizada por Elodie y puede ser descargada (en inglés y francés) desde el sitio (<http://tech.groups.yahoo.com/group/Metals-WG-ICOM-CC/files/>). Animamos a los autores de resúmenes de cualquier BROME C que tengan trabajos asociados a los proyectos presentados publicados en revistas especializadas, a contactar con Elodie con los detalles de dichas referencias bibliográficas para incluirlas en las futuras listas de resúmenes del BROME C.

Como siempre, esperamos que encuentren este número de su interés y que les sea útil.

Editor

James CRAWFORD¹

Coeditor



Michel BOUCHARD

Coeditor




Emilio CANO

¹ Traducido por E. Cano y D. Lafuente. Versión original escrita por el Editor en inglés; consultar la versión inglesa del BROME C 29.





Nuevos proyectos de investigación

 Comprensión de los mecanismos de dechloruración de objetos arqueológicos de hierro de origen submarino y aplicación para la optimización de los tratamientos de dechloruración	3
 La emisión acústica para escuchar la corrosión activa	4


Proyectos de investigación en desarrollo

 Investigación de la tecnología metalúrgica del naufragio de la corbeta de guerra HMS Swift (1770), Puerto Deseado (Santa Cruz, Argentina)	5
 Conservación de objetos metálicos mediante plasma en el Laboratorio de Física de Plasma del NCSR “Demokritos”	6
 Restauración y estudio de una colección de saetas de ballesta de hierro y aleaciones de cobre	7

Proyectos de investigación finalizados

 Enfoques actuales de los productos de corrosión de hierro en armaduras de munición: resultados de un cuestionario internacional de laboratorio	8
 Estudios de la corrosión y los tratamientos de conservación-restauración de artefactos con plata córnea (AgCl)	9
 Aproximación de laboratorio al empañamiento y limpieza de aleaciones de plata	10
 Investigando tratamientos de conservación para artefactos de hierro arqueológicos y su aplicación en objetos seleccionados de Tell-El Farama, Norte de Sinaí, Egipto	11

Transferencia de proyectos de investigación

 La estabilización de objetos arqueológicos de hierro usando fluidos subcríticos	12
Abreviaturas y acrónimos	13

Información general

Próximos seminarios y congresos	14
Anuncios	14
Sitios web	14
Contactos Nacionales del Grupo de Trabajo de Metales del ICOM-CC	16

Nuevo proyecto de investigación

Comprensión de los mecanismos de dechloruración de objetos arqueológicos de hierro de origen submarino y aplicación para la optimización de los tratamientos de dechloruración. (CEA, AA, SS, LEMMA)²

Para frenar el deterioro de objetos arqueológicos de hierro submarinos después de su excavación, los trabajos de conservación-restauración han establecido tratamientos de estabilización mediante la extracción de iones cloruro. Los cloruros presentes en las capas de productos de corrosión formadas durante la inmersión, participan de hecho en la degradación observada en objetos arqueológicos. A pesar de la clara efectividad, estos tratamientos permanecen poco optimizados (duración del tratamiento, impacto sobre el objeto...).

Dentro del marco de estos problemas, el Laboratoire d'Archéomatériaux et Prévision de l'Altération à long terme³ en colaboración con la línea DiffAbs (difracción y absorción de rayos X) del sincrotrón SOLEIL, están interesados en la comprensión de los mecanismos de dechloruración involucrados en los tratamientos de estabilización aplicados en los objetos arqueológicos que proceden de excavaciones subacuáticas.

Este trabajo está estructurado en torno a tres ejes:

1. Caracterización de las capas de productos de corrosión, antes, durante y después del tratamiento se realiza por análisis morfológico, elemental y estructural, mediante técnicas de caracterización complementarias acopladas a varias escalas (microscopía óptica, SEM-EDS, espectroscopia Raman, XRD y XAS). Se estudian tres tratamientos de estabilización :
 - medio aireado:
 - inmersión en una solución de (NaOH)
 - inmersión en una solución de hidróxido potásico (KOH) junto a una polarización catódica (-1.45V/ESS)
 - medio desaireado :
 - inmersión en una solución de sulfito alcalino (0.5 M mezcla equimolar de NaOH y de Na₂SO₃)
2. Con el fin de entender con más precisión los mecanismos de dechloruración, la evolución de los productos de corrosión se han seguido con análisis in-situ durante los primeros estadios del tratamiento. Se trata de, por una parte, trabajar con sistemas de corrosión procedentes de muestras arqueológicas y, por otra, de trabajar sobre las fases de cloradas puras (hidroxicloruro de hierro – β -Fe₂(OH)₃Cl, y akaganéita – β -FeOOH) identificada durante la caracterización con el fin de destacar los fenómenos de reactividad (química y electroquímica) de las fases y del transporte de las especies (Cl, OH...) dentro de las capas de los productos de corrosión.
3. Finalmente, está previsto un estudio estructural más profundo sobre la fase clorada mayoritariamente identificada en los productos de corrosión, el hidroxicloruro de hierro – β -Fe₂(OH)₃Cl.

El objetivo final es el de proponer modelos de dechloruración que permitan la optimización de los tratamientos.

Este estudio se ha llevado a cabo dentro del marco de una tesis BDI co-financiada por el CNRS y el sincrotrón SOLEIL. Se mantiene una estrecha relación entre el laboratorio de restauración e investigación sobre objetos de arte Arc'Antique y el Laboratoire d'Etudes des Matériaux en Milieux Agressifs.

Contacto : Florian Kergourlay (florian.kergourlay@cea.fr), Philippe Dillmann, Delphine Neff y Solenn Reguer (CEA)

Financiación : CEA, CNRS y sincrotrón SOLEIL

² Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en francés; consultar la versión francesa del BROME C 29.

³ CEA/IRAMIS/SIS2M/LAPA, ex-Laboratoire Pierre Süe

Nuevo proyecto de investigación

La emisión acústica para escuchar la corrosión activa. (A-C/EPA) ⁴

El objetivo de este programa de investigación es explorar las posibilidades que ofrece la emisión acústica (EA) como una herramienta de diagnóstico del patrimonio histórico. La emisión acústica es una técnica que permite la detección de ondas elásticas generadas por la rápida relajación de energía liberada ligada a toda reacción química (y a la posterior formación de productos de corrosión debidos a la reacción) o con toda transformación física (fisuración, delaminación) en los materiales. Ésta permite la detección de todo fallo evolutivo en el material. Actualmente, la emisión acústica se usa normalmente en la industria para una amplia gama de aplicaciones para la detección y localización de defectos: corrosión por picadura de los aceros inoxidable, corrosión de las armaduras de acero en el hormigón, corrosión en fisuras... La etapa preliminar de todo diagnóstico con esta técnica es la creación de una base de datos que documente todos los sonidos característicos (de una determinada frecuencia y un periodo de tiempo), también llamadas “firmas acústicas”, relacionadas con fenómenos físicos o químicos.

En el campo del patrimonio cultural, estamos trabajando en la idea de que todo defecto progresivo en un objeto arqueológico, como las fisuras en piedras y cerámicas, el *crizzling* (craquelado) de los vidrios o la corrosión activa en los metales podrían ser registrados con la ayuda de esta técnica. Para este programa inicial de investigación hemos usado la tecnología de EA sobre objetos arqueológicos y sobre un monumento histórico a través de tres etapas de tratamiento de conservación-restauración:

- Antes del tratamiento: la técnica fue usada para el diagnóstico post-excavación de un objeto de hierro arqueológico con la esperanza de detectar corrosión activa y de planificar si un tratamiento de estabilización era necesario o no. Un clavo estable del s. XIII fue colocado deliberadamente en una solución clorurada (NaCl) durante 24 horas y se dejó secar a una temperatura ambiente. Al final de la etapa de secado fuimos capaces de determinar la señal acústica característica de la corrosión activa producida por este objeto.
- Durante el tratamiento: la polarización catódica se ha usado durante mucho tiempo para desincrustar y estabilizar los objetos de hierro recuperados del mar. Durante esta fase de desincrustación (realizada mediante las burbujas de hidrógeno generadas por polarización) la dificultad recurrente para el conservador-restaurador es controlar los parámetros de polarización usando sólo como variables ajustables la tensión de celda y la intensidad de corriente (y la lectura de potencial del objeto). El ojo del conservador-restaurador es por tanto de una importancia primordial para controlar el tamaño de las burbujas de hidrógeno con el fin de prevenir la formación de burbujas demasiado grandes (entre la capa de metal y la recubierta con grafito) que podrían destruir la superficie original. Con el objetivo de un mejor seguimiento de esta fase crítica, hemos usado un sistema de EA y grabado la señal, en tiempo real, durante el burbujeo de un cañón del siglo XVIII. Este primer estudio ha permitido identificar dos tamaños de burbujas y demostrar que esta técnica está adaptada al control de la polarización catódica.
- Después del tratamiento: la técnica de emisión acústica puede ser también usada como una herramienta post-tratamiento para controlar si un objeto arqueológico permanece estable con el tiempo y, además, como una herramienta de diagnóstico en el patrimonio industrial y edificios históricos. Durante este estudio hemos usado EA para detectar in situ, a tiempo real, la corrosión activa de los cables de acero que sustentan el techo de un monumento histórico creado por el arquitecto Le Corbusier en Firminy, en la región del Loira (42). Este uso, más “clásico”, ha permitido redactar un informe de la situación de las estructuras sin tener que atravesarlas completamente.

Como conclusión, la técnica de emisión acústica es una técnica prometedora porque permite un diagnóstico multi-material, antes, durante y después de los tratamientos de conservación-restauración. Ésta permite, además, un diagnóstico de partes ocultas o inaccesibles y facilita así la toma de decisiones relacionadas con el tratamiento a llevar a cabo. Sin embargo, requiere la creación preliminar de una base de datos de señales acústicas relativas a los fenómenos de estudio o aquellos que podrán intervenir potencialmente sobre el objeto. Para el año 2010, prevemos registrar las firmas acústicas características de objetos arqueológicos en aleaciones de hierro y cobre.

Contacto : J.B. Memet (jbmemet@a-corros.fr), Ph. de Viviés, M. Boinet y D. Marlot

Financiación : A-C, EPA y OSEO Innovation

⁴ Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en francés; consultar la versión francesa del BROMECE 29.

Proyecto de investigación en desarrollo

Investigación de la tecnología metalúrgica del naufragio de la corbeta de guerra HMS Swift (1770), Puerto Deseado (Santa Cruz, Argentina). (PROAS, INAPL y GAM, Fi-UBA)⁵

Desde sus comienzos, uno de los principales objetivos del GAM de la Facultad de Ingeniería de la UBA fue la investigación de restos metálicos provenientes de diversos naufragios, ocurridos en su mayoría a lo largo de la costa atlántica argentina entre los siglos XVII y XIX.

Dentro de este ámbito, nuestro trabajo se focaliza en los artefactos metálicos recuperados del naufragio de la corbeta de guerra HMS *Swift* (1770), ocurrido en Puerto Deseado (provincia de Santa Cruz, Argentina). La investigación se enmarca dentro del PROAS (INAPL). Desde su inicio en 1997, la dirección general del proyecto arqueológico está a cargo de la Dra. Dolores Elkin. La historia particular del naufragio de la *Swift* y las condiciones del medio en las que se encuentra –baja temperatura, sedimento fino y compacto, ambiente pobre en oxígeno–son responsables de la buena preservación de una variada muestra de artefactos metálicos provenientes del sitio. Algunos de ellos formaron parte de los accesorios y equipamiento de la embarcación, mientras que otros están vinculados con la amplia variedad de actividades que se desarrollaron a bordo. Podemos mencionar: cañones, anclas, bomba de agua, imbornales, marcas de calado, cocina, estufa, utensilios de cocción y de mesa (e.g. olla, colador, cucharas), hebillas, botones, y otros tantos artefactos que formaban parte del mobiliario y de las pertenencias personales de los tripulantes (e.g. campana, espita, contrapesos, candeleros, pomos, monedas, collar de perro y tintero). Los principales metales que componen la colección son: hierro, cobre y aleaciones (bronce y latón), plomo, peltre y plata. Los análisis realizados sobre muestras de varios de los artefactos mencionados arriba se basan en la aplicación de técnicas analíticas de la Ciencia de Materiales, entre ellas: metalografía, SEM-EDS, ensayos de dureza, radiografía, DRX y microsonda electrónica.

Los estudios se insertan dentro de algunas de las principales líneas de investigación del proyecto arqueológico, como las condiciones de vida a bordo (alimentación, vestimenta, salud y estatus social) y los desarrollos tecnológicos de la época (en cuanto a arquitectura naval, armamento, mobiliario y utensilios varios). Los resultados obtenidos hasta la fecha nos han permitido apreciar los distintos tipos y la calidad de los materiales utilizados; explorar los conocimientos acerca de las técnicas y procedimientos de manufactura; analizar el uso y reciclado de ciertos ejemplares; así como evaluar el estado de conservación de los artefactos y los procesos de deterioro que sufrieron desde el naufragio. Algunos de los resultados fueron presentados en congresos y publicados en medios especializados^{6,7,8}.
⁹. Nos disponemos a extender y profundizar los estudios dentro de las áreas temáticas mencionadas.

Contacto: Nicolás C. Ciarlo (nciarlo@yahoo.com.ar) (PROAS / INAPL y GAM / Fi-UBA).

Financiación: Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Argentina

⁵ Versión en idioma original – enviado por el autor en Español.

⁶ Ciarlo, N. C. y H. De Rosa 2009. Caracterización de un conjunto de cucharas del naufragio de la corbeta británica HMS *Swift* (1770), Puerto Deseado. En M. O. Palacios, C. Vázquez, T. Palacios y E. Cabanillas (eds.), *Arqueometría Latinoamericana: II Congreso Argentino y I Latinoamericano*, vol. 1, pp. 270-279. Buenos Aires, Argentina.

⁷ Ciarlo, N. C., H. De Rosa, D. Elkin, H. Svoboda, D. Vainstub y L. Díaz Perdiguero 2009. Tecnología de anclas del siglo XVIII. Análisis de una pieza hallada en cercanías del sitio de naufragio *Swift* (1763-1770), Puerto Deseado (Santa Cruz, Argentina). *III Congreso Argentino de Arqueometría y II Jornadas Nacionales para el Estudio de Bienes Culturales*, Córdoba, Argentina (Enviado a publicación).

⁸ De Rosa, H., N. C. Ciarlo y H. Svoboda 2009. Características constructivas y microestructurales de un botón de un uniforme naval inglés del sitio *Swift* (1770). En M. O. Palacios, C. Vázquez, T. Palacios y E. Cabanillas (eds.), *Arqueometría Latinoamericana: II Congreso Argentino y I Latinoamericano*, vol. 1, pp. 227-232. Buenos Aires, Argentina.

⁹ De Rosa, H., D. Elkin, N. C. Ciarlo y F. Saporiti 2007. Characterization of a Coin from the Shipwreck of HMS *Swift* (1770). *Technical Briefs in Historical Archaeology* 2:32-36.

Proyecto de investigación en desarrollo



Conservación de objetos metálicos mediante plasma en el Laboratorio de Física de Plasma del NCSR “Demokritos”. (NCSR “Demokritos”)¹⁰

Durante los últimos 15 años, cientos de objetos metálicos han sido restaurados en el Laboratorio de Física de Plasma del NCSR “Demokritos” usando métodos de química de plasma. El método se basa en la reducción de los productos de corrosión por especies de reductoras reactivas como los átomos de hidrógeno en plasma de H₂. Se instalaron dos dispositivos de RF de descarga luminiscente de diferentes dimensiones, similares al aparato prototipo de Veprek¹¹.

Una amplia investigación se ha desarrollado durante los últimos años, llevando a conclusiones estándar que han sido publicadas. Los primeros experimentos se ocuparon de la reducción por plasma de hidrógeno ya sea en objetos de hierro oxidados o en probetas artificialmente corroídas¹²⁻¹³. Se ha llevado a cabo una búsqueda extensiva en un gran número de objetos históricos con un estado de oxidación variable. Se ha usado una combinación de parámetros de gas y plasma (presión, densidad de plasma y temperaturas de ión y electrón) para adquirir diversos valores. Esta investigación se ha ampliado usando la influencia del potencial eléctrico externo de CC¹⁴, mientras al mismo tiempo se llevaba a cabo un estudio teórico completo de los parámetros de la cubierta de plasma bajo condiciones específicas adaptadas a nuestro experimento. Además, la investigación continúa estudiando la combinación con CC externa, que viene a través de los objetos de transformación, y el plasma. Al mismo tiempo hemos confirmado el poder de la teoría de la sonda Langmuir.

Recientemente, la reducción de plasma de hidrógeno se ha usado para la conservación de objetos de hierro subacuáticos en el marco de un proyecto de doctorado. La técnica se usa bien como único método de conservación, comparando tratamientos a diferentes temperaturas, o en combinación con tratamientos de sulfito alcalino usando hidróxido sódico. Investigaciones adicionales se están desarrollando en relación con artefactos hechos en diferentes aleaciones de cobre¹⁵ con composición química y características metalúrgicas similares a las de las aleaciones de cobre antiguo.

Contacto: C. L. Xaplanteris y E. Filippaki (lfilip@ims.demokritos.gr) (NCSR “Demokritos”)

Financiación: Varios programas de financiación

¹⁰ Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original enviada por los autores en inglés; consultar la versión inglesa del BROMECE 29.

¹¹ Veprek, V., Eckmann, Ch., Elmer, J. (1988). Plasma Chemistry and Plasma Processing, 8 (4), pp. 445-465


¹² Kotzamanidi I., Sarris Em., Vassiliou P., Kollia C., Kaniyas G.D., Varoufakis G.J., Filippakis S.E., (1999). British Corrosion Journal, 34 (4), pp. 285-291.

¹³ Kotzamanidi, I., Vassiliou, P., Sarris, Em., Anastasiadis, A., Filippaki, E., Filippakis, S. (2002). Anti-corrosion methods and materials, 49 (4).

¹⁴ Xaplanteris, C., Filippaki, E. Topics on Chaotic Systems, Selected Papers from CHAOS 2008 International Conference, Chania, Crete, Greece, 3-6 June 2008, pp. 406-415.

¹⁵ Novakovic, J., Papadopoulou, O., Vassiliou, P., Filippaki, E., Bassiakos, Y. (en prensa). Analytical Bioanalytical Chemistry, Special Issue Technart 2009.

Proyecto de investigación en desarrollo

 Restauración y estudio de una colección de saetas de ballesta de hierro y aleaciones de cobre. (SADY, UPIPS, ENSCP)¹⁶

La restauración y estudio de una colección de saetas de ballesta de hierro de la Edad Media tardía, procedentes de excavaciones del castillo de la Madeleine (Chevreuse, Yvelines), permitieron evidenciar la presencia de un revestimiento de aleación de cobre, tanto fuera como dentro del casquillo. En la mayoría de los objetos, fuertemente mineralizados, los restos se presentaron en forma de áreas de productos de corrosión de cobre verdes o, rara vez, de aleaciones de cobre en su estado metálico, indetectables mediante radiografías. La presencia de este recubrimiento se observó en aproximadamente el 80% de saetas de ballesta de la excavación (que cuenta con 68 ejemplares), y se encontró en objetos que pertenecían a diferentes tipologías. La bibliografía sobre este fenómeno es inexistente y conocemos un solo caso de hallazgos similares. En el BROMECE 25 (febrero 2008) se hizo un llamado a aquellos que podrían haber tratado con objetos que tuviesen este recubrimiento, pero no tuvo éxito.

Un estudio analítico usando SEM y un sistema analítico de EDS, software IMIX-PGT, fue llevado a cabo sobre una selección de saetas: dos fueron sacrificadas, lo que permitió hacer cortes en diferentes direcciones y hacer un estudio metalográfico; cinco se sometieron a análisis superficiales. El estudio permitió precisar que los revestimientos de aleaciones de cobre eran de composición diferente, lo que anulaba la hipótesis de un único lote de manufactura. De hecho, podemos distinguir tres aleaciones: la primera es un bronce binario que tiene una concentración media de estaño del 5,5% en masa, la segunda es un bronce ternario (hasta 5% de estaño, alrededor del 2% de zinc, plomo en cantidades traza); el último es un bronce ternario con una concentración de zinc (4,5%) mayor que la de estaño (3,5%). También se pudo, haciendo uso de los análisis, hacer una hipótesis sobre los procesos técnicos de manufactura, que sería un baño de metal fundido, después del conformado. De hecho, la disposición de los componentes de cobre en relación con los restos de hierro parecen indicar que los objetos de hierro se pusieron en contacto con las aleaciones de cobre fundidas el suficiente tiempo como para aplicar una capa adecuada.


La intención práctica o el valor simbólico de este recubrimiento continúa, por otra parte, siendo inexplicable, así como el predominio de las saetas de ballesta polimetálicas en el corpus proveniente del castillo de Chevreuse. ¿Es el recubrimiento una particularidad local o la aleación de cobre ha estado originalmente presente en las saetas y no se ha conservado en otras situaciones (y, si fue así, ¿por qué razón?), o quizá se conservó, pero nunca se observó (algunas publicaciones de objetos de hierro estudian artefactos no restaurados). La respuesta a estas cuestiones solamente puede venir del descubrimiento y estudio de otros ejemplares similares, y consecuentemente de la vigilancia de los profesionales hacia los restos de recubrimientos que han sobrevivido, o de las fuentes documentales aún sin explorar.

Contacto: Silvia Païn (SADY) (spain@yvelines.fr), Nicolas Girault (UPIPS) & Aurore Doridot (UPIPS/ENSCP).

Financiación: Sin financiación externa.

¹⁶ Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en francés; consultar la versión francesa del BROMECE 29.

Proyecto de investigación finalizado

◆  Enfoques actuales de los productos de corrosión de hierro en armaduras de munición: resultados de un cuestionario internacional de laboratorio. (HM-UM)¹⁷

El enfoque de la conservación de armas y armaduras ha cambiado considerablemente desde su manufactura y uso. La literatura sobre conservación-restauración de las últimas décadas y nuestras actuales comunicaciones personales con armeros y conservadores-restauradores, mostraron un espectro de metodologías: éstas son generalmente más conscientes científicamente y menos intervencionistas que antes, dado que ahora algunos profesionales preservan algunos productos de corrosión (PC). Sin embargo, los déficit de la literatura son que se ocupa en gran parte de armaduras de más prestigio decoradas y que las aproximaciones específicas a los PC son limitadas en número y en detalle. Esta información insuficiente promovió una fuente complementaria y actual para establecer el *status quo* en las propuestas sobre los PC en armaduras de munición de hierro/acero.

Se distribuyó un cuestionario como archivo adjunto en un email de presentación dirigido individualmente a 109 personas que trabajan para instituciones que coleccionan armaduras y conservadores. El cuestionario se encuadraba en el contexto de investigación relacionado con la determinación de los límites de la superficie original (*limitos*) de los PC de hierro en armaduras de hierro/acero sin decoración¹⁸. Se encuestaron las técnicas y motivaciones para tales prácticas. Veinticuatro conservadores-restauradores de armaduras que representaban 21 organizaciones en Europa y Norteamérica, respondieron. Los principales resultados fueron:

1. La eliminación de los productos de corrosión es unánimemente (100%) la propuesta más comúnmente aplicada a los PC de hierro en las superficies exteriores de las armaduras de munición sin decoración de hierro/acero.
2. El nivel de eliminación de los productos de corrosión es menos decisivo, pero una clara mayoría (71,4%) eligen una propuesta moderada de “eliminar los productos de corrosión marrón/roja, dejando la mayoría/todos los productos de corrosión de color gris oscuro/negro en/sobre las picaduras de corrosión”. La búsqueda de la completa eliminación superficial de los PC parece ser en gran parte, pero no completamente (9,5%), una práctica en desuso. La práctica establecida en la “Palace Armoury” (PA) se sitúa entre estos dos extremos.
3. Prevención de la corrosión (76,2%), información de la superficie (63,7%) y manifestación estética (54,5%) son los factores que mayormente determinan qué productos de corrosión se eliminan, ya que fueron señalados como los que influyen en la práctica en los niveles más altos (es decir, desde altos a muy altos).
4. Las categorías que se citan más a menudo de materiales/equipos que se usan para eliminar los productos de corrosión, son todos métodos manuales físicos: instrumentos de mano (91,7%); y herramientas de lana de acero (66,7%). La fuerte preferencia por procesos físicos es evidente cuando se compara con los procesos químicos en uso [soluciones ácidas (29,2%), agentes quelantes (16,7%).
5. El homogeneizar la apariencia general, la mayoría (70,0%) de los demandados pulen las superficies metálicas adyacentes después de la eliminación de los productos de corrosión.

La obtención de una perspectiva internacional proporcionó un consenso general y un punto de referencia para la PA y otras, para comparar sus actuales enfoques en armaduras de munición, especialmente con respecto a la eliminación de los productos de corrosión. El hecho de limpiar el metal próximo después de la eliminación de los PC puede indicar que las técnicas no se limitan a las áreas corroídas y el pulimento posterior está eliminando innecesariamente metal no afectado. Según este estudio, parece que las motivaciones para la eliminación o mantenimiento de los PC están más enfocadas a mostrar las superficies metálicas con marcas que enfocadas a los PC del hierro que potencialmente preservarían información superficial derivada de la superficie metálica primaria.

Están disponibles, bajo petición al autor, copias electrónicas del cuestionario, los resultados y análisis. Se presentará en el BROME C 30 un resumen de posteriores investigaciones de laboratorio relacionadas con el tema.


Contacto: James Crawford (jamesbcrawford76@gmail.com) & Christian Degriigny (HM-UM)

Financiación: Sin financiación externa.

¹⁷ Traducido al español por E. Cano y D. Lafuente. Versión original presentada por el autor en inglés.

¹⁸ Consultar BROME C 22 (mayo 2007)

Proyecto de investigación finalizado

 Estudios de la corrosión y los tratamientos de conservación-restauración de artefactos con plata córnea (AgCl). (AA)¹⁹

La plata se altera en el suelo. Los productos de corrosión más comunes son los sulfuros y los cloruros. Uno de los principales componentes de las superficies corroídas ha sido identificada como clorargirita, también llamada plata córnea (AgCl). Este compuesto es blanco, pero en presencia de luz e impurezas, se vuelve voluminoso y violáceo. Ofrece una textura cerosa que hace problemática su eliminación mecánica, por lo menos de superficies con una geometría compleja o con detalles sutiles.

El estudio se hizo sobre una colección de joyas provenientes de St Martin de Angers, halladas en tumbas (datadas entre el s. V-VII). La caracterización (SEM-EDS, XRD...) de estos objetos mostró la presencia de varios estratos: el núcleo metálico y dos capas de productos de corrosión (una interna y otra externa). La superficie original se encuentra entre estas dos capas. Estas dos capas se diferencian por su porosidad (mayor en el caso de la capa externa). La capa interna está compuesta principalmente por plata y cloruros. La interfase entre la capa interna y la externa, conocida como superficie original, está a veces caracterizada por la presencia de oro o plomo. Finalmente, la capa externa está caracterizada por una gran concentración de cloruros (20%).

Un cuestionario distribuido a numerosos restauradores franceses, junto a una revisión bibliográfica, permitió la selección de varias técnicas de restauración. Todas las soluciones fueron probadas individualmente. Estos test se realizaron sobre fragmentos de objetos:

- Soluciones ácidas: soluciones ineficaces
Las soluciones probadas (pH<2) son el ácido fórmico y el ácido ortofosfórico. Éstos no tienen ninguna influencia en la disolución de la plata córnea.
- Soluciones básicas: soluciones prometedoras.
Las soluciones testadas (pH>13) son el hidróxido sódico y el hidróxido potásico. El medio básico endurece y ennegrece la capa externa. La capa externa así debilitada y, gracias a los ultrasonidos, se produce una separación al nivel de la superficie original.
- Soluciones quelantes: soluciones efectivas pero pueden ser demasiado...
Las soluciones probadas son el amoníaco (pH 11,5), el tiocianato de amonio (pH 5,6), la tiourea (pH 5,9) y el tiosulfato de amonio (pH 6). Éstos solubilizan el cloruro de plata para formar un complejo con la plata. El tratamiento debe ser adaptado al grosor de la capa externa.
- Otra solución testada: glucosa + hidróxido sódico: solución inadecuada.
Una capa rica en plata se forma en la superficie de la capa externa pero no la vuelve débil. Por tanto, este tratamiento no es adecuado para la eliminación de la capa externa.

Contacto : E. Guilminot (Elodie.guilminot@arcantique.org), S. Lemoine, L. Rossetti, M. Vieau (AA)

Financiación : Sin financiación externa.

¹⁹ Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en francés; consultar la versión francesa del BROMECC 29.

Proyecto de investigación finalizado



Aproximación de laboratorio al empañamiento y limpieza de aleaciones de plata.
(NRC)²⁰

Se han desarrollado procedimientos para sintetizar el empañamiento de la plata en aleaciones de plata contemporánea, basados en métodos electroquímicos y químicos. Altas concentraciones de sulfuro de sodio (0.1M Na₂S) produjeron rápidamente un empañamiento inducido químicamente. El método electroquímico aceleró el empañamiento en bajas concentraciones de Na₂S (6.4x10⁻⁶M) mediante la aplicación de un potencial anódico. La capa de empañamiento se formó en unos pocos minutos con diferentes niveles de color (desde el amarillo hasta el negro). Las mediciones del nivel de brillo indicaron esta variación de color dando el valor de brillo más bajo (%) según se oscurecía el empañamiento. Las mediciones de potencial de circuito abierto indicaron que el potencial se desplaza en la dirección anódica, debido a la formación de la capa de empañamiento sobre la superficie de la plata.


Se probaron métodos apropiados para la limpieza de la plata (esto es, eliminando el empañamiento sintetizado). La limpieza electroquímica se basó en la reducción catódica mediante la aplicación de una corriente catódica en solución al 10% (1:1) de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio por un cierto periodo de tiempo (10-30 min.) También se logró una limpieza galvánica uniéndolo en la misma solución con un ánodo de aluminio. Los resultados presentes indican que la unión galvánica con una pieza de aluminio es uno de los métodos más efectivos para la limpieza de plata contemporánea y tiene un uso potencial en ciertos objetos de plata.

Contacto: V. K. Gouda y A. A. El-Meligi (NRC) (ael_meligi10@hotmail.com)

Financiación: proyecto European Commission- PROMET

²⁰ Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original enviada por los autores en inglés; consultar la versión inglesa del BROMECE 29

Proyecto de investigación finalizado

 Investigando tratamientos de conservación para artefactos de hierro arqueológicos y su aplicación en objetos seleccionados de Tell-El Farama, Norte de Sinaí, Egipto. (FU)²¹

Los objetos de hierro arqueológicos que han estado enterrados en el suelo están bastante corroídos; formando una herrumbre de óxidos e hidróxidos de hierro de color rojo/marrón, que se han formado mediante una serie de procesos complicados y de mezclas con el suelo. Cuando hay sales éstas actúan como electrolitos, mientras que las reacciones químicas que causan la corrosión se refuerzan por reacciones electroquímicas y la mineralización se acelera enormemente.

El objetivo de este trabajo es, por tanto, entender el proceso de corrosión relacionado con la presencia de iones cloruro (Cl⁻) en el suelo, y determinar los mejores métodos para su tratamiento. Para alcanzar este objetivo se hizo un cuidadoso examen para determinar el estado del objeto antes del tratamiento. Para determinar el tipo de productos de corrosión se usó XRD, mientras que el SEM y los exámenes metalográficos se usaron para evaluar la condición interna del objeto. También, XRF se usó para la determinación elemental del objeto. Se hizo un estudio experimental para seleccionar el mejor método para tratar el objeto y se siguió un método de reducción electrolítica seguido de un tratamiento térmico, puesto que tiene muchas ventajas: consolida el objeto; extrae los cloruros y reduce los productos de corrosión. Recomendamos este tipo de tratamiento para artefactos como estos. Finalmente, para limitar futuros deterioros, el artefacto se cubrió con una cera.

Contacto: E Mohamed Moatamed (mmoatamed_2@yahoo.com) (FU)

Financiación: Sin financiación externa

²¹ Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en inglés; consultar la versión inglesa del BROMECE 29.

Transferencia de proyecto de investigación



La estabilización de objetos arqueológicos de hierro usando fluidos subcríticos. (A-CORROS, CCC) ²²

La estabilización de objetos arqueológicos de hierro es una etapa esencial en el proceso de conservación-restauración de un artefacto. Existen muchas técnicas que permite extraer los cloruros, que son los principales agentes de la corrosión, de los materiales. Sin embargo, es bastante habitual que el tiempo de tratamiento en conservación arqueológica sea relativamente largo, desde meses a incluso años, que implica costes relativamente elevados.

Una nueva tecnología, basada en el uso de fluidos subcríticos, permite disminuir de manera significativa la duración del tratamiento. También parece mejorar claramente la extracción de los cloruros del objeto, garantizando la estabilidad a largo plazo en condiciones normales de temperatura y humedad. Esta tecnología fue desarrollada y probada por primera vez en 2003, en los Estados Unidos en el Clemson Conservation Center de Charleston, Carolina del Sur, sobre objetos arqueológicos de hierro ^{23, 24, 25}.

En el caso específico de la estabilización de objetos arqueológicos, se habla de fluidos subcríticos cuando una solución química (en este caso NaOH) es presurizada de tal forma que puede ser calentada a una temperatura de trabajo de alrededor de 180°C (la mejor temperatura de extracción) y permanece aún en fase líquida. A esta temperatura, la solución química adquiere propiedades cercanas a las de los gases. De hecho, aumentando la temperatura se aumenta de manera significativa la constante de difusión de los iones cloruro, mientras que reduciendo la viscosidad y la densidad del agua se mejora el transporte de fluidos y su penetración los intersticios de las capas de corrosión. Finalmente, la reducción de la tensión superficial de la solución química mejora su penetración en el material y facilita el intercambio de iones.

Desde 2009, tras el establecimiento de una colaboración entre el Centro de Conservación de Clemson y A-CORROS, los estudios de ingeniería y conceptuales están en curso con el fin de establecer esta tecnología en Francia. Además, el CCC está equipado con un nuevo reactor que permite aumentar su capacidad para tratar objetos de mayor tamaño.

Contacto: Philippe de Viviés (devivies@a-corros.fr), Typhaine Rosa-Brocard (CCC), Michael Drews (CCC), Nestor Gonzalez (CCC), Paul Mardikian (CCC) y Jean-Bernard Memet (A-C)

Financiación: Sin financiación externa.

²² Traducido al español por D. Lafuente y E. Cano. Versión original presentada por el autor en francés; consultar la versión francesa del BROMECE 29.

²³ M. J. Drews, P. de Viviés, N. G. González and P. Mardikian, "A study of the analysis and removal of chloride in iron samples from the *Hunley*," Metal 04, Proceedings of the International Conference on Metals Conservation, Canberra, Australia, October 2004, National Museum of Australia, Canberra, pp. 247-260 (2004).

²⁴ P. de Viviés, D. Cook, M. J. Drews, N. G. González, P. Mardikian and J.B. Memet, "Transformation of akaganeite in archaeological iron artefacts using subcritical treatment", Metal 07, Proceedings of the International Conference on Metals Conservation, Amsterdam, Netherlands, October 2007, Rijksmuseum Amsterdam, Vol 5, pp. 26-30 (2007).

²⁵ N. G. González, D. Cook, M. J. Drews, P. de Viviés, P. Mardikian, "The effect of cathodic polarization, soaking in alkaline solutions and subcritical water on cast iron corrosion products", Metal 07, Proceedings of the International Conference on Metals Conservation, Amsterdam, Netherlands, October 2007, Rijksmuseum Amsterdam, Vol 3, pp. 32-37 (2007).

Abreviaturas y acrónimos

AA : Arc'Antique
A-C : A-CORROS Expertises (Francia)
BDI : bourses de docteurs ingénieurs
CC : corriente continua
CCC: Clemson Conservation Center (Estados Unidos)
CEA : Commissariat à l'Energie Atomique (Francia)
CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique (Francia)
EA : emisión acústica
EDS : espectrómetro/espectroscopía de dispersión de energías
ENSCP : École Nationale Supérieure de Chimie de Paris (Francia)
EPA : Euro Physical Acoustics (Francia)
ESS : electrodo de sulfato mercurioso saturado (Hg/HgSO₄/K₂SO₄sat) (ESS=0.658V/ENH [electrodo normal de hidrógeno])
FU : Fayoum University (Egipto)
GAM: Grupo de Arqueometalurgia (Argentina)
HM-UM : Institute of Conservation and Management of Cultural Heritage, Heritage Malta - University of Malta (Malta)
IMIX-PGT : microanalizador integrado para imágenes y rayos X – Princeton Gamma-Tech
INALP: Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano (Argentina)
IRaMiS : Institut Rayonnement Matière de Saclay (Francia)
LAPA : Laboratoire d'Archéomatériaux et Prévision de l'Altération (Francia)
LEMMA : Laboratoire d'Etudes des Matériaux en Milieux Agressifs (Francia)
NCSR : National Centre of Scientific Research (Grecia)
NRC : National Research Centre, Physical Chemistry Department (Egipto)
PA : Palace Armoury (Malta)
PC : productos de corrosión
PROAS: Programa de Arqueología Subacuática (Argentina)
RF : radio frecuencia
SADY : Service archéologique départemental des Yvelines (Francia)
SEM : microscopía/microscopio electrónica/o de barrido
SIS2M : Service Interdisciplinaire sur les Systèmes Moléculaires et les Matériaux d'IRaMiS (Francia)
SS : sincrotrón SOLEIL (Francia)
UBA: Universidad de Buenos Aires (Argentina)
UPIPS : Université Paris I - Panthéon-Sorbonne (Francia)
XAS: espectroscopía de absorción de rayos X
XRF : fluorescencia de rayos X
XRD : difracción de rayos X

Información general

Próximos seminarios y congresos

- **Coloquio sobre Conservación de Hierro Arqueológico** (24-26 junio, 2010, Stuttgart, Alemania). En el Academia Estatal de Arte y Diseño de Stuttgart, en colaboración con el sub-grupo de trabajo “Hierro arqueológico tras la excavación” (AIAE-Archaeological Iron After Excavation) del GT de Metales del ICOM-CC. Para más información, contactar con Gerhard Eggert (gerhard.eggert@abk-stuttgart.de).
- **ENAMEL 2010** 3ª Reunión de Expertos en Conservación de Esmaltes sobre Metal (8-9 octubre, 2010, Frick Collection, Nueva York, Estados Unidos de América). Organizado por el sub-grupo ENAMEL, de los GT de “Metales” y “Vidrio y Cerámica” del ICOM-CC. Para más información <http://www.icom-cc.org/52/event/?id=68>.
- **Metal 2010: Congreso Trienal de Conservación de Metales** (11-15 octubre, 2010, Charleston, Carolina del Sur, Estados Unidos de América). Grupo de Trabajo de metales del Comité de Conservación del ICOM. Línea de tiempo de la publicación: <http://www.timetoast.com/timelines/4880> Más información: <http://www.icom-cc.org/51/news/?id=22>.

Anuncios

Nuevo

Nuevo grupo de trabajo de la EFC – “Corrosion of Heritage Artefacts” (Corrosión de objetos del patrimonio): La Federación Europea de Corrosión (*European Federation of Corrosion*, EFC) ha creado un grupo de trabajo dedicado a la “corrosión de objetos del patrimonio”. En estrecha colaboración con otras instituciones europeas y grupos de trabajo que ya existen, este grupo de trabajo tiene como objetivo el rellenar el hueco entre los estudios científicos de corrosión y otros campos como la restauración, conservación o predicción de la corrosión a muy largo plazo. La sesión inaugural de este grupo de trabajo tuvo lugar en el congreso EUROCORR 2009 (<http://www.eurocorr.org/>) en Niza (Francia). Para más información: Philippe Dillmann (Philippe.dillmann@cea.fr), jefe del “Archaeomaterials and Alteration Prediction Laboratory”, SIS2M/LPS CEA/CNRS y IRAMAT LMC CNRS, CEA Saclay, 91191 Gif sur Yvette Cedex, Francia.

Sitios web

- **ANDRA:** Agencia Nacional para la Gestión de Residuos Radiactivos. Los siguientes documentos pueden obtenerse libremente en este sitio: *Analogues archéologiques et corrosion* (en francés) y *Prediction of Long Term Corrosion Behaviour in Nuclear Waste Systems* (en inglés). (http://www.andra.fr/interne.php3?publi=publication&id_rubrique=82&p=produit&id=5).
- **ARTECH network:** Red que facilita el acceso de profesionales especialistas en conservación a diferentes técnicas de investigación de objetos del Patrimonio Cultural (<http://www.eu-artech.org/>).

- **BigStuff 2004:** Cuidado de Objetos Tecnológicos Grandes (<http://www.awm.gov.au/events/conference/bigstuff/index.asp>).
- **CAMEO:** Información química, física, visual y analítica de más de 10000 materiales históricos y contemporáneos usados en la conservación, preservación y producción de materiales artísticos, arquitectónicos y arqueológicos (<http://cameo.mfa.org/>).
- **Cost Action D42: ENVIART:** Interacciones Químicas entre Objetos Culturales y Ambientes Interiores. Regístrese (gratuito) para acceder a toda la información (<http://www.echn.net/enviart/>).
- **Cost Action G7: Conservation de obras de arte mediante laser:** (<http://alpha1.infim.ro/cost>).
- **Cost Action G8: Análisis no-destructivos y ensayos de objetos de museo:** Pueden descargarse resúmenes y folletos de talleres, así como anuncios de actividades previas (Fechas límite de Misiones Científicas Cortas, cursos de formación...) (<http://srs.dl.ac.uk/arch/cost-g8/>).
- **Espectroscopías Infrarrojo y Raman para patrimonio cultural:** (<http://www.irug.org/default.asp>).
- **e-Preservation Science:** Publication en línea de trabajos en ciencia de la conservación (<http://www.morana-rtd.com/e-preservation-science/>).
- **Fundación de Conservación de New York:** (<http://www.nycf.org/>).
- **Grupo de Trabajo de Metales del ICOM-CC:** (<http://www.icom-cc.org/31/working-groups/metals/>). Este sitio web es el oficial de todas las actividades, foros, noticias, descarga de archivos e información del GT Metales del ICOM-CC. El coordinador puede escribir e-mails a todos los miembros desde este sitio una vez que los miembros del grupo se hayan registrado. El acceso público a este sitio es limitado.
- **ICOMAM:** Comité Internacional de Museos y Colecciones de Armas e Historia Militar: (<http://www.klm-mra.be/icomam/>).
- **Laboratorio Pierre Sue:** Pueden descargarse en francés Tesis Doctorales del LPS relacionadas a la alteración de objetos arqueológicos. Siga el vínculo desde “Archéomatériaux et prévision de l’altération” (<http://www-drecom cea.fr/lps/>).
- **METALCons-info:** información sobre conservación de metales (<http://metalsconservationinformation.wetpaint.com/>) es donde el antiguo sitio METALCons-info ha sido movido y rediseñado. Es un sitio basado en wiki, lo que significa que puede crecer con contribuciones de los “escritores”- es decir, tú. Su fuerza depende de la voluntad que tengas de usarlo. Cada semana envía un resumen de la actividad a los miembros, así que ¡regístrate!. Actualmente es visible públicamente, pero podría cambiar si hay actividades no deseadas.
- **M2ADL:** Laboratorio de Diagnóstico de Microquímica y Microscopía de Bienes Culturales (http://www.tecore.unibo.it/html/Lab_Microscopia/M2ADL/).

- **PROMET**: Proyecto de 3,5 años financiado por el 6º Programa Marco de la Unión Europea (21 participantes de 11 países de la cuenca del Mediterráneo) que desarrollaron estrategias de conservación para las principales colecciones de metales a lo largo del Mediterráneo (<http://www.promet.org.gr>).
- **Red Europea de Patrimonio Cultural**: Red europea de profesionales interesados en la conservación de Patrimonio Cultural (<http://www.echn.net/>).
- **Red LabS-TECH**: (<http://www.chm.unipg.it/chimgen/LabS-TECH.html>).
- **Restauración Metal Sur America**: (<http://www.restauraciondemetales.cl/>).
- **Revisión de Artefactos Industriales**: Diseño Industrial y el rol del arte y fotografía en la promoción del patrimonio cultural (<http://industrialartifactsreview.com/>).
- **TEL**: Tesis Doctorales en línea (<http://tel.ccsd.cnrs.fr/>).
- **Yahoo Groups Metals Conservation**: (<http://tech.groups.yahoo.com/group/Metals-WG-ICOM-CC/>). Un grupo de discusión para todos aquellos que estén interesados en conservación de metales. Únete y hagamos de él un “Metals Cons-Dist List”.

Contactos Nacionales del Grupo de Trabajo de Metales del ICOM-CC

- Alemania**: Britta Schmutzler, Estudiante de doctorado “Conservación de objetos”, Academia Estatal de Arte y Diseño (Staatliche Akademie der Bildenden Künste), Stuttgart.
- Argentina**: Blanca Rosales, investigador, CIDEPINT, La Plata.
- Australia**: David Hallam, conservador-restaurador senior de objetos del Museo Nacional de Australia (National Museum of Australia), Canberra.
- Bélgica**: Annemie Adriaens, investigadora y profesora, Jefe del grupo “Electrochemistry and Surface Analysis”, Universidad de Gante (Universiteit Gent) y Gilberte Dewanckel, conservadora-restauradora del Real Instituto del Patrimonio Artístico (Institut Royal du Patrimoine Artistique), Bruselas.
- Bulgaria**: Petia Penkova, conservadora-restauradora, Departamento de Conservación-Restauración, Academia Nacional de Arte, Sofía.
- Canada**: Judy Logan, conservadora-restauradora (jubilada), Ottawa.
- Croacia**: Zoran Kirchhoffer, conservador-restaurador, Museo de Tecnología de Zagreb (Tehnički muzej Zagreb).
- Chile**: Johanna Theile, conservadora-restauradora y profesora, Facultad de Arte, Universidad de Chile Las Encinas, Santiago de Chile.
- Dinamarca**: Karen Stemann Petersen, conservadora-restauradora, Museo Nacional de Dinamarca (National Museet), Copenhague.
- Egipto**: Wafaa Anwar Mohamed, conservadora-restauradora, Giza.
- España**: Emilio Cano, científico, Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Estados Unidos de América**: John Scott, Fundación de Conservación de Nueva York (New York Conservation Foundation), New York.
- Federación Rusa**: Andrey Chulin, conservador-restaurador, Museo Estatal del Hermitage, San Petersburgo.
- Finlandia**: Eero Ehanti, conservador-restaurador, Museo Marítimo de Finlandia (Suomen Merimuseo), Helsinki.

Francia: Marie-Anne Loeper-Attia, conservadora-restauradora y profesora asociada del Departamento de Conservación, Instituto Nacional del Patrimonio (Institut National du Patrimoine), St Denis, Paris y Elodie Guilminot, científico de conservación, Arc'Antique, Nantes.

Grecia: Vasilike Argyropoulos, profesora asociada, Departamento de Conservación de Obras de Arte, Institución de Educación Tecnológica (Technological Educational Institution), Atenas.

Holanda: Ineke Joosten, científico de conservación, Instituto Holandés del Patrimonio Cultural (Instituut Collectie Nederland), Amsterdam.

Hungría: Balazs Lencz, conservador-restaurador senior, Departamento de Conservación, Museo Nacional de Hungría (Magyar Nemzeti Múzeum), Budapest.

Italia: Paola Letardi, científico, Instituto para la Corrosión Marina de los Metales (Istituto per la Corrosione Marina dei Metalli), Genova.

Marruecos: Hind Hammouch, científico, Laboratorio de Electroquímica, Corrosión y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias, Universidad Ibn Tofail, Kenitra.

Noruega: Douwte Van der Meulen, conservadora-restauradora, Departamento de Conservación, Universidad de Oslo (Universitetet i Oslo), Oslo.

Portugal: Isabel Tissot, conservador-restaurador, Instituto Portugués de Conservación-Restauración (Instituto Português de Conservação e Restauro), Lisboa.

Reino Unido: Catia Viegas Wesolowska, conservadora-restauradora, Museo Victoria & Albert, Londres y Mark Dowsett, físico, Universidad Warwick (University of Warwick), Coventry.

Rumanía: Dorin Barbu, conservador-restaurador, Museo Nacional de Brukenthal (Muzeul Național Brukenthal), Sibiu.

Sudáfrica: Jaco Boshoff, arqueólogo marítimo, Museos Iziko de Ciudad del Cabo (Iziko Museums of Cape Town), Ciudad del Cabo.

Suecia: Helena Strandberg, conservadora-restauradora y científico de conservación, independiente, Göteborg.

Suiza: Valentin Boissonnas, conservador-restaurador y profesor, Escuela Superior de Artes Aplicadas Arc (Haute Ecole d'Arts Appliqués Arc), La Chaux-de-Fonds.