



ACADEMIA DE ESPAÑA EN ROMA

ICCROM
CONSERVATION
STUDIES

1

EL Estudio Y LA Conservación DE LA Cerámica Decorada EN Arquitectura



EL Estudio Y LA Conservación
DE LA Cerámica Decorada
EN Arquitectura
UN COMPENDIO DE COLABORACIONES

Roma, Enero 2001 - Junio 2002

COMPILADORES:

Alejandro Alva Balderrama
Ana Almagro Vidal
Isabel Bestué Cardiel



ICCROM – Centro Internacional de Estudios
para la Conservación y la Restauración de Bienes Culturales
y **Academia de España en Roma**



ISBN 92-9077-178-X

© 2003 ICCROM

Centro Internacional de Estudios para la Conservación y la Restauración de Bienes Culturales

Via di San Michele, 13

00153 Roma, Italia

www.iccrom.org

Diseñado por Maxtudio, Roma

Impreso por Ugo Quintily S.p.A.

Índice

Prefacio

NICHOLAS STANLEY-PRICE

v

Prólogo

FELIPE V. GARÍN LOMBART

vii

Introducción

ALEJANDRO ALVA BALDERRAMA

3

El marco del proyecto “El estudio y la conservación de la cerámica decorada aplicada en arquitectura”

ANA ALMAGRO VIDAL, ISABEL BESTUÉ CARDIEL

5

Ensayos de síntesis

CAPÍTULO I: Degradación, patologías e investigación aplicada

Cerámica decorada en la arquitectura: degradación, patologías e investigación aplicada
MARIUS VENDRELL-SAZ

10

La caratterizzazione dei materiali nel restauro di ceramica invetriata in contesto architettonico
BRUNO FABBRI

15

The removal and replacing of architectural glazed tiles – azulejos. A case study
JOÃO LUÍS FARINHA ANTUNE, DEOLINDA SOUSA TAVARES

22

Stato della degradazione e ragioni del degrado: indagini chimico-fisiche e microclimatiche.
Il caso del chiostro di Santa Chiara di Napoli
ANTONIO RAVAGLIOLI, ADRIANO KRAJEWSKI

28

Conservation and restoration of glazed architectural ceramics in northern Germany -
investigation of weathering forms and development and realization of appropriate measures
HANS-JÜRGEN SCHWARZ, SABINE FREYBURG, PETER MOTTNER, ERWIN STADLBAUER

38

La restauración de la cerámica vidriada de la Plaza de España
JOSÉ ANTONIO SOLÍS BURGOS

42

CAPÍTULO II: Teoría, criterios e intervención

Criterios generales para la restauración de la cerámica vidriada en arquitectura
PILAR GIRÁLDEZ

48

L'invetriata fra architettura e restauro
PAOLO FANCELLI

52

Tradition, modernity, synthesis: glazed ceramics in architecture and Gaudí
ANTONI GONZÁLEZ MORENO-NAVARRO

58

Cerámica en Córdoba, Argentina
FREDDY GUIDI, VALERIA DRUETTA, PATRICIA CAMUSSO, MELINA MALANDRINO

64

Sobre la conservación de los azulejos del Convento de San Francisco de Lima –
Patrimonio Cultural de la Humanidad
CÉSAR MATTA PUGA

71

Criteria and intervention in tiled surfaces: the case of Iran
MEHR AZAR SOHEIL

79

CAPÍTULO III: Educación y formación

Sulla formazione del restauratore/conservatore di invetriate architettoniche GIOVANNA BANDINI	88
Reflexiones en torno a la conservación de la cerámica aplicada a la arquitectura JAUME COLL CONESA	95
Formações em conservação e restauro de azulejo: o Museu Nacional do Azulejo em Lisboa PAULO HENRIQUES	99
Reflexões sobre a formação do profissional de restauração para fazer face ao problema de conservação da azulejaria MÁRIO MENDONÇA DE OLIVEIRA	103
“Moduli di Specializzazione” nella conservazione e nel restauro dei materiali ceramici decorativi in architettura. Competenze e le linee programmatiche PAOLO SATURNO	109

CAPÍTULO IV: Divulgación

L'ICCROM et la documentation MARIE CHRISTINE UGINET	116
European Ceramic Tiles Circle, Information Bulletin FRANS CAIGNIE	118
A DEGMN e o inventário do património “Azulejo” ANA PAULA REBELO CORREIA	121

Proyectos e Iniciativas

Sesión preliminar de trabajo sobre el estudio y la conservación de la cerámica decorada aplicada en arquitectura ANA ALMAGRO VIDAL, ISABEL BESTUÉ CARDIEL	133
Ceramiche decorate in architettura: classificazione, caratterizzazione e studio delle cause, dei meccanismi e delle morfologie di degrado ERNESTO BORRELLI, MARIA LAURA SANTARELLI	139
Reunión en torno a la restauración de las cerámicas de la Iglesia de la Colonia Güell ANA ALMAGRO VIDAL, ISABEL BESTUÉ CARDIEL	143
Foro en Internet sobre el estudio y la conservación de la cerámica vidriada en arquitectura ANA ALMAGRO VIDAL, ISABEL BESTUÉ CARDIEL, MARIUS VENDRELL-SAZ	147

Abstracts en inglés 153



NICHOLAS STANLEY-PRICE

Director General

ICCROM

Prefacio

ES CON GRAN SATISFACCIÓN QUE ICCROM presenta esta colección de ensayos sobre la conservación de la cerámica decorada aplicada a la arquitectura. Esta publicación ejemplifica uno de los principales objetivos de ICCROM: identificar un aspecto de la conservación del patrimonio cultural que merece recibir mayor atención y, a la vez, promover el intercambio de experiencias a nivel internacional. La publicación de estos ensayos, que reúnen una rica variedad de experiencias, refleja este deseo.

Este volumen es también importante por ser el primero de una nueva serie de volúmenes que serán conocidos como Estudios de Conservación de ICCROM. Estas publicaciones constituirán nuevas aportaciones bibliográficas dentro del campo de la conservación, sobre todo, en relación a aquellos temas que necesiten ser mejor diseminados entre los profesionales de la conservación de nuestro patrimonio. Esperamos que estos volúmenes tengan una amplia difusión en aquellos lugares donde la conservación se enseñe, practique y discuta, y que sea una contribución útil para una mejor comprensión y apreciación de la cultura que hemos heredado.



FELIPE V. GARÍN LLOMBART
Director de la Academia de España

Prólogo

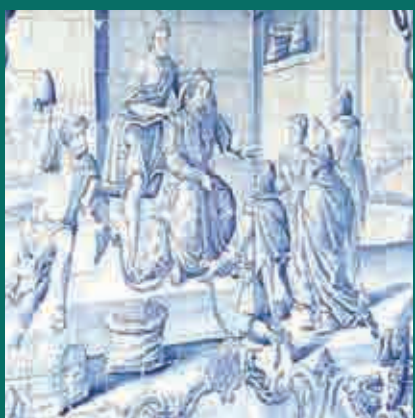
HAY MATERIAS QUE POR HISTORIA Y TRADICIÓN cultural parece lógico que España deba asumir, en la medida de lo posible, su estudio y colaborar en su conservación. Una de ellas es la “cerámica decorada aplicada a la arquitectura”. No es momento aquí de justificar la afirmación anterior pero bastará recordar los ejemplos importantísimos de época musulmana o cristiana medieval, por no hablar de los renacentistas o barrocos para confirmarlo. Por ello, la Academia de España en Roma próxima no sólo físicamente sino también en los objetivos y fines con el ICCROM decidió hace ya un tiempo aunar sus esfuerzos con él para cooperar en materia de interés común como la citada y mantener un fluido diálogo en todo momento para llevar a buen término el proyecto iniciado. Es obvio decir que sin las dos becarias de la Academia - las arquitectas Ana Almagro e Isabel Bestué - que desde un principio manifestaron su interés y se volcaron en la idea, no hubiera podido llegarse a los mismos resultados por parte de la institución que dirijo.

A la sesión preliminar de trabajo de los días 24/25 de Mayo de 2001 sucedió el Encuentro del Grupo de Coordinación los días 8/9 de Marzo de 2002, siempre compartiendo la sede de reuniones Academia e ICCROM. Todo ello ha puesto en marcha un laboratorio de trabajo conjunto entre especialistas de distintas áreas, nunca realizado hasta ahora, cuyo exponente común es el elemento cerámico vidriado dentro del contexto arquitectónico y donde se abordan todos los aspectos que conciernen a su estudio, documentación y conservación.

El documento que ahora ve la luz es por tanto el resultado de año y medio de trabajo conjunto entre ambas instituciones que pretende dejar abierto un discurso en torno al estudio y la conservación de la cerámica vidriada y sirva de referencia para una aproximación a esta parte tan específica y frágil del Patrimonio Arquitectónico.

Quiero agradecer profundamente al Dr. Stanley-Price, Director General del ICCROM y al Dr. Alva Balderrama, Director de la Unidad de Arquitectura y Sitios Arqueológicos, su sensibilidad y buen hacer que ha permitido que la Academia de España en Roma, ya centenaria, colabore con instituciones internacionales en proyectos científicos de alto interés como el presente y cumpla así mejor con sus propios fines.

Introducción





ALEJANDRO ALVA BALDERRAMA

Arquitecto

Director de la Unidad de Arquitectura y Sitios Arqueológicos del ICCROM

Introducción

HACIA FINALES DEL AÑO 2000, dentro del contexto de las funciones y exigencias estatutarias del *Centro Internacional para el Estudio de la Conservación y la Restauración de Bienes Culturales*, el entonces Programa de Arquitectura y Sitios Arqueológicos del ICCROM inició un proyecto de estudio y reflexión sobre el estado de la conservación de la cerámica vidriada decorada en la arquitectura. En ese momento, habían madurado ya las condiciones internas que permitieron desarrollar la intención de verificar algunas hipótesis de trabajo y estudio en esta materia específica.

Desde nuestro punto de vista, la cerámica ha sido un tema poco estudiado en el campo de la conservación arquitectónica, a pesar de la importancia que tiene, sea como componente arquitectónico, sea como elemento que contiene y testimonia el valioso aporte de la diversidad cultural en la historia de la arquitectura. Por otro lado, la cerámica se presenta también como resultado de complejos procesos de migración cultural, re-elaboración, apropiación, trasmigración y re-identificación del patrimonio arquitectónico y de sus elementos. En la base de todo esto se encuentran la apertura histórica de rutas comerciales, el descubrimiento de nuevas regiones del mundo y los flujos migratorios que tales eventos generaron.

La circunstancia de un feliz encuentro con especialistas residentes en la *Academia de España en Roma* y con expertos del *Departamento de Cristalografía, Mineralogía i Dipòsits Minerals de la Universitat de Barcelona*, generó un proceso de año y medio de investigación sobre el tema. Tal proceso, para comenzar, ha permitido identificar literatura científica, instituciones y profesionales de todo el mundo. Ha permitido también interpelar especialistas, reunir y clasificar referencias y casos de estudio, organizar encuentros de reflexión y verificar hipótesis, organizando con todo ello una base de datos bibliográfica, de profesionales y de sitios 'web'. Se ha estimulado la organización de iniciativas independientes a la presente, como la desarrollada por el equipo del Servicio de Patrimonio Arquitectónico Local de la Diputación de Barcelona y, sobre todo, se ha procurado extrapolar indicaciones preciosas para promover la continuidad en el estudio del tema por parte de instituciones y personas interesadas en el mismo.

Por tanto, el presente compendio tiene como objetivo registrar y divulgar una síntesis de esta fase de estudio y de la información que resulta de la misma.

Además, para los grandes capítulos Degradación, patologías e investigación aplicada, Teoría y criterios de intervención; Formación y Divulgación, hemos contado con las valiosas contribuciones de especialistas cualificados en la materia que a través de ensayos de síntesis presentan la propia experiencia en este campo. Así, el registro del proceso se enriquece con el de la reflexión, el de la opinión y el de la realidad específica.

Muchas han sido las preguntas formuladas con relación al tema. Igualmente, muchas son las que quedan sin respuesta. Este es el motivo principal para pensar en este compendio como en un documento 'abierto', a partir del cual será posible generar más información y seguir profundizando en el conocimiento.

Con esta iniciativa, desde la Unidad de Arquitectura y Sitios Arqueológicos del ICCROM, pensamos haber contribuido a hacer tangible el papel de esta Organización, en colaboración con la Academia de España en Roma, en la promoción del estudio del patrimonio inmueble. Sin embargo, esta tarea hubiera resultado imposible sin la participación, la experiencia, el rigor científico y la pasión con que han contribuido los expertos a este proceso.

El marco del proyecto “El estudio y la conservación de la cerámica decorada aplicada en arquitectura”

LA CERÁMICA CONSTITUYE una de las principales manifestaciones de identidad cultural desde los orígenes de cada civilización. Fruto del proceso de transformación de la arcilla, es uno de los primeros productos de síntesis en la Historia de la Humanidad.

El tema de la cerámica decorada en sus distintas aplicaciones en la arquitectura plantea de inmediato un interrogante fundamental sobre la definición del universo que se debe abarcar en un proyecto dedicado a promover el estudio y la conservación de un elemento que, a lo largo de los siglos, ha revestido y ayudado a realzar la expresión de un vasto patrimonio arquitectónico.

Dentro del contexto de su aplicación arquitectónica, la cerámica asume formas diversas con relación a su uso, su expresión y tratamiento. La terracota con o sin decoración, el ladrillo en sus facetas tanto estructural como decorativa, la cerámica vidriada, el azulejo y otros, son todas manifestaciones de un mismo material: la cerámica. El caso del ladrillo, por su condición de material constructivo reconocido desde la antigüedad y por su finalidad estructural, es ya de por sí un material con un “status” definido y con un valor arquitectónico perfectamente asentado, pudiendo asumir simultáneamente una función ornamental. Bajo otras formas de expresión, la cerámica se presenta con una función genérica constructiva o bien decorativa. Surge, por tanto, la posibilidad de considerarla como parte del propio elemento constructivo o como elemento autónomo, caso de los revestimientos de azulejería y cerámica vidriada en fachadas exteriores e interiores, zócalos, huellas y tabicas de escaleras, pavimentos, alféizares y numerosos componentes arquitectónicos.

Desde el punto de vista socio-cultural el caso de la cerámica decorada, y en particular aquél de la cerámica vidriada, lleva asociados una serie de aspectos transmigratorios y fenómenos de transculturación de gran interés en el debate sobre los flujos e influencias migratorias que se han sucedido en la evolución de la sociedad contemporánea.

En la difusión de la cerámica arquitectónica encontramos influencias que se hacen notar desde las primeras civilizaciones urbanas. Así, partiendo de Mesopotamia, el influjo de este producto se extiende hacia la India, llegando desde allí hasta China, mientras que, a través del Asia menor, su difusión alcanza a toda la cuenca del Mediterráneo gracias a los árabes instalándose en las culturas europeas. A partir de la consolidación de tales rutas comenzará un largo proceso de asimilación de un material cultural que dará lugar a manifestaciones propias en cada espacio geográfico y que, tras sucesivos intercambios, permitirá enriquecer en todos los aspectos la manifestación artística de los pueblos. Con el descubrimiento del Nuevo Mundo y la apertura de nuevas rutas comerciales, la exportación y difusión de este elemento al continente americano, promoverá nuevos procesos de asimilación, adopción, modificación, síntesis y apropiación de la cerámica arquitectónica.

La intención de promover un debate especializado en torno a un material que conlleva una carga cultural integradora tan fuerte parece lógica. La necesidad de tratar el problema de manera internacional nos lleva a intentar definir el universo de estudio y reflexión a partir del momento en el que se produce la gran trasmigración intercontinental (s. XV), y proyectarlo hasta nuestros días; sin



olvidar por ello aportaciones anteriores que ayudaron a enriquecer el oficio y buen hacer de este material que más tarde se difundiría a ambos lados del Atlántico.

El período es inevitablemente amplio y abarca desde la cerámica manual – con sus distintas influencias – hasta la cerámica industrial con todo lo que la aparición del material seriado supone en el campo de las técnicas de manufactura, procesos de producción y enfoques respecto a su conservación y restauración. De este modo, será posible abordar cuestiones contemporáneas sobre el papel de la cerámica vidriada en la arquitectura y los aspectos que deben tenerse en cuenta en las disciplinas de la restauración y la conservación de esta parte del patrimonio mundial.

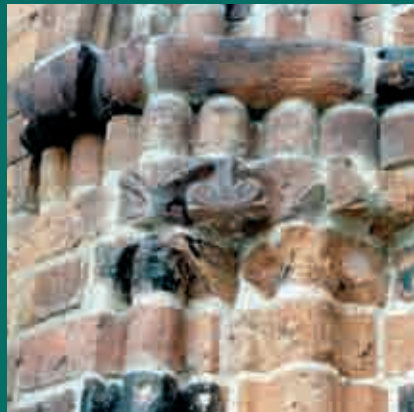
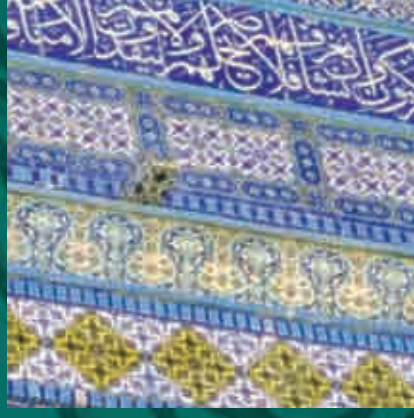
La consideración de la cerámica vidriada aplicada en arquitectura como un bien menor o de segundo orden dentro del contexto arquitectónico contribuye a perder la noción de este material como parte integrante del conjunto espacial, considerándolo sólo como mero ornamento. Sin embargo, comprobamos que si eliminamos la cerámica del elemento arquitectónico, el edificio pierde gran parte de su identidad ya que este elemento le confiere una expresión propia de conjunto. La cerámica esmaltada, vidriada, pintada, como revestimiento superficial o como objeto con finalidad propia debería, por tanto, ser considerada como parte de un bien inmueble integrada con el espacio arquitectónico para el cual fue concebida.

En la práctica, y en particular en el campo de la conservación y la restauración, la cerámica decorada sufre en muchos casos la falta de un enfoque común que la vincule de manera inexorable a la arquitectura que le sirve de soporte. En consecuencia, son numerosos los ejemplos de descontextualización de este componente arquitectónico, problema probablemente promovido por la falta de un protocolo de actuación adecuado y consensuado por los distintos responsables de la protección del patrimonio cultural, sea desde el punto de vista profesional que institucional. En última instancia, son estos profesionales quienes deben decidir si el mejor modo de salvaguardar este patrimonio cerámico consiste en proceder a su descontextualización por motivos relacionados al estado de conservación y a la seguridad estructural que ofrece el propio contenedor arquitectónico, valorando en ese caso la nueva realidad espacial que se presenta al eliminar un valor intrínseco de esa arquitectura.

Por otro lado, los problemas a los que se enfrenta este elemento arquitectónico son muchos: el vacío institucional; la ausencia de personal especializado en el tratamiento global del patrimonio; la necesidad de promover la interdisciplinariedad en la composición de equipos permanentes de trabajo capaces de generar proyectos de conservación que contemplen todos los elementos integrantes del problema y no sólo el bien arquitectónico; la ausencia de un sistema de documentación y catalogación específico de los bienes cerámicos aplicados a la arquitectura, etc. Merece especial atención el problema de la cerámica como disciplina de interés exclusivo a los conservadores de bienes muebles, quienes frecuentemente quedan al margen de los proyectos de conservación arquitectónicos. En este mismo orden, sería también conveniente revisar todas las cuestiones ‘clásicas’ que abordan el conocimiento de la cerámica como materia, fabricación, puesta en obra, comportamiento, función, ubicación, evolución, papel estético y todos los aspectos relacionados con la conservación global del mismo en el contexto arquitectónico.

En consecuencia, el Centro Internacional de Estudios para la Conservación y la Restauración de los Bienes Culturales [ICCROM] ha buscado durante este período iniciar vías de colaboración y diálogo entre expertos en todas las áreas que conciernen a la cerámica decorada aplicada en la arquitectura, promoviendo un debate multidisciplinar de carácter internacional que permita comenzar a identificar una serie de pautas útiles en el campo del estudio, la conservación y la restauración de este material. Este documento, por tanto, busca ante todo poder contribuir a mejorar la calidad de las intervenciones sobre este elemento en todas sus fases, siempre con el fin de promover un mejor conocimiento, conservación y transmisión del Patrimonio Cultural a las generaciones futuras.

Ensayos de síntesis





Capítulo uno

1

Degradación, patologías e investigación aplicada

MARIUS VENDRELL-SAZ

*Director del Dep. de Cristal·lografia, Mineralogía i Diposits Minerals/
Patrimoni Universitat de Barcelona*

Cerámica decorada en la arquitectura

DEGRADACIÓN, PATOLOGÍAS E INVESTIGACIÓN APLICADA

En este breve artículo se pretende dar una visión general y necesariamente superficial de la naturaleza de los materiales cerámicos que constituyen la cerámica decorada más comúnmente aplicada en Arquitectura, las patologías que con mayor frecuencia suelen presentar, así como una visión general de la posible investigación que sobre este particular se ha llevado o se puede llevar a cabo.

Material cerámico

La cerámica decorativa se ha utilizado en la Arquitectura desde tiempos remotos, con mayor o menor grado según las culturas, y con una decoración u otra según el estado de la tecnología y las modas de cada momento. En casi todos los casos, las cerámicas decoradas tienen en común una pasta cerámica fabricada con arcillas o con granos de cuarzo aglomerados con una arcilla o una frita (stone paste), sobre la cual se aplica una cubierta vítrea (vidriado) con diversos grados de profusión decorativa.

PASTAS CERÁMICAS

Las pastas cerámicas son productos de reacción térmica incompleta de diversas materias primas, entre las cuales las arcillas son los principales componentes que participan de la reacción, aunque no los únicos. El proceso de cocción induce una serie de cambios estructurales en los minerales que forman la pasta que implica su transformación en otras.

Las fases de reacción son, en general, silicatos y fases de óxidos con estructura de espinela, con mayor o menor cantidad de fase vítrea dependiendo de la temperatura máxima de cocción, del tiempo de cocción y de la composición de partida. En definitiva, el material cerámico final consiste en una mezcla de silicatos, óxidos, fases no cristalinas y granos no

plásticos que apenas han participado de la reacción (Figura 1). Se trata, pues, de un producto sintético (probablemente el primero jamás producido por la humanidad) cuya composición principal es de productos silicatados.

VIDRIADOS

Los vidriados que recubren gran parte de las cerámicas decoradas consisten en una capa de vidrio desarrollada, mediante cocción de las correspondientes materias primas, sobre la pasta cerámica, sea previamente cocida, sea en crudo (y por tanto transformadas ambas capas en una sola cocción).

La composición de los vidriados suele ser básicamente silíceo, de modo que la estructura del mismo está constituida por tetraedros estructurales SiO_4 (formadores de vidrio), entre los que se enlazan otros elementos como Al, Ca, etc. que actúan de estabilizadores de las cargas electrostáticas, mientras que otros elementos aportan el color (normalmente son los de la primera fila transición). Para que el punto de fusión de este conjunto sea razonablemente bajo, y por tanto, alcanzable en hornos tradicionales de leña, se requiere la presencia de un fundente, que consiste en la adición de óxidos o sales de algunos elementos que contribuyen a disminuir el punto de fusión de la mezcla.

Típicamente los fundentes son, o bien óxidos alcalinos (de Na, o K) u óxidos de Pb, lo cual permite distinguir entre vidriados alcalinos y de silicio-plomo, cuyas propiedades son ligeramente distintas, pero que en definitiva cumplen la función decorativa y de protección para la cual has sido previstos. Existen también vidriados “mixtos” con óxidos alcalinos y de plomo en la misma mezcla.

La formación del vidriado desarrolla una zona de interacción entre la pasta cerámica y la capa de vidrio que colabora a la buena adherencia entre ambas, y por tanto a la estabilidad mecánica del conjunto. El diverso desarrollo de esta zona de interfase depende de diversos factores, entre los cuales hay que destacar la posible producción en una sola cocción o en un doble proceso, la temperatura y el tiempo de cocción, la composición de la mezcla de partida, etc. (Figura 2)

Los colores que forman parte de la decoración se consiguen mediante la aplicación a la mezcla antes de cocerse, de sales u óxidos de elementos cromóforos, normalmente los de la primera fila de transición de la tabla periódica. Estos pueden colorear completa y uniformemente el vidriado, o bien formar trazos componiendo cierto dibujo que se integra en la decoración del conjunto. En el primer caso la aplicación

se hace mezclando los elementos cromóforos en la materia prima del vidriado, en el segundo implica la aplicación de los materiales del vidriado y sobre estos, antes de la cocción, dibujar con la técnica adecuada los trazos con una composición tal que la cocción haga aparecer el color deseado.

Un caso particular lo representan los vidriado opacificados, normalmente de color blanco. Históricamente esta opacificación se consigue, sea mediante la aplicación de una engalba blanca bajo un vidriado transparente (el efecto es de opacidad, aunque realmente no lo es) (Figura 3), sea mediante el desarrollo de una espesa interfase de cristales de silicatos de Ca, sea mediante la adición de óxido de estaño que cristaliza en forma de diminutos cristales (inferiores a una micra) que dan lugar a la dispersión de la luz y, por tanto, opacifican el vidriado (Figura 4).

Durabilidad

Tratándose de un material compuesto, la durabilidad del conjunto estará condicionada por la de la capa más alterable. En este caso, ambas capas consisten en materiales silicatados, si bien una es vítrea (el vidriado) y la otra básicamente cristalina. Por tanto, es de



FIGURA 1 (IZQUIERDA)

Lámina delgada (alrededor de 40 micras) observada al microscopio de polarización, en la que se aprecia la presencia de granos (zonas blancas) en una matriz cerámica (mayoritariamente marrón), así como algunos poros orientados (en color gris en esta imagen) debido a la formación de esta cerámica en particular.

FIGURA 2

- a) (SUPERIOR DERECHA) Lámina delgada de una cerámica vidriada, con la capa de vidrio en la parte superior de la imagen. Entre la pasta cerámica y el vidriado se aprecia claramente la zona de interfase.
- b) (INFERIOR DERECHA) Imagen de una sección pulida de una cerámica vidriada observada al microscopio electrónico de barrido. La capa de vidriado está en la parte superior de la imagen, y en el conjunto se ha señalado i) la pasta cerámica; ii) la zona de interfase formada por diminutos cristalitas de feldespatos de K y Pb; iii) otras fases cristalinas “flotando” en el vidriado; iv) algunas burbujas atrapadas durante el enfriamiento; v) un grano no plástico sin diferir por el vidriado.

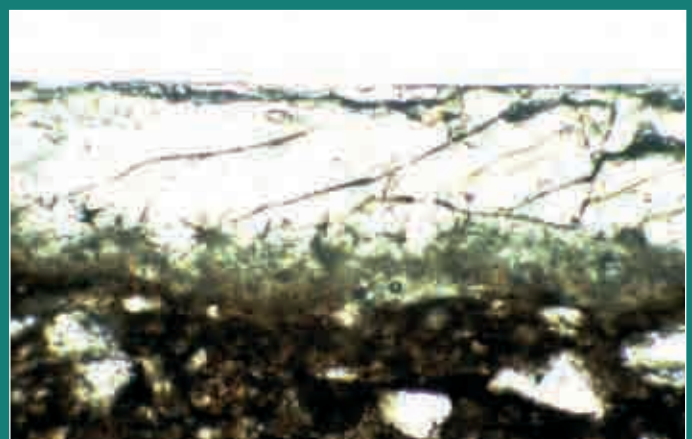


FIGURA 3

Lámina delgada de una cerámica vidriada con una capa de engalba entre la pasta cerámica (parte inferior) y el vidriado transparente (parte superior).

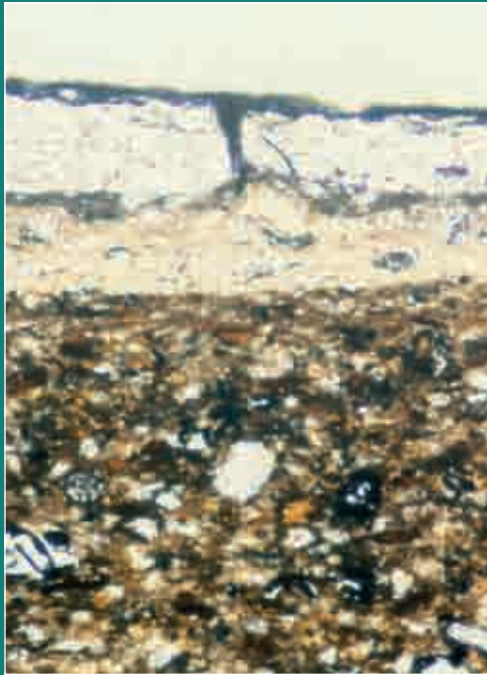
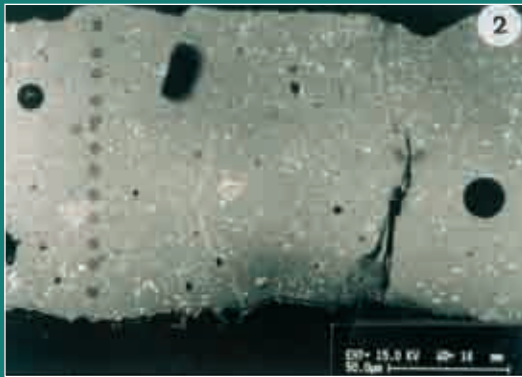


FIGURA 4

Imagen de una sección delgada de una cerámica opacificada con óxido de estaño, que se aprecia en forma de diminutos cristalitas de color blanco dispersados por la capa de vidriado.



esperar una cierta resistencia al ataque químico y, consecuentemente, una buena resistencia a los ambientes más o menos agresivos por la potencial presencia de polucionantes atmosféricos.

No obstante, condiciones particulares y composiciones específicas de la capa de vidriado pueden condicionar fuertemente la estabilidad química. Por ejemplo, los vidriados alcalinos tienen una mayor tendencia a la desvitrificación que los de plomo, y ello da lugar a la pérdida de brillo de la superficie y, a la larga, a la paulatina pérdida de la capa de vidriado por alteración del mismo. En cualquier caso, no es posible una generalización del comportamiento, y por tanto, la correcta diagnosis de los procesos de alteración requiere un análisis caso por caso.

La experiencia sugiere que la durabilidad de la cerámica decorada en la Arquitectura está más condicionada por el funcionamiento del propio sistema

(del edificio) que por la naturaleza de los productos cerámicos en sí misma. Así la presencia de sales solubles en circulación por el interior de los muros suele resultar nefasta para la conservación de la cerámica decorada, o la acumulación de materia orgánica en algunos puntos por mal funcionamiento de los sistema de evacuación de aguas puede provocar pérdidas importantes de la capa de vidriado.

Desde un punto de vista muy general, y salvando las excepciones que toda regla implica, es posible afirmar que una cerámica decorada, adecuadamente producida, debería presentar una elevada durabilidad. El término “adecuadamente producida” implica, de hecho, la ausencia de problemas de producción, es decir: una cocción a suficiente temperatura, una correcta composición del vidriado, una buena adherencia entre éste y la pasta. En esas condiciones, la cerámica debería tener un buen comportamiento en obra, con la salvedad de los citados problemas de funcionamiento de la edificación.

Patologías

Desde un punto de vista muy genérico las patologías podrían dividirse entre aquellas que afectan al soporte cerámica y la que afectan a la capa de vidriado, ambas suelen tener causas diversas y pueden ser estudiadas separadamente.

La degradación de la pasta cerámica se produce por pérdida de material de la misma, lo cual implica la existencia de algún proceso que dé lugar a tensiones internas que causen la pérdida de material, sea a fragmentos, sea grano a grano. Este hecho se puede producir por diversas causas, entre las cuales se destacan aquí las más frecuentes:

- a) La existencia de granos de carbonato de calcio de cierto tamaño que durante la cocción se transformaron en óxido de Ca pero que no llegaron a reaccionar completamente. Tras la cocción, el óxido de Ca se hidrata para formar hidróxido de Ca, que posteriormente se carbonata en contacto con el aire. Este proceso es expansivo, y los granos afectados incrementan notablemente su volumen, de modo que si están cerca de la superficie, ésta llega a fracturarse y cae una laminilla de pasta cerámica, de la cual se identifica un grano blanco (el de cal) en el centro (Figura 5).
- b) La presencia de restos de arcillas que no llegaron a transformarse durante la cocción, sea por una temperatura insuficiente, sea por un tiempo de cocción corto. En contacto con agua, la mayoría de las arcillas absorben moléculas de agua y aumentan de volumen, con lo que se producen tensiones en la interior de la pieza cerámica, al menos en la parte que se moja. Dependiendo de la cantidad de arcillas no transformadas, de la geometría de la

puesta en obra y, por tanto, de la accesibilidad del agua a la cerámica, este proceso tendrá mayor o menor importancia.

- c) La cristalización de sales solubles en el interior del sistema poroso de la cerámica causa, como en los casos anteriores, tensiones por presión de cristalización, y según la consistencia del material, la cantidad de sales, y los ciclos humedad-sequedad, el proceso tendrá una mayor o menor importancia. En cualquier caso, el proceso de degradación está fuertemente condicionado por el funcionamiento del edificio como sistema, en el sentido que el origen de las sales puede ser muy variado y llegar a los materiales cerámicos condicionado por los sistemas de aislamiento y recogida de aguas del edificio. La correcta determinación de cada caso requiere un detallado análisis previo y la inequívoca diagnosis de los mecanismos de producción, transporte, cristalización y disolución de las sales.

Frecuentemente ocurren diversos procesos al mismo tiempo, de tal modo que es posible que se llegue a general cierta sinergia entre los mismos, cuyas consecuencias suelen ser una rápida degradación de los materiales y una pérdida de volumen significativa. Además, algunos de estos procesos llevan asociada, inevitablemente, la degradación simultánea de la capa de vidriado.

Por su parte, la degradación de vidriado implica, en la mayoría de los casos, su pérdida por falta de adherencia al soporte cerámico, aunque no hay que excluir la posible degradación del vidrio en sí mismo y su pérdida de brillo superficial. En ambos casos, el resultado es distinto, puesto que uno implica la pérdida total de la superficie vidriada, y por tanto, no únicamente un cambio del acabado superficial, sino que ocurren un cambio de color y un cambio de textura (aparecen el color y la textura de la pasta) (Figura 6).

La degradación del material del vidriado requiere condiciones ambientales específicas, frecuentemente la presencia constante de materia orgánica, y normalmente el proceso ocurre mediante dos mecanismos: la degradación del vidrio por desvitrificación y la formación de laminillas microscópicas; o la deposición de una película de sedimento sobre la superficie del vidrio. Las consecuencias de uno y otro caso son muy distintas, mientras que en un caso se pierde irremediablemente la condición y textura del vidriado, en el otro se forma una costra que, potencialmente, es posible eliminar por métodos químicos sin dañar el propio vidriado. En los casos, lamentablemente muy generales, de pérdida de la capa de vidriado, sin apenas afectación del substrato cerámico, las causas pueden ser diversas, aunque básicamente pueden generalizarse como dos más importantes.



FIGURA 5 Fragmento de cerámica con un grano de cal, cuya hidratación y carbonatación ha producido tensiones que se traducen en grietas claramente visibles en la imagen.

FIGURA 6 Fragmento cerámico aplicado como elemento decorativo en la Iglesia de la Colonia Güell (Gaudí), en el que se aprecia la pérdida de vidriado (parte superior de la imagen) y una parte del vidriado alterado (parte central de la imagen), que da lugar a la pérdida de brillo del mismo.

FIGURA 7
Aspecto de un
"socarrat" producido
en Paterna (s. XIV),
cerámica utilizada en la
Edad Media como
elemento decorativo
en techos y balcones
en la zona de Valencia.



Por una parte, la cristalización de sales solubles movilizadas por la circulación de agua a través del soporte arquitectónico de las cerámicas, las cuales cristalizan en los poros del soporte cerámico y su presión de cristalización puede crear tensiones en la base del vidrio, de modo que éste puede llegar a desprenderse y perderse.

Por otra, la falta de una correcta adherencia entre el soporte cerámico y la capa de vidriado puede (de hecho suele) dar al traste con la misma. El distinto comportamiento térmico de uno y otra, la posible entrada de agua en la zona de interfase mal desarrollada, la citada presencia de sales solubles etc. darán lugar al desprendimiento de la capa de vidriado.

Investigación aplicada

Ante la pregunta de qué puede aportar la investigación experimentalista a este campo, las respuestas son múltiples y a diversos niveles. La caracterización de los materiales cerámicos y sus capas de vidriado puede aportar información importante en dos aspectos fundamentales, por una parte el propio conocimiento de los materiales (ya de por sí importante), y por otra el análisis de la tecnología que los produjo en cierto momento histórico, cuyo conocimiento forma parte del acervo histórico, de la propia tecnología, de la arquitectura y del contexto social en que ésta tuvo lugar.

La determinación de los mecanismos de degradación que dan lugar a las patologías de los materiales puede también ser abordado desde un punto de vista de la investigación aplicada. En este sentido, los conocimientos de base de la Química, la Mineralogía, entre otros, se combinan para, desde un

trabajo interdisciplinar, dar respuesta a algunas de las cuestiones que emergen ante un caso práctico. Igualmente, la óptica interdisciplinar puede ser de innegable ayuda, incluso se podría decir que imprescindible, para el análisis de la potencial durabilidad de los materiales estudiados en las particulares condiciones de exposición, así como el estudio de la compatibilidad entre los materiales existentes y los que se utilicen para la intervención de restauración.

En el campo en el que se inscribe este texto la investigación, tanto básica como aplicada, tiene un amplio espectro de aspectos a considerar, algunos de los cuales han sido objeto de cierto nivel de desarrollo, mientras que otros

están en una fase prácticamente embrionaria. En realidad, la investigación aplicada a la conservación del patrimonio histórico ha desarrollado en los últimos años un elevado nivel de conocimientos en cuanto a la caracterización de los materiales que forman parte de este patrimonio y, hasta cierto punto, de los mecanismos de degradación que causan las patologías que presentan. Existe un corpus de conocimientos que podríamos llamar de base, que dan soporte a una sólida interpretación de los resultados analíticos y a la determinación, con bastante precisión, de los procesos de degradación.

Menos extenso y exhaustivo es el conocimiento de los procesos relativos a la restauración de la cerámica decorada en la arquitectura. Si bien el mercado ofrece al restaurador un amplísimo abanico de productos, no es menos cierto que no se dispone de un nivel de investigación suficientemente seria e independiente sobre estos productos que avalen su puesta en obra con una garantía de durabilidad mínima, teniendo en cuenta que se trata de patrimonio histórico. Ante un elemento arquitectónico con cerámica decorada el arquitecto-restaurador se enfrenta a diversos aspectos, a los cuales la transferencia de resultados de la investigación dará parcialmente solución.

En este sentido se echa en falta el desarrollo de proyectos de investigación adecuadamente financiados por las instituciones nacionales y supranacionales que traten de dar solución a los numerosos problemas que los restauradores afrontan ante las patologías que afectan a elementos importantes del patrimonio histórico. La actual política científica de la comunidad europea difícilmente aportará soluciones a los problemas planteados en ese campo.

BRUNO FABBRI

CNR, Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici, Faenza, Italia

La caratterizzazione dei materiali nel restauro di ceramica invetriata in contesto architettonico

Un progetto di intervento conservativo, o di restauro, viene necessariamente predisposto sulla base dello stato di degrado del manufatto, allo scopo di ridurre al massimo gli effetti dell'ambiente, ripristinando, per quanto possibile, la funzionalità e/o le caratteristiche estetiche del manufatto stesso. L'estensore del progetto di restauro terrà conto delle manifestazioni di degrado in atto e valuterà quali siano i sistemi più idonei da adottare e i materiali migliori da utilizzare per neutralizzare le conseguenze del degrado, di qualunque tipo esso sia.

IN QUESTA OPERAZIONE di progettazione, tuttavia, non si potrà non tenere in debita considerazione le caratteristiche tecnologiche del materiale su cui si deve operare, l'uso a cui è adibito il manufatto e l'ambiente con il quale esso interagisce. Questi tre aspetti, infatti, sono determinanti nell'innescare i meccanismi di alterazione e di degrado; inoltre essi condizionano le scelte delle modalità dell'intervento conservativo.

In altre parole è necessario passare attraverso una fase iniziale del progetto di restauro, che deve essere finalizzata alla caratterizzazione dei materiali e all'individuazione delle cause di degrado. Questi due obiettivi si realizzano attraverso l'esecuzione di indagini archeometriche mirate, cioè pensate e realizzate proprio con questa funzione.

Nella esposizione che segue si vuole mettere in evidenza come la natura dei materiali e le condizioni ambientali d'uso dei manufatti condizionino la definizione di un piano analitico, il quale dovrà realisticamente prevedere almeno due fasi successive. In una prima fase verrà definito un elenco di analisi sulla base delle informazioni generali disponibili sui manufatti e sulla base di osservazioni macroscopiche

effettuate possibilmente in collaborazione fra l'esperto di analisi di laboratorio, il restauratore e il responsabile del restauro. In una fase successiva, si potrà valutare l'opportunità di avviare altre analisi, eventualmente suggerite dai risultati ottenuti nella prima fase.

Ceramica invetriata in contesti architettonici

La ceramica invetriata è in uso da alcuni millenni, tuttavia la casistica dei manufatti di questo tipo impiegati in architettura è assai meno ampia rispetto a quelli di uso domestico, specialmente se si considerano soltanto le applicazioni più diffuse. È bene però avere un'idea sufficientemente precisa dei diversi materiali che si possono incontrare e delle diverse problematiche ad essi associate.

La tabella 1 mostra, innanzitutto, che esistono impasti molto diversi che possono essere dotati di un rivestimento vetroso. Il tipo più diffuso è certamente l'impasto argilloso colorato e poroso, ma anche l'impasto siliceo ha una grande diffusione, specialmente nelle regioni medio-orientali e asiatiche, generalmente di religione islamica. Gli esempi più importanti sono forse i rivestimenti parietali, interni ed esterni, di molti

FIGURA 1
Frammento di
ceramica islamica
con impasto di tipo
"stonepaste",
proveniente dal
mausoleo di Shahi
Zinde, Samarcanda,
Uzbekistan.



palazzi di Esfahan (Iran) e Samarcanda (Uzbekistan). Questi manufatti sono costituiti da un impasto di colore chiaro, molto ricco di quarzo, e con un contenuto di silice che supera complessivamente l'80%, generalmente chiamato "stonepaste" (figura 1). Nella maggior parte dei casi le superfici sono ricoperte con uno strato di vetrina, variamente colorata, il cui effetto non è disturbato dal colore dell'impasto sottostante. Solo il caratteristico colore turchese è ottenuto con uno smalto opacizzato allo stagno^{1, 2}.

A parte il caso dello stonepaste, peraltro assai importante per diffusione, bellezza e idoneità al taglio, il più comune tipo di impasto è quello ottenuto da materie prime argillose, i cui componenti principali sono appunto i cosiddetti minerali argillosi (illite, caolinite, smectite e clorite) e spesso il quarzo. In base al contenuto di ferro, si possono distinguere gli impasti colorati da quelli praticamente bianchi. L'uso di questi ultimi, che danno origine a ceramica tipo terraglia e porcellana, è relativamente recente. Contrariamente all'impasto colorato, ricco di ferro, si tratta di impasti artificiali, ottenuti miscelando fra loro materie prime idonee, al fine di ottenere una miscela non esistente in natura. Questi impasti sono stati inventati solo nel XVIII secolo, per cui il loro impiego è relativamente poco diffuso, anche perché poco adatti alla maggior parte delle applicazioni in contesti architettonici.

Ci sono due tipi di impasto bianco, distinguibili in base alla loro porosità aperta³. Gli impasti porosi, con una porosità dell'ordine del 30-40% (volume su volume), sono ottenuti con una miscela di argilla (circa 50%), carbonato di calcio (circa 30%) e sabbia quarzifera (circa 20%). Il prodotto che si ottiene viene definito "terraglia".

A causa dell'elevata porosità l'impasto di terraglia viene sempre utilizzato applicandovi un rivestimento vetroso trasparente, bianco o colorato, non disturbato dal colore bianco del supporto. In campo architettonico, la terraglia viene usata soprattutto sotto forma di

piastrelle per rivestimenti parietali interni. Gli impasti bianchi compatti, composti da una miscela di caolino (circa 50%), feldspato (circa 25%) e sabbia silicea (circa 25%), danno origine alla "porcellana". Si tratta di un prodotto praticamente privo di porosità, per cui può essere utilizzato anche senza rivestimento, ma l'applicazione di una vetrina ne valorizza l'aspetto estetico. La temperatura di cottura della porcellana è molto alta (circa 1350°C), per cui il suo uso è estremamente ridotto. È noto il caso della cosiddetta Processione dei Principi, un pannello costituito da 24.000 piastrelle, prodotto negli ultimi anni del XIX secolo, posizionato sul lato nord della Lange Galerie di Dresda, che mostra i principi della Casa di Wettin da Corrado il Grande a Re Giorgio, morto nel 1904.

Anche l'impasto argilloso colorato può dar luogo a manufatti molto porosi ed altri poco porosi. In questo caso si tratta sempre di impasti naturali, più o meno adatti a dar luogo alla formazione, in cottura, di una fase liquida che, riempiendo i pori e solidificando poi in forma vetrosa, riduce significativamente la porosità dell'impasto (greificazione). L'impasto ceramico colorato e greificato è il prodotto noto come "gres", il quale, analogamente alla porcellana, può essere utilizzato con o senza rivestimento vetroso trasparente (vetrina). In contesti architettonici, l'uso del gres non è molto diffuso, però ci sono delle sculture ceramiche costituite di gres. Si tratta anche in questo caso di manufatti relativamente recenti, quando il progresso tecnologico ha messo a disposizione forni capaci di raggiungere facilmente le temperature di cottura del gres, che sono di circa 1100°C.

Impasto colorato poroso

Questo tipo di impasto è senz'altro il più diffuso in campo architettonico, così come nel più vasto contesto generale della ceramica. Si tratta di un impasto argilloso naturale, ricco di ferro e privo di un intervallo di greificazione, per cui deve essere cotto ad una temperatura non troppo alta, tale da non sviluppare significative quantità di fase liquida in cottura e vetrosa a freddo. In compenso è adatto ad essere superficialmente ricoperto sia con smalto trasparente (vetrina) che con smalto vero e proprio (rivestimento vetroso opaco). Inoltre, la vetrina può essere separata dall'impasto da uno strato di ingobbio, generalmente bianco. In presenza di smalto è possibile trovare manufatti dotati anche di ingobbio e/o di vetrina, rispettivamente sotto e sopra lo smalto stesso.

I manufatti con vetrina (terracotta invetriata) sono particolarmente diffusi sotto forma di tegole in molte parti dell'Italia nord-orientale, ma soprattutto in paesi centroeuropei, fino alla Russia, e in particolare a San Pietroburgo. Le tegole sono ovviamente esposte all'ambiente esterno, ma ci sono applicazioni anche in

TABELLA 1 Casistica della ceramici invetriata in contesti architettonici

Impasto argilloso		Rivestimento	Decorazione	Tipologia ceramica	Tipo di manufatto	Applicazione	Note
Colorato	Poroso	Vetrina	Nessuna	Terracotta invetriata	Piastrelle e tegole	Interna e esterna	
		Ingobbio e vetrina	Nessuna o vetrina colorata	Terracotta ingobbata e invetriata	Tegole	Esterna	
			Incisa e dipinta	Ceramica graffita	Piastrelle	Interna	Rare applicazioni
	Smalto	Dipinta	Maiolica	Piastrelle e sculture	Interna e esterna	Talora con ingobbio e/o vetrina	
	Poco poroso	Assente o presente come vetrina	Generalmente nessuna	Gres	Sculture ceramiche		Rara
Chiaro	Poroso	Vetrina		Terraglia	Piastrelle	Interna	A partire dal XIX secolo, rara
	Compatto	Assente o presente come vetrina		Porcellana	Piastrelle	Esterna	Dalla metà del XVIII o secolo, poco diffusa
Impasto siliceo		Vetrina	Vetrina colorata	"Stonepaste"	Elementi di rivestimento	Esterna e interna	Regioni medio-orientali e asiatiche

ambienti interni, specialmente sotto forma di piastrelle da rivestimento parietale.

Le tegole più diffuse sono probabilmente quelle ingobbiate e invetriate, dove la presenza dell'ingobbio nasconde il colore dell'impasto creando un fondo chiaro per la vetrina. La stessa combinazione impasto colorato e poroso con ingobbio e vetrina viene utilizzata nei manufatti decorati a graffito, con incisioni dello strato di ingobbio per metterne a nudo il colore ottenendo delle linee di colore rosso-marrone. Ci sono assai pochi esempi di questo tipo nella ceramica per l'architettura, e negli esempi ritrovati si tratta di piastrelle per rivestimenti parietali interni⁴.

La ceramica smaltata (maiolica) è di gran lunga il materiale ceramico più diffuso in campo architettonico. Piastrelle di varia forma, che a seconda dei luoghi e degli impieghi sono identificate con nomi diversi, sono utilizzate per pavimentazioni interne, rivestimenti parietali interni ed esterni e rivestimenti esterni di cupole. Le pavimentazioni italiane in maiolica sono diffuse in tutta la penisola e formano una nota del Rinascimento italiano⁵. I rivestimenti di cupole sono particolarmente diffusi nell'Italia meridionale^{6, 7, 8}, mentre assai famose sono le pareti decorate in Spagna, in Portogallo e nelle aree dell'America centrale e meridionale che hanno subito la dominazione dei due paesi europei.

Da ricordare, infine, uno dei primi esempi di applicazione della ceramica invetriata nell'architettura. Si tratta dei bacini ceramici inseriti nelle superfici in laterizio o in pietra, soprattutto nelle facciate di chiese o campanili, con la funzione di interrompere

la monotonia⁹. A seconda dei periodi di costruzione e delle aree geografiche, i bacini possono essere di terracotta ingobbata e invetriata, di ceramica graffita o di maiolica. Spesso si ritrovano tutte le tipologie ceramiche in uno stesso complesso, come nel caso dei bacini di Sant'Ambrogio Vecchio a Varazze¹⁰.

Applicazione e cottura dei rivestimenti

I rivestimenti vetrosi, smalti e vetrine, vengono applicati, sotto forma di sospensione acquosa, in modo da formare un deposito superficiale di spessore omogeneo. Il grado di omogeneità dipende, tuttavia, dalla tecnica adottata per l'applicazione, che può essere a pennello, per aspersione oppure, per certi manufatti come le tegole, per immersione parziale.

Al momento dell'applicazione, il supporto può essere allo stato secco oppure precotto; in ogni caso segue una cottura del manufatto, che è la prima nel caso di supporto crudo, mentre è la seconda nel caso di supporto già cotto in precedenza. Si parla comunemente di tecnologia di lavorazione in "monocottura" e in "bicottura" rispettivamente (figura 2). A parte le questioni tecniche connesse con gli aspetti realizzativi, la conseguenza principale dell'adozione dell'una o dell'altra tecnologia è un diverso sviluppo di una zona di interfaccia fra lo strato di rivestimento e l'impasto ceramico sottostante (figure 3 e 4). Nel processo in monocottura, infatti, generalmente si raggiunge un maggiore grado di penetrazione fra i

FIGURA 2 Schema del processo ceramico in monocottura e in bicottura



due materiali a contatto, in quanto entrambi sono soggetti a reazioni chimiche innescate dalla temperatura crescente, ad esempio reazioni intergranulari nel supporto, sviluppo di fasi gassose, formazione di fasi liquide (totale o pressoché totale nel caso del rivestimento vetroso). Nel processo di bicottura, invece, tutte le reazioni del supporto sono già avvenute, per cui il materiale è chimicamente stabile. Inoltre, esso è caratterizzato da una superficie specifica complessiva dei pori molto più bassa di quella di un supporto crudo, per cui si ha anche una limitazione fisica all'avanzamento del rivestimento liquido all'interno dell'impasto.

Naturalmente il maggiore sviluppo dell'interfaccia tra impasto e rivestimento determina una migliore adesione fra i due materiali a contatto, e quindi una maggiore resistenza al distacco del rivestimento.

Le suddette osservazioni sul grado di adesione fra rivestimento vetroso e impasto non sono più valide nel caso di applicazione di uno strato di ingobbio fra impasto e rivestimento. In tal caso, infatti, si hanno due interfacce molto diverse: impasto/ingobbio e ingobbio/smalto (figura 5). Quest'ultima può essere paragonata a quella che si sviluppa in caso di contatto diretto fra rivestimento vetroso e impasto, anche se generalmente può essere ritenuta più debole, a causa della minore reattività dell'ingobbio rispetto all'impasto. Inoltre, quando c'è l'ingobbio, si applica

generalmente la tecnologia della bicottura, dove la prima cottura riguarda l'impasto e l'ingobbio e la seconda la vetrina o lo smalto. Tuttavia, l'interfaccia nettamente più debole è quella fra impasto e ingobbio, perché alla scarsa reattività dell'ingobbio si accompagna il fatto che l'impasto non produce una significativa quantità di fase vetrosa capace di sviluppare un buon aggancio fisico.

Le modalità di applicazione e cottura dei rivestimenti influiscono anche sulla formazione di difetti nello strato di rivestimento stesso, come la presenza di bolle, lo sviluppo del cavillo, la formazione di piccoli crateri, la presenza di cristalli non fusi, ecc., specialmente per quanto riguarda gli smalti. Tutte queste caratteristiche non costituiscono delle vere e proprie cause di degrado, però facilitano lo sviluppo dei processi di alterazione e degrado, sia perché il materiale diventa meccanicamente più debole, sia in quanto si ha una maggiore superficie a contatto con l'ambiente esterno.

Siccome una buona parte dei processi di alterazione e degrado inizia sulla superficie esterna dei manufatti, l'eventuale presenza di uno strato di vetrina sopra lo smalto delle maioliche rappresenta un elemento in grado di rallentare i processi di alterazione, in quanto questo materiale generalmente si presenta meno difettoso rispetto allo strato di smalto. Ciò è la conseguenza soprattutto della minore viscosità dello

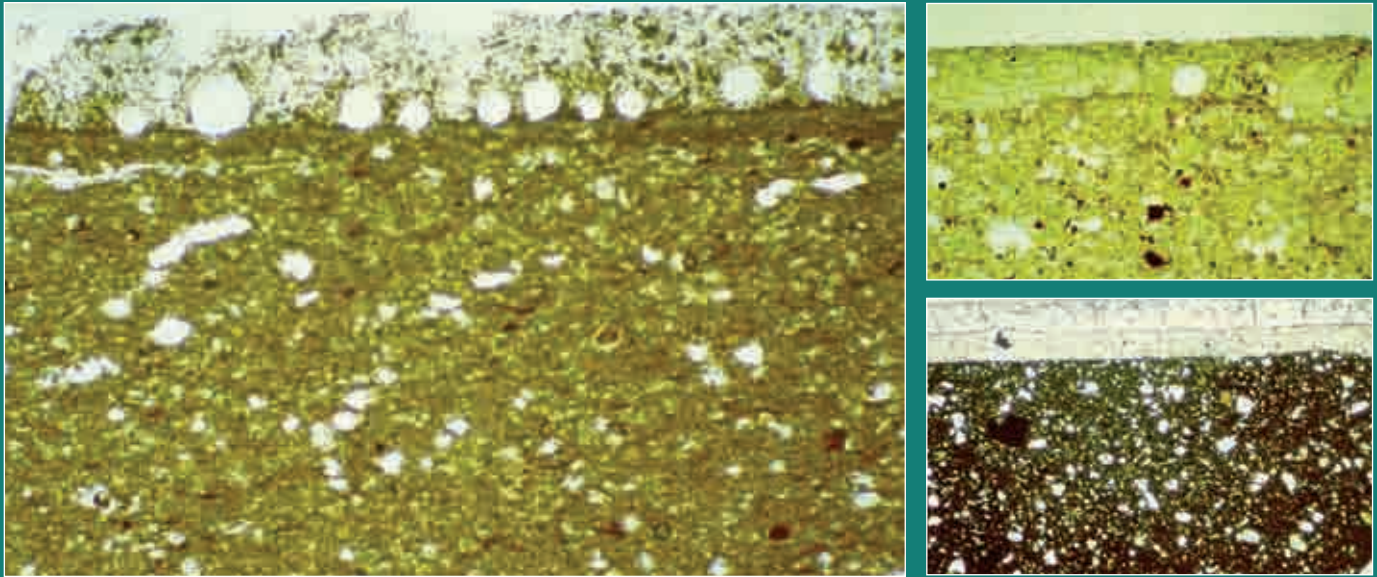


FIGURA 3 (IZQUIERDA) Fotografia in sezione sottile al microscopio ottico a luce trasmessa di un campione di maiolica faentina del XV secolo, che mostra un esempio di interfaccia piuttosto sviluppata (circa 50 micron) fra smalto e impasto ceramico; è ben visibile, inoltre, la presenza di abbondanti bolle d'aria localizzate prevalentemente alla base dello strato di smalto.

FIGURA 4 (SUPERIOR DERECHA) Fotografia in sezione sottile al microscopio ottico a luce trasmessa di un campione di ceramica invetriata, di tipo "stonepaste", proveniente dal mausoleo di Shahi Zinde, Samarcanda, Uzbekistan; Si può osservare il limitato sviluppo dell'interfaccia fra vetrina e impasto ceramico e la limitata quantità di bolle presenti nella vetrina.

FIGURA 5 (INFERIOR DERECHA) Fotografia in sezione sottile al microscopio ottico a luce trasmessa di un campione di ceramica ingobbata ed invetriata (graffita di Castelnuovo del Friuli), che mostra il limitatissimo sviluppo dell'interfaccia di reazione fra vetrina ed ingobbio oppur fra ingobbio e impasto.

strato di vetrina, rispetto allo smalto, durante la cottura e in particolare nella fase di raffreddamento. È in questa fase, infatti che si forma la maggior parte dei difetti degli smalti.

Le cause di alterazione e degrado

Nei materiali ceramici con rivestimento vetroso, le manifestazioni di alterazione e degrado sono varie, perché comprendono tutte quelle legate alla presenza del rivestimento, oltre a quelle pertinenti il supporto. Proprio la zona di interfaccia tra il supporto e lo smalto può essere la sede favorita di cause di alterazione e degrado. In particolare questo avviene quando ci sono manifestazioni di sali solubili, per lo più costituite da gesso ed altri solfati (per lo più alcalini), con i conseguenti inevitabili fenomeni di solubilizzazione e cristallizzazione a cicli ripetuti più e più volte nel tempo¹¹.

La ceramica in contesti architettonici, tuttavia, si ritrova praticamente solo in ambiente subaereo, interno o esterno, per cui si possono trascurare tutte le modificazioni del materiale connesse con altri ambienti,

quali il sottosuolo, l'ambiente subacqueo. Ne consegue che, con un minimo di semplificazione, i fenomeni di alterazione e degrado possono avvenire per cause, spesso fra loro collegate, raggruppabili in tre tipi:

1) **Patologia umida:** si tratta di tutti quei fenomeni riconducibili all'azione dell'acqua, la quale può risalire per capillarità dall'interno della struttura architettonica stessa, oppure provenire dall'esterno, per lo più in forma di precipitazioni meteoriche; una delle espressioni principali riguarda la fenomenologia connessa con la presenza di sali solubili, che possono dare origine a:

- depositi di sali efflorescenti, spesso non solubili (carbonato di calcio),
- formazione di fessure e fratture dello smalto,
- sollevamenti e cadute di rivestimento,
- esfoliazione e polverizzazione del supporto,
- caduta di materiale del supporto.

I sali solubili spesso si originano dalle malte di allettamento, meno frequentemente dal materiale ceramico stesso.

A parte la sua azione di trasporto e migrazione dei sali solubili, l'acqua veicola anche la sporcizia

dell'aria, favorendo:

- la formazione di depositi superficiali,
- l'insediamento di colonie di batteri, alghe e funghi.

- 2) **Movimenti strutturali:** questi movimenti producono tensioni localizzate all'interno della struttura e possono essere la causa di fessurazioni e rotture dei pezzi, nonché perdite totali o parziali, ad esempio nel caso di distacco da pannelli ceramici. I movimenti strutturali sono per lo più determinati da cause esterne, come i terremoti. Anche le malte di allestimento, tuttavia, a seguito di rigonfiamenti e assestamenti conseguenti alla loro alterazione, possono essere fonte di tensioni meccaniche, con conseguenze analoghe a quelle precedenti.
- 3) **Interventi antropici:** rientrano in questo tipo di cause gli eventuali precedenti interventi di restauro mal eseguiti, come scorrette ricollocazioni, riprese di colore malfatte (falsi storici), generazione di crepe, fessurazioni, scagliature, ecc. a causa di colpi accidentali, uso di sostanze chimiche (acidi o basi, così come sostanze organiche quali cere e composti più o meno assimilabili) capaci di intaccare anche il materiale ceramico. Limitatamente ai pavimenti ceramici, la principale fonte di degrado naturalmente è l'azione meccanica legata al calpestio, che produce un rapido processo di consunzione dello smalto prima, e anche del supporto ceramico successivamente.

Conclusioni

La conoscenza delle modalità di lavorazione e dello stato di conservazione dei singoli elementi ceramici costituenti i manufatti architettonici è molto utile nel caso di interventi di conservazione e restauro. L'esame dei materiali permette non solo di riconoscere gli aspetti classificativi, ma anche di individuare le manifestazioni di alterazione e degrado e di risalire alle loro cause.

Sulla base delle considerazioni sopra sviluppate appare evidente che la diagnostica relativa ai materiali ceramici archeologici è idonea anche per essere applicata ai materiali ceramici in contesti architettonici. Tuttavia essa non è sufficiente, perché ci sono almeno tre differenze sostanziali legate al tipo di impiego:

- nell'ambito architettonico non conta tanto il singolo elemento ceramico, quanto il manufatto complessivo ottenuto assemblando insieme numerosi elementi singoli.
- bisogna poi tenere in considerazione che il manufatto complessivo costituisce una parte solidale di una struttura più o meno complessa.
- inoltre, il manufatto ceramico applicato in campo architettonico non viene quasi mai rimosso dalla sua sede, ma viene lasciato a svolgere la sua

funzione anche dopo gli interventi di restauro.

Queste situazioni imprescindibili hanno diverse conseguenze, come la necessità di inserire fra le principali cause di degrado i movimenti strutturali, siano essi prodotti da cause interne o esterne alla struttura stessa, l'opportunità di inserire tra i materiali soggetti ad analisi di laboratorio le malte che collegano il manufatto ceramico al complesso architettonico, l'esigenza di impostare e progettare gli interventi di restauro in modo da ripristinare al massimo la funzionalità tecnica ed estetica del manufatto ceramico. Gli interventi di restauro sono quindi più complessi, perché non è sufficiente operare soltanto sul manufatto ceramico allo scopo di ridurre il più possibile le conseguenze dei processi di alterazione, ma occorre intervenire sul complesso strutturale, dove spesso risiedono le cause del cattivo stato di conservazione. A maggior ragione, pertanto, è auspicabile un contributo sinergico di più competenze, quelle dello storico, dell'architetto, del geologo, dell'ingegnere, del restauratore, dell'analista.

Note

- 1 Fabbri, B., S. Gualtieri, C. Mingazzini 1999. 'Rivestimenti ceramici dei monumenti timuridi nella necropoli di Shahi Zinda (Samarcanda, Uzbekistan)', *Atti 3ª Giornata di Archeometria della Ceramica, Faenza* 63-72.
- 2 Soheil, M.A. 1992. 'Mattonelle smaltate nell'architettura in Persia', *Atti del convegno: "Le Superfici dell'Architettura: il Cotto. Caratterizzazione e Trattamenti"*, Bressanone (Libreria Progetto Editore, Padova), 609-617.
- 3 Fabbri, B., G. Latour, F. Micocci 1991. *La Ceramica nell'Edilizia* (La Nuova Italia Scientifica), Roma.
- 4 Fabbri, B., S. Gualtieri, C. Mingazzini et al. 2000. 'Archaeometric investigations of sgraffito ceramic tiles (fifteenth-sixteenth centuries) recovered from excavations in Udine (North-East Italy)', *Archaeometry* 42, 317-324.
- 5 Bandini, G. 1995. 'Profilo per una storia degli impiantiti maiolicati italiani (1400-1550)', *Catalogo della mostra "Le metamorfosi dell'azzurro"* (Ars Latina, Parigi), 34-55.
- 6 Picone, R. 1992. 'La maiolica come rivestimento di superfici architettoniche: tecniche di produzione e messa in opera nel napoletano', *Atti del convegno: "Le Superfici dell'Architettura: il Cotto. Caratterizzazione e Trattamenti"*, Bressanone (Libreria Progetto Editore, Padova) 47-61.
- 7 Casiello, S., F. Bocchino, M.R. Pinto 1992. 'Peculiarità ambientali della penisola sorrentina: le cupole maiolicate', *Atti del convegno: "Le Superfici dell'Architettura: il Cotto. Caratterizzazione e Trattamenti"*, Bressanone (Libreria Progetto Editore, Padova) 63-82.
- 8 Gattuso, C., L. Menozzi 1995. 'Ceramic facings in the architecture of some southern Italian centres', *Atti 3ª EMAC, Riccione* (Gruppo Editoriale Faenza Editrice, Faenza, 1995), 393-402.
- 9 Berti, G. 1992. 'Rapporti fra strutture architettoniche e ceramiche impiegate nella decorazione esterna (2ª metà X – 1ª metà XV sec.)', *Atti del convegno: "Le Superfici dell'Architettura: il Cotto. Caratterizzazione e Trattamenti"*, Bressanone (Libreria Progetto Editore, Padova), 1-9.

- ¹⁰ Benente, F., G. Predieri, S. Sfrecola 1992. 'I bacini ceramici di S. Ambrogio vecchio a Varazze (SV): produzione, provenienza e degrado – studio campione di un contesto ligure', *Atti del convegno: "Le Superfici dell'Architettura: il Cotto. Caratterizzazione e Trattamenti"*, Bressanone (Libreria Progetto Editore, Padova), 505-516.
- ¹¹ Fabbri, B., C. Ravanelli Guidotti 1993. *Il Restauro della Ceramica* (Nardini Editore, Fiesole).

JOÃO LUÍS FARINHA ANTUNES

Chemist, Instituto Politécnico de Tomar - Portugal

DEOLINDA SOUSA TAVARES

Conservator, Instituto Português do Património Arquitectónico, Évora - Portugal

The removal and replacing of architectural glazed tiles - azulejos

A CASE STUDY*

In Portugal, the removal of architectural glazed tiles, repairs to the wall, and the restoration and replacement of the tiles have often been carried out during conservation treatments. This procedure was generally thought to be justified not only when the mortar had been in bad condition (become sandy), but also when the condition of the supporting wall had led to detachment of the tiles.

SUCH OPERATIONS to remove ancient tiles from the wall will, however, cause further damage to the *azulejos*. It is very difficult to know if the problems will be solved by this procedure and if it will assure a better future for the tiles. We believe, therefore, that this aggressive procedure should be used only as a last resort.

The main cause of mortar deterioration is the movement of water inside the wall. Sometimes the elimination of water access can be achieved without totally removing the wall covering or by removing only a part of it.

If a void occurs between the masonry and the surface system (tiles and mortar), it can be diagnosed by tapping with the knuckles. In this case, before deciding to remove tiles from the wall we should be sure that the problem cannot be fixed by injecting appropriate grouts to fill the void and to provide some additional cohesion to the system.

The above procedure fits in with the principle of minimal intervention and maximal preservation generally proposed nowadays for conservation treatments.

In Portugal, training programs for tile conservators only started during the last decade (before then, masons did the tile restoration) and there is still today a lack of tile conservators.

In this paper we present our considerations on the conservation treatment of the 18th century *azulejos*

that cover the interior of the Chapel of Nossa Senhora das Salas in Sines, Portugal.

Case study

The Chapel of Nossa Senhora das Salas (Fig. 1) was built in the 16th century, by order of Vasco da Gama, on the coast near Sines. The local people always had a high devotion to this place.

An earthquake in 1755 caused severe damage that required extensive repair work. During this work, tiles were added to the interior of the church as one of the decorative elements (Fig. 2).

They cover all the interior walls to a height of 2.8 m and consist of contiguous figurative panels representing religious scenes, framed by leaf shaped cut tiles above a *trompe l'oeil* stone ashlar. This is very typical Portuguese tile-work from this period.

The tiles, each measuring 14 x 14 x 1.3 cm, have a buff-reddish ceramic body, and are produced by mixing red and buff clays.

With such a mixture it was possible to produce a tin glaze on a thinner biscuit¹. This was not possible with the coarse, high iron oxide clays used in the 17th century which resulted in a thicker biscuit and the iron content affecting the maiolica colours.

The biscuit is glazed with a white tin glaze on top of which the majolica decoration is painted in blue for the pictures and their frames, and in blue, yellow, green and brown for the lower part of the panels.

FIGURE 1 Chapel of Nossa Senhora das Salas, Sines, Portugal.



FIGURE 2 View of the interior tiles - showing the trompe l'oeil door.



By the end of 1997, the chapel's roof was in a very bad condition. Rainwater came into the vaults and the walls causing severe problems of water saturation and detaching parts of the panels.

Even when the repair of the roof had been completed there was still a large quantity of water in the walls.

Conservation state before intervention

The conservation problems of the tiles were more related to bad environmental conditions than to poor manufacture.

In general the tiles are not perfect fine faiences, but they are sound ceramics with a good compatibility biscuit-glaze.

The main causes of the damage to the tiles were at first the degradation of the supporting walls caused by earthquakes and inappropriate repairs with Portland cement mortars. Subsequently, the decay of the roof, which allowed rainwater into the walls, was a main cause of damage.

The water movement through the masonry caused the leaching of calcium carbonate, the mortar binder, consequently weakening the mortar.

The soluble salts, transported by the water, crystallized on the surface causing disruptive mechanical stress and the detachment of the glaze.

The main problems occurred in places where the evaporation rates were higher, i.e. at the upper edges of the panels (Fig. 3).

Most of the tiles were well attached to the underlying mortar with the exception of those at the top of the panels. We noticed a few blisters between masonry and mortar but they seemed to be able to remain like this for many years.

There were no signs of rising damp, and the mortars and masonry in lower parts were sound. Thus there was no need for a major intervention or for removal of all the tiles.



FIGURE 3 Salt efflorescence at the edge of a panel.



FIGURE 4 Salt efflorescence on joints and glaze lacunae.

FIGURE 5 Glaze decay caused by salt efflorescence and compression at the joints.



FIGURE 6 Tile detachment caused by deterioration of the mortar.



We have reported:

- glaze detachments and cracks due to mechanical stresses caused by salt crystallization and too tight joints (figs. 4 and 5);
- cracks due to the use of too strong a hydraulic mortar (mixture of lime and Portland cement) for filling gaps and replacing of tiles;
- tile detachment due to the loss of adhesive capacity of the mortar (Fig. 6);
- lack of elements in the upper parts giving a ruined decayed appearance;
- many deep fractures in the panels of the south wall which was the one most damaged by the earthquake of 1969.¹

Intervention methodology

The aim of our intervention was to re-establish, as much as possible, the physical stability and visual integrity of the whole. So, we decided:

- 1) to remove tiles in danger of detachment; tiles were initially labelled and faced with tissue and Paraloid

- 2) to remove Portland cement mortars and replace the tiles using lime mortars. The extensive use of Portland cement mortars adjoining the panels causes water evaporation through the tiles instead of through the plasterwork;
- 3) to treat the removed tiles according to the following procedure:
 - cleaning of glazes with nebulized water and appropriate solvents - ethanol, acetone, toluene - for specific stains as waxes, paints and soot
 - taking off the old mortars attached to the back of the tiles and gaps (Fig. 7). Sometimes this operation uncovered the original inscription that locates each tile in the panel, the first one at the bottom left being *a1*
 - bonding the fragments with HMG B72 and making local consolidations with Paraloid B72 3% in acetone. It has to be stressed here that the tiles cannot be extensively consolidated with a polymer resin because then they will not adhere to the mortar
 - desalination by immersion in tap water for two days;
- 4) to carry out the treatment of tiles *in situ*:
 - cleaning of glazes with nebulized water and appropriate solvents
 - local consolidation with Paraloid B72, 3% in acetone
 - removal of decayed mortars from joints and gaps
 - desalination by applying paper pulp poultices

FIGURE 7 Tile cleaning with an air compressed vibrotool.



FIGURE 8 a, b Manufacture of replica tiles to fill big lacunae.



FIGURE 9 a, b, c Filling of a large gap with a replica tile.

soaked with tap water over the areas of salt efflorescence, to be renewed everyday for a week;

- 5) to make replica tiles to replace missing tiles. The lacunae were in the areas of the repetitive patterns of the panels so the decoration was reproducible by copying similar motifs (Fig. 8). We painted them with similar ceramic colour over modern biscuits shaped to fit in the original gaps (Figs. 9 and 10). By taking a close look, we could distinguish the originals from the replicas which have a more regular surface and a different gloss to the glaze;
- 6) to replace tiles with lime mortar (Fig. 11). The mortar used has been the common and traditional mortar: lime putty + sand (1:3.5). The lime was slaked *in situ* and kept for one month before use;
- 7) to fill the cracks, gaps and joints.

Usually the filling of gaps should be done with a fine and dense filler based on lime and stone or silica powder. However, the humidity content of the wall was high and we could not wait for it to reach its equilibrium level because the chapel had to be opened to the public. So, at this stage of intervention, we decided to apply a weak lime-and-stone powder mortar (1:4) as a temporary protective measure. The aim was to let the wall dry and to drive the salts to crystallize on top of this layer before the completion of the work.

Today, this decision seems to be right as, in fact, these fillers behaved as sacrificial layers (Fig. 12) and there is no more efflorescence on tiles.

The chapel walls are ready now for the conclusion of the work, the definitive filling and visual integration of gaps.

FIGURE 10 a, b
(LEFT TOP AND BOTTOM)
Testing a
newly-made replica
before last firing.



FIGURE 11 (RIGHT)
Replacing tiles with
lime mortar.



Considerations on the intervention procedures

DESALINATION

The presence of salts causes degradation, especially on the adhesion between glaze and ceramic body. In consequence the glaze can be lost.

This degradation not only happens to the tiles on the wall, but also to tiles in storage or on exhibition. So tiles must be desalinated after the cleaning of remaining mortars.

For a common 18th century tile with the approximate dimensions 14 x 14 x 1.3 cm, the desalination curve tends to level off after approximately two weeks. After that the desalination rate is much smaller and deterioration of the biscuit may take place².

Because the wall where the tiles are going to be replaced has a large amount of salts, there is no need for such a long desalination. It is enough to extract most of the salts in a two-day immersion bath in tap water. The control of salt decay should be done by avoiding water movements inside the wall.

FILLING OF GAPS

Gaps in the tiles may be filled in several different ways according to the type of gap (size and location) and the

environmental conditions (interior, exterior) on the wall or in a museological support.

We can use gypsum filler on tiles in museological conditions, i.e. not interacting with a wall, because gypsum is stable enough and resistant in these situations³.

But the gypsum filler is completely inadequate when used on tiles on the wall because of its instability in damp conditions.

To fill big gaps new ceramic pieces may be manufactured. This material assures the best compatibility with the original tiles, considering mechanical strength, porosity and thermal coefficients.

Lime putty fillers are advisable for joints, fractures and small gaps, due to their behaviour (high porosity, low mechanical strength, and good adhesiveness), allowing the wall "to breath" and absorbing mechanical stresses.

At the end, we should try to re-establish the visual integrity of the whole panel either by reproducing the decoration if we have enough elements to do it, or by colouring gaps with a general tone to reduce the contrast between tiles and gaps.

In any case, it is advisable that a difference of colour tone, smoothness or gloss allows the replicas to be readily distinguished from the original pieces .

FIGURE 12
Deterioration of the
temporary filler
after one year.



CHARACTERISTICS OF MORTAR

Mortar used for tile-work must have a good adhesion to, and compatibility with, the wall and tiles. It will suffer some salt attack but will not be subjected to direct external aggressors, like rain, heat or wind as happens to the mortar used for renderings.

It should have a low mechanical resistance but, on the other hand, it must have a strong adhesive capacity and a high fissure resistance.

Lime mortars are the ones that respond best to these requirements.

It has to be noted that most industrial hydraulic limes used to improve adhesive and strength of lime mortars have free sulphate ions to regulate the setting time and are therefore not advisable.

ADDITION OF PORTLAND CEMENT TO THE LIME MORTAR

Portland cement is often mixed to the lime mortars in proportions of 5-10 % to improve the resistance and adhesiveness and to achieve a quicker set.

But this addition should not be done, because alkaline ions, transported by the Portland cement have a disastrous effect on the tiles⁴.

The Smeaton Project⁵ proved that only an amount higher than 25% improves the mechanical resistance of the mortar, but this is an amount much too high to be used in conservation work.

The reasons are, as mentioned before, presence of alkaline ions, different thermal coefficients and mechanical resistance.

CONCLUSIONS

Intervention methods for tiles in a museum context (where they can be treated as ceramic objects) may be quite different from those for tiles on the wall where they are parts of an architectural element.

Tile-work on the wall is composed of four interacting layers: the glaze, the ceramic body, the

mortar and the masonry. The decay of an inner layer causes the decay of the superficial one.

Preventing the ingress of water into the wall is the most important factor in keeping tile panels on the wall, and in avoiding the need for deep intervention.

* *Acknowledgements: The authors wish to thank IPPAR – Instituto Português do Património Arquitectónico for permission to publish data and photographs of the work referred in this article*

Notes

- ¹ van Dam, J. D. 1999. 'The difference between dry and wet clay mixing and the effect on deterioration of Dutch tiles', *The conservation of glass and ceramics – research, practice and training*, ed. Norman Tennent (London), 146-149.
- ² Costa Pessoa, J., J. L. Farinha Antunes, M. O. Figueiredo and M. Amaral Fortes 1996. 'Removal and Analysis of Soluble Salts from Ancient Tiles', *Studies in Conservation* 41, 153-160.
- ³ See, for example, the following:
Koob, S. 1987. 'Detachable plaster restorations for archaeological ceramics', *Recent Advances in the Conservation and Analysis of Artifacts*, Institute of Archaeology Jubilee Conference Papers, ed. James Black (Summer Schools Press, London), 63-65.
Pearson, C. 1987. *Conservation of Marine Archaeological Objects*, (Butterworths, Oxford), 261.
Elston, M. 1990. 'Technical and Aesthetic Considerations in the Conservation of Ancient Ceramic and Terracotta Objects in the Paul Getty Museum: five cases', *Studies in Conservation* 35, 69-80.
Malhoa Gomes, M. M. and Deolinda M. S. Tavares 1991. 'Remarques sur la conservation et la restauration d'azulejos', *Azulejos (catalogue) Europalia '91*, 63-69.
Castel-Branco, Pereira, M. M. Malhoa Gomes and D. S. Tavares 1992. The treatment of ancient Portuguese tiles, *Conservation of the Iberian and Latin American Cultural Heritage, Preprints of the Contributions of the Madrid IIC Congress* (London), 112-115.
Buys, S. and V. Oakley 1993. *The Conservation and Restoration of Ceramics* (Butterworths-Heinemann, Oxford), 121-127.
- ⁴ Arnold, A. and K. Zehnder 1990. 'Salt Weathering in Monuments', *The Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Proceedings of the 1st International Symposium, Bari, 1989* (Brescia), 21-58.
- ⁵ Teutonico, J. M., I. McCaig, C. Burns and J. Ashurst 1994. 'The Smeaton project: factors affecting the properties of lime-based mortars', *APT Bulletin* XXV 3-4, 32-49.

ANTONIO RAVAGLIOLI, ADRIANO KRAJEWSKI
CNR, Istituto di Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici, Faenza, Italia

Stato della degradazione e ragioni del degrado: indagini chimico-fisiche e micro-climatiche

IL CASO DEL CHIOSTRO DI SANTA CHIARA DI NAPOLI

Le piastrelle maiolicate del Chiostro di Santa Chiara (nel gergo degli artigiani majolicari chiamate "riggiole") sono vissute per ben due secoli nel luogo in cui furono poste senza mostrare problemi di danneggiamento delle superfici maiolicate (Figura 1).

Questi si sono appena accennati verso la fine del secolo XIX fino alla metà del secolo XX. Da quel momento in poi il numero di danneggiamenti ha subito un'accelerazione in termini di loro accumulo (Figure 1-4).

LA PRIMA IPOTESI AVANZATA, ed apparentemente più verosimile, è quella dell'inquinamento atmosferico determinato dalle produzioni industriali e dai motori che caratterizzano la moderna civiltà umana. I fattori inquinanti, additati per l'incriminazione, sarebbero composti ad ossidazione variabile dello zolfo (SO_x) e dell'azoto (NO_x). Il primo deriverebbe dalla combustione del carbone (particolarmente utilizzato a cavallo fra i secoli XIX e XX) e dei derivati del petrolio (sempre più utilizzati a partire dalla seconda metà del secolo XX). Il secondo deriverebbe prevalentemente per effetto della combustione dell'azoto atmosferico nei motori (a scoppio e diesel) e nelle turbine.

La verosimiglianza dell'ipotesi deriva dal fatto che la curva dell'accumulo dei danni riscontrabile nelle piastrelle maiolicate del Chiostro di Santa Chiara sembra procedere allo stesso modo dell'aumento dei consumi dei combustibili o, se si vuole, dell'aumento della produzione e del traffico in Italia come in tutto l'Occidente. Non che la causa sia in sé l'inquinamento globale mondiale, ma certamente la zona di Napoli ha seguito lo stesso andamento di sviluppo e le industrie ed il traffico locali hanno contribuito all'inquinamento

locale incidendo più o meno come in altre zone dell'Italia industrializzata nei suoi vari momenti storici.

Entrambe le componenti inquinanti indicate conferiscono caratteristiche acide, possono reagire coi materiali con cui vengono in contatto, disgregarli ed estrarre da questi partners cationici mediante scambio ionico. Poiché le opere murarie furono costruite con abbondanza di calce (ed è ben noto che questa nel tempo reagisce con la CO_2 atmosferica trasformandosi in CaCO_3 , per i profani indicabile come la componente costitutiva del marmo), l'azione acida di SO_x produce i corrispondenti sali, fra cui la tenardite (NaSO_4) che lestantemente si trasforma in gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), insolubile, in presenza di umidità. L'azione della componente NO_x è simile a quella del componente SO_x , ma con la differenza, rispetto a quest'ultimo, che la stragrande maggioranza dei suoi sali (ed in particolare di quelli di calcio) è solubile e quindi ne permette la rimozione dal luogo originario. Inoltre, poiché il componente NO_x ha un carattere più acido, la sua azione viene esercitata anche nei confronti del gesso.

Da altri casi si sa che i processi di deterioramento di un'opera muraria (affreschi, bassorilievi, ecc.) o di un'opera lapidea (famosa è la questione della Colonna

FIGURE 1 - 2



Traiana a Roma) sono di norma conseguenza di situazioni ambientali sia interne che esterne. In questi casi il deterioramento è diretto sulla superficie dell'opera, poiché essendo questa sostanzialmente costituita di CaCO_3 l'azione chimica di SO_x ed NO_x avviene direttamente a livello della superficie ed il prodotto di degradazione principale è appunto il gesso.

Poiché si attribuisce alle condizioni climatiche locali notevole importanza riguardo ai processi di deterioramento, si tende a studiare l'evoluzione del clima nell'ambiente che circonda l'opera sottoposta a degrado¹, nelle sue componenti di aria, suolo e murature, tutte permeate (in misura diversa, ma in sostanziale equilibrio chimico-fisico) da acqua.

Nel caso del deterioramento di piastrelle ricoperte da uno strato di maiolica, com'è appunto il caso del Chiostro maiolicato, si può, senza timore di incorrere in errori iniziali di valutazione, escludere un'azione diretta dell'atmosfera. È infatti difficile ipotizzare che si possano generare corrosioni di vasta entità sullo smalto vetroso (pur considerando le possibili azioni corrosive sulle superfici da parte delle piogge acide) senza che non siano state precedentemente segnalate eclatanti alterazioni fisiologiche sugli esseri viventi. Occorrerebbe, cioè, che agenti inquinanti fossero presenti nell'atmosfera in quantità tale che, depositandosi umidità atmosferica sullo smalto, questa fosse talmente acida o caustica da riuscire a corroderne la superficie. Ciò non è ipotizzabile nel caso di superfici smaltate.

Tuttavia, se l'inquinamento è l'imputato, allora la sua azione non può che essere indiretta nel caso in questione. Col termine di indiretto si intende il fatto che la sua azione si è svolta, tramite una complessa

serie di meccanismi sostanzialmente poco chiari nei dettagli, ma facilmente intuibili a grandi linee, dall'interno delle piastrelle. In particolare, l'ambiente considerato, ed inteso come il luogo in cui avvengono i processi fondamentali di deterioramento dell'opera, è l'interfaccia fra lo strato vetroso esterno ed il biscotto della mattonella su cui lo smalto stesso è deposto. Ciò dovrebbe essere stato possibile per migrazione dei sali solubilizzati da SO_x ed NO_x dalle opere murarie verso l'interno poroso del biscotto delle piastrelle ove, peraltro, lo SO_x ed NO_x residui potrebbero aver continuato a svolgere la loro azione disgregatrice nei confronti dei componenti presenti (silicoalluminati, ma anche possibili calcinelli). I processi migratori di solubilizzazione e riprecipitazione sarebbero lenti, di un tipo simile a quello con cui si formano le stalattiti e le stalagmiti nelle caverne naturali sotterranee.

Perché tutto ciò sia sostenibile occorre formulare l'ipotesi che esista un mezzo di trasporto sia degli inquinanti causa dei problemi che dei sali che si formano, si ridisciolgono e riprecitano altrove. Tale componente è l'acqua, sotto forma di umidità che permea tutta la struttura porosa delle varie componenti murarie: mattoni, intonaci e biscotti delle piastrelle.

Diversi studi, condotti da una nutrita schiera di altri autori, hanno mostrato che i processi di sfaldamento delle superfici esterne di edifici in pietra porosa avvengono attraverso cicli ripetuti di variazione dell'umidità e della temperatura che pilotano la crescita in volume di sali durante la fase di cristallizzazione, passando dalla forma anidra a quella idrata. È stato verificato come sali, tipo il solfato di sodio o quello di magnesio, possono passare dalla forma anidra a quella idrata in un intervallo ristretto di temperatura ed umidità relativa².

FIGURE 3 - 4



La seconda ipotesi

Alcuni studiosi, quali Simonis e Lenhauser, che già avevano preso in considerazione il problema, sostengono la tesi di una scadente qualità del biscotto prodotto dai mastri majolicari dell'epoca. Per produrre le piastrelle essi avrebbero utilizzato una materia prima grossolanamente lavorata (il che risulta effettivamente vero). La scarsa macinazione avrebbe favorito la presenza di un eccessivo numero di microcalcinelli (alcuni effettivamente riscontrati) e di particolato di gesso. Essi sostengono che i microcalcinelli ed il particolato di gesso fossero componenti già presenti all'interno delle materie prime utilizzate, quindi di scadente qualità. Tali particelle sarebbero rimaste presenti sia per la loro dimensione che per la bassa temperatura di cottura che non avrebbe permesso la loro scomposizione in CaO e parte gassosa e reazione del CaO formato con le componenti silicatiche dell'impasto in cottura. Secondo loro, sarebbe il gesso già presente nel biscotto la reale causa del processo di degrado, associata al problema dell'umidità. Essi infatti sostengono che quelle particelle di gesso già presenti sottosmalto fin dal momento della smaltatura potrebbero essere state la causa dello scalzamento dello smalto.

Pertanto, l'azione che poi avrebbe scatenato il problema del degrado ha iniziato fin da subito ad operare.

Il fatto che vi sia stato un periodo di assenza di danneggiamenti è semplicemente dovuto al fatto che questo corrisponderebbe ad un periodo di incubazione nel quale dapprima ogni mattonella si è riempita di umidità. Il fatto poi che vi sia stata un'apparente corrispondenza con lo sviluppo della produzione

industriale è un fatto del tutto casuale: in base all'ipotesi di partenza ciò sarebbe comunque avvenuto anche in totale assenza di questo sviluppo.

In base a questa ipotesi, il processo di degrado si dovrebbe arrestare una volta esaurito il numero di presenze di particolati di gesso sottosmalto.

Lo studio condotto

Prima di procedere alla valutazione dei dati è stata fatta qualche considerazione comparativa sulle due ipotesi e sulle conseguenze che ciascuna avrebbe prodotto.

Le piastrelle sono smaltate dal lato esterno e quindi, in teoria, il flusso di umidità dovrebbe essere stato bloccato da quella parte e con esso tutta la serie di sali in essa disciolti che, quindi, mai avrebbero potuto raggiungere la zona sottosmalto. L'umidità avrebbe potuto risalire la parete muraria retrostante le piastrelle (intonaco incluso) senza però dover necessariamente entrare nelle piastrelle. Lo smalto dovrebbe infatti rappresentare una barriera ermeticamente chiusa nei confronti dell'esterno. Una prima risposta al quesito è che l'umidità trova certamente sfogo nelle commessure fra le piastrelle (è altresì possibile che microscopiche crepe potessero esistere già all'atto della fabbricazione delle piastrelle e quindi anche quella potrebbe essere stata una via di sfogo dell'umidità). Se l'umidità fuoriesce dalle commessure, non tanta di essa si avvicina pericolosamente alla zona di interfaccia fra biscotto e smalto (solo quella attratta per capillarità), poiché drenata lateralmente e quindi seguendo percorsi orizzontali rispetto allo smalto. Ciò potrebbe dare credito alla seconda ipotesi in quanto il gesso che

sarebbe stato presente sottosmalto avrebbe potuto così idratarsi ed espandersi producendo così uno spallamento della porzione di smalto sovrastante. Tuttavia la quantità di gesso trovata è assai inferiore a quella ipotizzabile necessaria per produrre un così vasto danneggiamento.

Del resto, dando credito alla sola seconda ipotesi non ci sarebbe gran ché da poter fare. La causa consisterebbe in una sorta di “peccato originale” non altrimenti sanabile od attenuabile, se non con la sostituzione *tout-court* di tutte le piastrelle con altre riportanti gli stessi motivi artistici, ma prodotte oggi con materiali assai migliori rispetto a quelli che la seconda ipotesi considera siano stati utilizzati.

Se si ipotizza un flusso di umidità, allora si può anche ipotizzare il trasporto di sali. Poiché il problema dell'inquinamento è reale, ed in altri contesti ha mostrato di provocare danni e proprio con la formazione di gesso, allora diviene naturale considerare esso e non la presunta scarsa qualità della materia prima utilizzata dagli artigiani napoletani dell'epoca. D'altra parte, perché dover supporre una cattiva scelta di materie prime in una produzione per quella che allora si configurava come un'opera pubblica di grande rilevanza? Sarebbe arduo pensare che già a quei tempi ed in quelle circostanze si procedesse ad imbrogli già a livello di scelta dei materiali (a meno di non pensare che gli artigiani coinvolti non fossero all'altezza professionale per il compito loro assegnato)! D'altra parte, la troppa stretta corrispondenza temporale della curva cumulativa del degrado con quella dello sviluppo della società industriale rende poco pensabile una semplice casualità.

Pertanto gli scriventi hanno ritenuto verosimile l'azione dell'inquinamento già a livello del tipo e valutazione dei dati acquisiti

La valutazione dei dati derivanti dallo studio

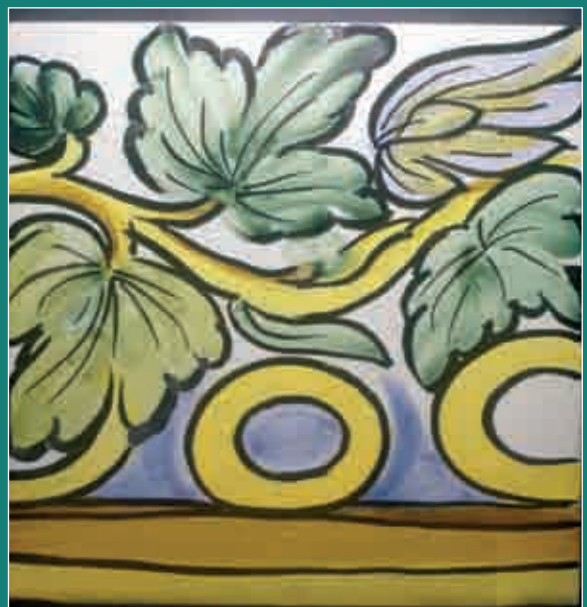
Nell'accingersi inoltre alla valutazione dei dati acquisiti dallo studio ci si è imbattuti sul fatto che i danneggiamenti erano presenti con densità differente a seconda delle zone.

Partendo dall'ipotesi dell'azione indiretta dell'inquinamento atmosferico, le attenzioni degli scriventi si sono concentrate nell'ambiente del biscotto e dell'interfaccia con lo smalto ed è in tale ambiente che sono stati tenuti sotto costante controllo i parametri termo-igrometrici.

Per quanto riguarda i processi di deterioramento delle piastrelle del Chiostro Maiolicato del Monastero di Santa Chiara, dopo un attento esame si sono potute trarre le seguenti considerazioni:

- Tutte le superfici maiolicate sono sottoposte all'azione di deterioramento. Qualitativamente sembra più estesa l'azione di attacco nella parte del Chiostro maggiormente esposta alla radiazione solare (che corrisponde al lato Nord del portico). Tale zona risulta essere tuttavia anche la più umida.
- È evidente che il distacco delle superfici maiolicate avviene dall'interno. Il processo di deterioramento inizia con un rigonfiamento ed il successivo distacco delle superfici smaltate (Figura 5); successivamente vengono coinvolte attorno ai difetti prodottisi aree sempre più vaste della

FIGURE 5 - 6



mattonella interessata. Si può quindi escludere che l'inquinamento atmosferico sia una causa diretta (cioè agente dalla parte esterna dello smalto) dei processi di deterioramento (ma, come si è visto, la vera causa indiretta che innesca un meccanismo che agisce fra smalto e biscotto della mattonella).

- L'azione di degrado continua anche sulle superfici già prive di smalto, dove affiorano evidenti depositi di sali bianchi, muffe e gesso (Figura 6). Sono state riscontrate muffe verdastre anche sotto i rigonfiamenti dello smalto.

Queste analisi preliminari, relative agli effetti di deterioramento delle mattonelle del Chiostro, così come escludono un'azione diretta sulle superfici vetrose ne individuano una riconducibile a processi di trasporto per capillarità di sali solubili lungo le pareti umide, associati a cicli termici di evaporazione e ricondensazione. Questi cicli favoriscono un lento deposito di sali prima all'interno della struttura porosa e poi in superficie, quando la mattonella ha già subito il sollevamento ed il distacco dello smalto vetroso. A queste si deve aggiungere la possibile azione di microfratturazione che i sali igroscopici possono svolgere nei processi di cristallizzazione su una struttura morfologicamente porosa.

Le indagini chimiche e l'effetto pompa

Le indagini chimiche condotte su porzioni di mattonelle, hanno mostrato una particolare abbondanza di sali, quali l'anidrite (CaSO_4) e la tenardite (Na_2SO_4) per citare i più significativi. Questi sali (di cui in Tabella 1 sono riportati vari tipi assieme alle loro caratteristiche chimico-fisiche fondamentali) hanno la peculiarità di idratarsi durante i processi di cristallizzazione, aumentando così di volume. L'azione meccanica, associata a questi aumenti di volume, porta all'occlusione dei pori in cui tale cristallizzazione avviene e l'aumento di volume da idratazione imprime pressioni così elevate all'acqua rimasta, intrappolata fra l'occlusione e lo smalto, tali da rompere una struttura di canali porosi e sollevare interi strati di materiale poroso. Nei confronti dello smalto l'esercizio della pressione favorisce nel tempo il suo sballamento ed il distacco dal biscotto. Questo fenomeno è stato denominato "*effetto pompa*". Col distacco i sali possono più comodamente insediarsi nella parte sollevata e procedere quindi alla produzione di ulteriori danni. Si possono così trovare talvolta sali proprio a ridosso dello smalto (in particolare è stato individuato il gesso, probabilmente perché, essendo poco solubile a differenza degli altri, non è stato dilavato col flusso dell'umidità). L'accumulo, progressivo nel tempo, del gesso e degli altri sali, ed i cicli di idratazione e deidratazione, diurni e notturni

(differenziati anche a livello stagionale), hanno dato luogo nel tempo al sollevamento progressivo della porzione di smalto interessata, producendo ovviamente una microcricatura diffusa dello strato vetroso (che con un lento processo di lisciviazione, per infiltrazione di umidità acida nelle microfrazture, ne ha modificato la consistenza da vetroso com'era all'inizio ad una sorta di pellicola similplastica tendente all'opaco). È come se tali accumuli sali sottosmalto avessero agito come dei minuscoli cricks. L'aumento di volume progressivo, dovuto ad una cristallizzazione di sali igroscopici in una soluzione salata, può portare ad un lento processo di crescita se il ciclo di idratazione e deidratazione è ripetuto con periodicità per effetto del riscaldamento diurno e raffreddamento notturno delle pareti.

L'umidità di fronte allo smalto ed al biscotto

Nel caso di piastrelle ricoperte di smalto, il processo di microfratturazione nelle sue diverse forme (spelamento, fessurazione, cracking, splitting, ecc.) inizia nell'interfaccia tra il biscotto poroso e lo smalto per poi favorire il sollevamento ed il distacco della parte vetrosa.

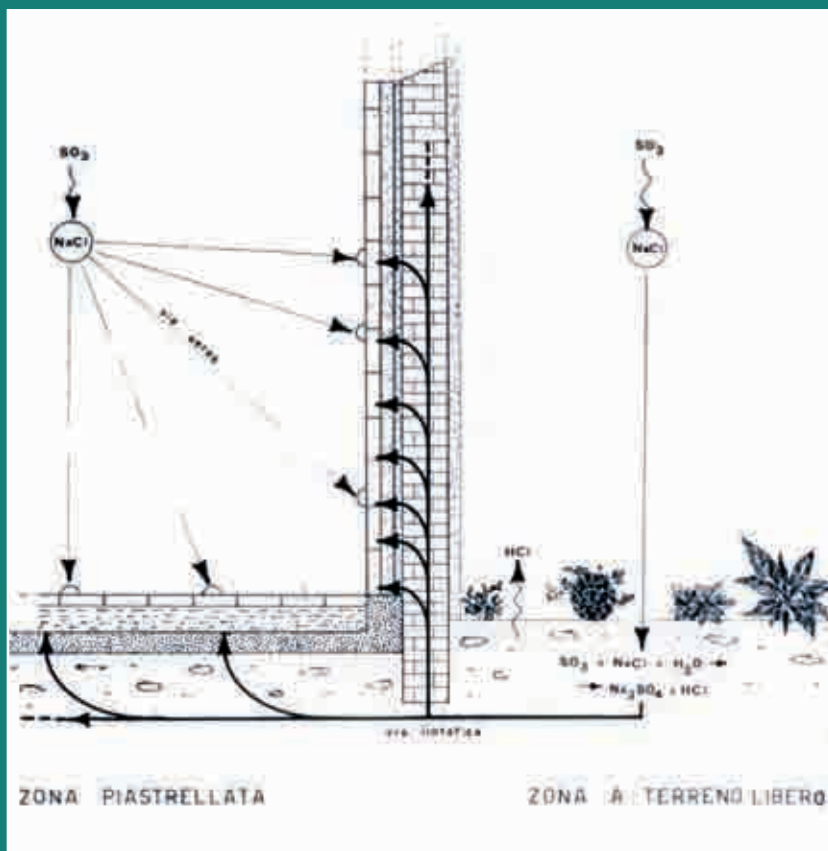
Pertanto, la superficie vetrosa esterna alla piastrella non impedisce il ciclo termico di risalita e ridiscesa della soluzione di sali dentro il capillare. Anzi, si verifica che la superficie esterna vetrosa favorisce tale processo. Infatti, durante la fase di riscaldamento, la pressione di vapore raggiunta all'interno dei capillari posti dietro la superficie vetrosa può vincere la crescita del liquido per tensione superficiale e pressione osmotica, sospingendo il liquido stesso verso strati più interni della piastrella.

Pertanto i sali si idratano preferenzialmente quando è presente umidità liquida dentro i capillari ed in presenza di temperatura più bassa (quindi durante il ciclo notturno) e si deidratano nelle condizioni opposte (quindi di giorno in presenza del sole). Con la deidratazione i sali diminuiscono di volume e permettono l'arrivo di ulteriore umidità salina quando la temperatura inizia a diminuire, così favorendo l'aumento della quantità di sali che poi, idratandosi, aumenterà ancor più di volume.

Più ampia è l'escursione termica fra giorno e notte e maggiore è la velocità di accumulo dei sali (Figura 7).

Quando la quantità di sali è tale che persino nella fase più calda non riesce a diminuire di volume in modo tale da ripristinare il collegamento delle due parti opposte del capillare, allora è anche la pressione di vapore che si viene a produrre all'interno del capillare durante la fase di riscaldamento che agisce da effetto pompa. In tal caso tale effetto non si propone solo di notte (quando è l'idratazione dei cristalli a

FIGURA 7



cuneo del gesso accumulato sottosmalto, con una compressione degli strati qui presenti, fino a giungere al punto di rottura catastrofico dello smalto stesso. Questo si verifica nel momento in cui, per accumulo di cricche sotto smalto e per azione della pressione dovuta all'effetto pompa, si giunge al cedimento della parte di biscotto direttamente sottostante allo smalto stesso. Forse, negli ultimi stadi, quando possono essere evidenti crepe all'esterno, si possono ipotizzare anche infiltrazioni di micro-organismi i quali, a loro volta, possono partecipare al degrado peggiorando la situazione.

Confronti con l'interpretazione di Simonis e Lenhouser

È anche possibile tenere in considerazione l'interpretazione di Simonis e Lenhouser circa l'ipotesi secondo cui il difetto delle piastrelle può essere nato fin dal momento della fabbricazione a causa della

sospingere l'acqua intrappolata contro lo smalto), ma anche di giorno, accelerando di conseguenza il distacco dello smalto. Quindi la velocità di degrado dipende dalle condizioni di temperatura e pressione che si instaurano all'interno del capillare in cui la cristallizzazione ha luogo.

Indagini micro-climatiche

A seguito di tutte queste considerazioni si è confermata l'opportunità di condurre un'indagine microclimatica all'interno delle mattonelle maiolicate al fine di valutare l'effetto del riscaldamento diurno e del successivo raffreddamento notturno sulle variazioni del grado igrometrico interno e di correlare l'entità di queste possibili variazioni in funzione delle condizioni meteorologiche.

In definitiva, l'accumulo dei sali idratibili porta al possibile epilogo di una saturazione di essi nei capillari di certe zone. È stato invocato, come fattore primario, l'effetto pompa che vedrebbe la formazione di elevatissime pressioni in certi tratti capillari che, associato ad erosione chimica e fisica, a cedimenti locali ed alla formazione di cricche, porta, in prima istanza, ad accumuli di sali insolubili solfatici (specialmente di gesso) in dette zone meccanicamente lesionate. In seconda istanza va considerato l'effetto

differenza di coefficiente di dilatazione (o meglio di contrazione in raffreddamento) tra biscotto e smalto (considerando i tipi di lavorazione del tempo) che avrebbero portato a microcavillature e microscagliature che, se presenti, avrebbero portato ad un indebolimento della struttura all'interfaccia. Le loro interpretazioni complessive vanno comunque nella stessa direzione verso la quale si sono sviluppate quelle degli scriventi, sebbene qualche piccola differenza sussista. Essi infatti enfatizzano molto l'aspetto dei microcalcinelli pre-esistenti nel biscotto, mentre gli scriventi privilegiano l'inquinamento e l'assorbimento dei sali anche dal terreno. Le due interpretazioni, con le loro piccole differenze di accenti, in realtà si complementano a vicenda, indicando comunque nell'umidità e nei fattori chimico-ambientali la causa, nel microclima la concausa e nei sali l'agente killer oscuro che agisce.

Il ruolo dei solfati di calcio

Certamente si possono coinvolgere nel fenomeno:

- la presenza di microcalcinelli diffusi nel corpo del biscotto dovuto alla non estremamente fine macinazione dei componenti il crudo;
- l'infiltrazione di sali di calcio solubili, quali CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, ecc., provenienti dall'esterno con l'apporto linfatico sia per prelevamento dal

Composto	Formula	Solubilità ⁽¹⁾		Densità g/cm ³	Peso molecolare	Volume molare ⁽²⁾	DV ⁽³⁾	Note
		H ₂ O fredda	H ₂ O calda					
Anidrite	CaSO ₄	0.21 (30°C)	0.16 (100°C)	2.96	136.30	45.99	0	Solubile in acidi, sali ammoniaci
Gesso emidrato ⁽⁴⁾	CaSO ₄ ·H ₂ O	0.30 (20°C)			145.15			
Gesso	CaSO ₄ ·2H ₂ O	0.24 (30°C)	0.22 (100°C)	2.32	172.17	74.21	28.22	idem come per anidrite
Solfato di Magnesio	MgSO ₄	26.00 (0°C)	73.80 (100°C)	2.66	120.37	45.25	0	solubile negli alcali
Kieserite	MgSO ₄ ·H ₂ O		68.40 (100°C)	2.44	138.39	56.60	11.35	
Epsomite	MgSO ₄ ·7H ₂ O	71.00 (20°C)	91.00 (40°C)	1.68	246.48	146.72	101.46	Perde 6 molecole di H ₂ O a 150°C e 7 a 200°C; lievemente solubile negli alcali
Tenardite	Na ₂ SO ₄	4.76 (0°C)	42.70 (100°C)	2.68	142.04	53.00	0	Insolubile in alcali
Solfato sodico eptaidrato	Na ₂ SO ₄ ·7H ₂ O	19.50 (0°C)	44.00 (20°C)					si trasforma nell'anidride monoclino a 24.4°C
Mirabilite	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	11.00 (0°C)	92.70 (30°C)	1.46	322.19	220.75	167.08	perde acqua a 100°C, insolubile in alcali
Bisolfato di sodio	NaHSO ₄	28.60 (25°C)	100.00 (100°C)	2.44	120.06	49.31		
Bisolfato di sodio idrato	NaHSO ₄ ·H ₂ O	67.00 (13°C)	decompone	2.10	138.07	65.65	16.35	
Magnesite	MgCO ₃	0.016 (25°C)		2.95	84.32	28.583		solubile negli acidi
Nesquehonite	MgCO ₃ ·3H ₂ O	179.00 (36°C)	decompone	1.85	138.37	74.79	46.21	solubile negli acidi
Landsfordite	MgCO ₃ ·5H ₂ O	176.00 (7°C)	0.38 (90°C)	1.73	174.40	100.81	72.23	solubile negli acidi
Cloruro di calcio	CaCl ₂	74.5 (20°C)	159.00 (100°C)	2.15	110.99	51.53		
Cloruro di calcio monoidrato	CaCl ₂ ·H ₂ O	76.80 (0°C)	249.00 (100°C)					
Cloruro di calcio bi-idrato	CaCl ₂ ·2H ₂ O	97.70 (0°C)	326.00 (60°C)	0.84	147.02	176.07	124.54	
Cloruro di calcio esa-idrato	CaCl ₂ ·6H ₂ O	279.00 (0°C)	536.00 (20°C)	1.71	219.08	128.12	76.59	a 30°C perde 4 molecole di H ₂ O
Cloruro di magnesio	MgCl ₂	54.25 (20°C)	72.70 (100°C)	2.32	95.22	41.04		solubile negli alcali
Bischofite	MgCl ₂ ·6H ₂ O	167.00	367.00	1.57	203.31	129.58	88.54	solubile negli alcali

⁽¹⁾ g per 100 cm³; ⁽²⁾ cm³ per mole di composto; ⁽³⁾ variazione del volume molare in cm³ per mole del composto rispetto alla forma anidra; ⁽⁴⁾ detto anche Plaster di Parigi.

terreno, sia per parziale microdissoluzione dalle altre strutture murarie;

- la parziale degradazione dei composti allumino-silicatici di calcio costituenti il corpo del biscotto.

Potrebbe sussistere anche l'ipotesi che alla base della fratturazione superficiale fossero interessati microcalcinelli presenti già sotto smalto. In tal caso o essi si sono trasformati in gesso (venendo a contatto coi sali solfatici ivi apportati col circuito linfatico) o hanno formato idrossicarbonati idrati, in entrambi i casi comportando un aumento di volume molare. In quest'ultimo caso esiste pure la probabilità che il gesso notato nelle zone spellate si sia formato successivamente allo spellamento e che quindi non esso, ma il carbonato idratato sia la causa dello spellamento medesimo. In ogni caso, frazioni al limite della rilevabilità ai raggi X di $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sono state notate in seno ad alcuni corpi di biscotto.

È da rilevare che, percentualmente, detti quantitativi sono valutabili al massimo in qualche per cento complessivamente, in relazione alla disponibilità media di volume capillare. Di conseguenza non ci si attendevano (come poi confermato) grosse variazioni di contenuto di solfato rispetto alla norma nelle strutture murarie intermedie che fungono da trasmettitori della linfa. Il problema si ripercuote solo a livello finale quando le piccole percentuali che fanno la differenza fra la situazione normale e quella degenerare dovuta all'apporto linfatico si ritrovano sottosmalto nelle piastrelle maiolicate.

In conclusione è stato possibile affermare che:

- un primo fattore è l'umidità assorbita per via linfatica dal terreno la quale rappresenta senz'altro uno dei fattori determinanti per la produzione del degrado osservabile;
- un secondo fattore concomitante è la presenza di SO_x nell'atmosfera il quale, disciolto nell'umidità dell'aria, continuamente si deposita su tutte le superfici esposte al cielo aperto (quindi nel terreno e sulle superfici murarie disposte orizzontalmente al terreno);
- un terzo fattore può consistere nella ipotizzabile presenza di calcinelli e di gesso già nella composizione del biscotto, quindi già presenti nella materia prima usata dagli artigiani al momento della produzione delle piastrelle;
- un ulteriore fattore complementare è la notevole quantità di sali fluenti con la linfa umida che sembrano favorire la continua degradazione nei luoghi dove lo spellamento è già avvenuto e che, comunque, hanno saturato buona parte della porosità esistente nelle mattonelle.

Da un punto di vista tecnico è possibile intervenire su tutti i fattori escluso il terzo (a meno di non

riprodurre *ex novo* le piastrelle per sostituirle alle originali). È evidente che se si riuscisse a bloccare il flusso di umidità i sali già presenti all'interno del biscotto delle piastrelle non si muoverebbero dalla loro posizione e non potrebbero comunque idratarsi; per attuare ciò occorrerebbe tuttavia riuscire ad isolare ermeticamente ciascuna piastrella (cioè smontarla, possibilmente lavarla in modo da ridisciogliere tutti i sali presenti, asciugarla in forno in modo tale da non lasciare assolutamente residui di umidità all'interno del biscotto, impermeabilizzarla e quindi rimontarla), anche se nulla è garantibile nel tempo con questa operazione peraltro considerata rischiosa.

Si può tentare invece di affrontare il problema agendo sulle murature. In tutto il processo si ha infatti una fase iniziale di accumulo salino all'interno del biscotto. Nell'ambito di tale accumulo possono probabilmente formarsi piccole quantità di anidride (CaSO_4) che, idratandosi col tempo ed in competizione coi fenomeni di adsorbimento capillare e con la pressione osmotica dell'ambiente, porta alla formazione di gesso avente volume di cella elementare più grande rispetto a quello dell'anidrite.

Il ruolo degli altri sali

Una storia simile può essere seguita anche dagli altri sali (generalmente sempre solfati, ma di sodio e magnesio) che, idratabili, possono subire sorte simile. In questo caso, tuttavia, la presenza di cationi differenti dal calcio deriva dall'azione chimicamente corrosiva nei confronti del biscotto stesso da parte di SO_x a cui si aggiunge anche NO_x . Tali sali, essendo in genere più solubili del gesso, difficilmente possono essere rilevabili poiché, dopo aver agito, possono ridisciogliersi in presenza di umidità fluente.

Gli accumuli sottosmalto di tali sali, ma in particolare del gesso (peraltro individuato), portano allo spellamento della zona con l'eliminazione di un'area smaltata e di biscotto aderente allo smalto, sia per un'azione diretta di aumento di volume (azione tipo *crick*) sia per "effetto pompa" prima descritto. Si osservano così i danni casualmente disposti in alcune zone della superficie esterna delle piastrelle.

Il processo poi prosegue per erosione continuata sotto smalto da parte dello Na_2SO_4 e di altri sali solubili (ma in condizioni di sovra-saturazione nella linfa umida, specialmente quando fuoriesce nell'ambiente esterno) continuamente fluenti e trasportati dalla linfa sospinta verso l'esterno per pressione osmotica tramite l'umidità capillare. Tale flusso, in associazione al carattere probabilmente acido della linfa acquosa (poiché contenente in quantità significative, anche se scarsamente rilevabili, di SO_x ed NO_x da inquinamento), contribuisce alla formazione della lanugine salina osservabile in alcune zone spellate in condizioni di

clima poco umido. All'atto della fuoriuscita dai pori, dal liquido (che diviene improvvisamente sovrassaturo) precipitano i sali che formeranno i fili di lanugine i quali, fluendo, raspano continuamente la bocca dei pori posta sulla superficie, erodendo così nel tempo strati sottili di biscotto ed il loro accumulo favorisce il distacco definitivo delle porzioni di smalto già sollevate (alla cui azione si associano anche microrganismi in azione sinergica, penetrati dalle fessurazioni). Il tutto contribuisce alla disgregazione della sostanza vetrosa dello smalto ai bordi del difetto (che quindi si allarga) ed all'approfondimento sempre più ampio della cavità formatasi (per erosione di strati sottili di biscotto al centro della zona già spellata).

È con le figure allegate che gli scriventi furono in grado di interpretare un modello sulla dinamica del processo tramite il quale i sali portano alla degradazione dei manufatti.

Ipotesi per interventi risanativi

Per attuare un intervento risanativo occorre formulare alcune considerazioni, utili per coloro che, specificatamente chiamati dalle Autorità preposte, dovranno scegliere fra diverse opzioni. Innanzitutto occorre dire che gli interventi debbono spaziare su un ventaglio di cause, cercando di risolvere non tanto singoli aspetti localizzati, quanto di mettere mano alle cause più remote che stanno alla base del degrado. Un intervento risanativo complessivo deve considerare tre aspetti sostanziali del problema e cioè:

- (1) interventi sui materiali (murature, piastrelle, *ecc.*) in tutto l'ambito del Chiostro;
- (2) interventi di ristrutturazione del giardino, ivi comprendendo in particolare le zone a ridosso del muretto del chiostro vero e proprio e di quanto attiene le opere murarie fisse presenti all'interno del giardino, fino (al limite) di mettere in discussione l'attuale destinazione del giardino stesso;
- (3) intervento architettonico ed urbanistico all'esterno del Chiostro.

Gli equilibri d'ambiente

In ogni caso, il tipo di interventi da attuare deve andare a modificare il meno possibile le relazioni fisiche intermurarie attualmente esistenti. Ciò deve essere rispettato, in particolare, per quanto attiene la possibilità di traspirazione delle opere murarie stesse in quanto un intervento che impedisse ciò potrebbe compromettere la qualità del supporto delle piastrelle, a meno di non trovare una soluzione decisamente drastica e rivoluzionaria che risolva il problema del contatto permeabile fra piastrelle maiolicate e muro del supporto. A nostro avviso potrebbe essere estremamente pericoloso produrre trasformazioni radicali nella natura del materiale delle opere murarie

in quanto potrebbero essere sovvertiti i delicati equilibri chimico-fisici costituiti nel complesso gioco di relazioni di scambio ionico, di assorbimento di umidità e di evaporazioni locali. Pertanto, se dovessero essere attuati in modo generalizzato interventi intesi ad una impermeabilizzazione interna delle opere murarie con i tradizionali polimeri, potrebbero prodursi situazioni pericolose nel futuro immediato. Infatti, da un lato il flusso di umidità ha già agito nei secoli portando ad una modifica nella natura dei materiali laddove essa è visibile e purtroppo, attualmente, la situazione in quei posti è stabile in sua presenza (se dovesse venire meno i materiali murari potrebbero disgregarsi e con loro distaccarsi le piastrelle). Si è infatti constatato che le zone permanentemente più umide internamente al muretto sono anche quelle che hanno comportato il minor numero di danneggiamenti, probabilmente poiché in esse i sali rimangono allo stato soluto non raggiungendo quasi mai la situazione di precipitazione con le conseguenti possibilità di riduzione del grado di idratazione cristallina e successivo arricchimento di ulteriore quantità di sali come prima descritto³. Pertanto, sebbene impossibilitati ad aumentare in quantità, i sali già insediatisi nelle porosità delle piastrelle, e che possono rimanere intrappolati nella porosità dopo un processo di impermeabilizzazione totale, possono comunque continuare a subire il fenomeno dei cicli di riduzione ed espansione di volume in presenza della poca umidità anch'essa rimasta intrappolata od assorbibile attraverso la fessura permeabile delle commessure.

Il ricorso ai polimeri deve essere attentamente studiato in laboratorio prima di una qualunque loro applicazione generalizzata, qualora questa dovesse essere considerata una scelta tecnica imprescindibile da parte di una commissione per l'esecuzione del restauro, insediata dall'Autorità competente. Qualora questa fosse la scelta da operare, potrebbe essere cosa saggia operare per lotti separati fra loro da zone temporaneamente non trattate al fine di permettere alla soluzione salina che rimarrebbe intrappolata di migrare verso queste zone di spurgo.

Il ricorso al distacco delle singole piastrelle (operazione pericolosa in quanto molte di esse potrebbe risultare essere legate molto tenacemente al muro) col fine di condurre un loro lavaggio in acqua distillata (per disciogliere i sali contenuti al loro interno) potrebbe non dare luogo all'effetto sperato. Gli eventuali calcinelli e, peggio ancora il gesso, non si discioglierebbero nell'acqua distillata e quindi non verrebbero comunque estratti. Inoltre, l'impregnazione dei sali è avvenuta nei secoli e certamente ha prodotto una situazione di equilibrio con fenomeni solo parzialmente intuibili (ma non dimostrabili sperimentalmente) che renderebbero il processo di

richiamo verso l'esterno di essi assai difficile e, comunque, assai lento.

Anche interventi che prevedono trivellazioni delle opere murarie (per dar luogo ad un polo di richiamo dei sali tramite convezione forzata di aria deumidificata) sebbene possa apparire avere maggior fondatezza teorica (peraltro molto ben illustrata dal Dr. Giuseppe Casamassima, lui pure coinvolto nella Commissione sullo Studio del Degrado del Chiostro Maiolicato), ben difficilmente potrebbe concludersi con il risultato positivo atteso, per le stesse ragioni.

Linee operative di intervento

Poiché il processo che può evitare drastici interventi è quello di trovare per il muretto del Chiostro una superficie di evaporazione dell'umidità che non passi attraverso le piastrelle, occorre rendere utilizzabile a tal fine la parte attualmente interrata di tale muretto. In tal caso si dovrebbe ottenere una notevole diminuzione del richiamo di umidità da parte dell'opera muraria dall'esterno.

Per ottemperare a questa esigenza è stato quindi proposto dagli scriventi un intervento da inserire tra quelli di ristrutturazione del giardino, non preclusivo per l'attuazione di qualunque altro possibile intervento.

Ulteriori interventi auspicabili a livello architettonico ed urbanistico potrebbero essere:

- (1) eliminazione dei parcheggi auto e moto interni al recinto del monastero;
- (2) eliminazione del traffico locale tutto attorno al monastero;
- (3) costruzione di una rete fognaria molto efficiente nella zona adiacente al monastero aumentando il numero di chiaviche per la raccolta veloce delle acque;
- (4) abbattimento delle costruzioni fatiscenti a ridosso del Monastero e loro sostituzione con giardino a vegetazione bassa al fine di aumentare l'insolazione locale e quindi diminuire il grado di umidità che si può riversare all'interno del Chiostro;
- (5) diminuzione del traffico nelle arterie di grande traffico posizionate a monte dei venti prevalenti rispetto alla posizione del Monastero.
- (6) Interventi a livello comunale per limitare le polluzioni industriali inquinanti, imponendo l'uso di filtri appositi per i fumi. Basti pensare a tutte le altre realtà industriali piccole e medio-piccole esistenti nella zona, nonché gli scarichi dei riscaldamenti. Il controllo sull'andamento dell'inquinamento può essere effettuato costruendo in zona prossima al Monastero di una stazione efficiente di rilevamento degli inquinanti SO_x ed NO_x i cui dati giornalieri debbono essere posti in relazione alla direzione dei venti e brezze.

Il problema delle solfature non sembra aver nel passato contribuito granché al problema (e del resto nei confronti di esse ci sarebbe ben poco da fare); comunque, quello delle solfature in realtà non è mai stato un problema consistente, ma semplicemente solo un'ipotesi considerata.

In ogni caso occorrerà pensare ad una sostituzione delle piastrelle completamente compromesse, come del resto è stato già fatto nel passato, con altre fabbricate *ad hoc* oggi, adottando criteri organizzati, riproducendo naturalmente in modo fedele disegni e tonalità cromatiche (le piastrelle originarie asportate andranno conservate in un apposito locale mussale in teche di aria secca, isolate cioè dall'esterno). A tal fine occorrerà effettuare riproduzioni fotografiche delle piastrelle da sostituire di grandezza 1:1 su lastre a colori, affidandosi, per questo scopo, a prodotti fotografici di elevata qualità. Le riproduzioni fotografiche (oltreché costituire un utile archivio fotografico) devono, naturalmente, servire al produttore a cui verrà affidata la commessa per la riproduzione dei maiolicati a smalto su biscotti ben cotti e di ottima qualità, rispettando, naturalmente, tutte le tre dimensioni cromatiche. Dettagli in merito a come procedere sono riportati nella pubblicazione a suo tempo prodotta dagli scriventi⁴.

Note

- ¹ Bonasoni, P., G. Giovannelli, U. Bonafé. *Indagine microclimatica all'interno del Chiostro Maiolicato di Santa Chiara in Napoli*, relazione Istituto FISBAT-CNR, Bologna.
- ² Ravaglioli, A., A. Krajewski 1990. 'Studio del degrado del Chiostro Maiolicato di Santa Chiara in Napoli', *Faenza* (rivista edita dal Museo Internazionale delle Ceramiche) LXXV, 41-133.
- ³ G. Casamassima, Comunicazione privata (Settembre 1986).
- ⁴ Ravaglioli, A., A. Krajewski *op. cit.*

Conservation and restoration of glazed architectural ceramics in northern Germany

INVESTIGATION OF WEATHERING FORMS AND DEVELOPMENT AND REALIZATION OF APPROPRIATE MEASURES

In Northern Germany glazed architectural ceramics such as glazed bricks and polychrome glazed terracotta are mainly found on the facades of historic buildings. Many of these were built in the 13-16th centuries but the practice continued until the start of the 20th century. The lead-silica based glazings show white, blue, green, violet and black colours for the polychrome terracotta and green to black colours for the glazed bricks.

GLAZED BRICKS of the 15th century can easily be distinguished from those of the 19th by their outer appearance. The change in the production of the bricks by hand to mechanical production in the 19th century led to homogeneous, smooth bricks with a fine-grained structure. In contrast, the medieval hand-made bricks show a more heterogeneous coarse structure. The method of production, with consequences for the internal structure, has a strong influence on the type of damage we can observe.

The observed damage phenomena to the glazing can be characterised as:

- Colour changes to the glazing (darkening, iridescence phenomena);
- Soiling and crust formation;
- Formation of micro-cracks (crackle);
- Efflorescence and subflorescence of salts on the interfaces glazing/slip, glazing/ceramic body, slip/ceramic body;
- Exfoliation and flaking-off of the glazing and the ceramic body;
- Surface corrosion by external factors.

The location of the architectural ceramics in the building, the climate, and the effect of damaging gases (SO₂, NO_x) determine the type and rate of deterioration. Salt content, the quality of the interface between the ceramic body and the glazing, the firing temperature, the composition of the ceramic body, the composition of the glazing, and the porosity, as well as the treatments through the centuries, are additional factors that have to be considered during the planning of conservation measures for glazed architectural ceramics.

For all conservation action it is necessary to check the entire surroundings of the ceramic. A good conservation strategy must consider not only the ceramic itself but also, for example, the mortars of the building: the mortars of the building in Lüneburg are originally made of pure gypsum, which has a strong impact on the conservation strategy.

The deterioration processes, especially with regard to the different compositions of the ceramic body, the glazings and the production technology, are not very well understood. The long-term effects of the materials in use and of the methods employed are not well



FIGURE 1 Polychrome glazed terracotta in a ring of glazed decorative building ceramics, Lüneburg, north Germany.



FIGURE 2 Deterioration of a polychrome glazed terracotta, a great variety of phenomena can be observed.

known, but knowledge of these issues is an essential prerequisite for responsible action.

Many of the antique glazed ceramics show strong or dramatic damage to the glazing and ceramic body, resulting from a lack of knowledge of traditional methods of restoration and maintenance. The use of certain products as consolidants and protective coatings, such as silicic-acid ethyl esters and acrylic resins, the replacement of old ceramic tiles with

modern copies, and the storage of old tiles in museums have created additional problems.

This project has been set up, therefore, to develop appropriate conservation methodologies to preserve the glazed ceramics from further damage which will, if unchecked, lead to the progressive loss of great parts of the historic surfaces and of the ceramics.

The aim of the project

The main aims of the project are:

- to identify the damage processes and investigate their deterioration impact and rate;
- to find and improve suitable consolidation and restoration methods and materials;
- to carry out consolidation and restoration measures;
- to make available the most suitable replacement bricks and materials.

As the result of the project

- the deterioration processes should be slowed down to a minimum or be stopped;
- damage should be recognised immediately and stopped if possible;
- repair materials should be found that are as far as possible compatible with the original materials and stable against all influences.

The project work is being carried out on two so-called test objects: the building in Lüneburg in the north of Lower Saxony in northern Germany, with eleven terracotta medallions of the middle of the 16th century, and the four portals of the St. Jakobi Church in Perleberg (Brandenburg). The St. Jakobi church is an example of glazed bricks produced in a single firing, whereas the terracotta medallions are an example of a glazed slipped ceramic with double firing (ceramic body and slip/glazing).

The work focuses on extensive testing in the lab and on practical work on the test objects.

The applicability of the methods and measures adopted to the many other brick-built buildings in northern Germany will be assessed by having a closer look at other objects of different ages, different glazings and of different outer conditions.

For the project, the following priorities have been established.

Investigation of the materials and of the mechanisms of deterioration

By analysing samples of the model objects and other glazed architectural ceramics from the 12th to the 19th centuries in northern Germany, we can obtain a general idea of the composition of the ceramic body, the glazing, and the technology of production.

FIGURE 3 (LEFT TOP)
Flaking off of the white glazing of the ceramic of a church in Malchow (Mecklenburg-Vorpommern, Germany).



FIGURE 4 (RIGHT)
Part of a portal of the St. Jakobi church in Perleberg, Brandenburg, Germany. The alternation of glazed and unglazed building ceramics is typical.



FIGURE 5 (LEFT BOTTOM)
Extremely damaged bricks of the St. Jakobi church in Perleberg, Brandenburg, Germany.



Looking closer at samples with deterioration phenomena using micro-methods (e.g. SEM), we can understand the damage mechanisms.

Artificial ceramics with glazings of a similar composition to the historical ceramics of the case studies in Lüneburg and Perleberg were prepared as models to investigate the mechanisms of the deterioration processes on glazed architectural ceramics using outdoor conditions.

Materials and methods for Restoration/consolidation

Based on a knowledge of the composition of the materials and the deterioration mechanisms, materials and methods for restoration/conservation purposes can be investigated and developed.

Since no adapted and tested materials or measures for conserving glazed ceramics are available on the market, the work will begin with surface coatings for glass and consolidants for ceramics and stone. All aspects of consolidation, conservation and restoration are relevant for the objects under investigation and are included in the work programme.

Step-by-step, the project will simulate the damages and deterioration phenomena in order to develop methods and materials especially for:

- structural consolidation;
- consolidation of the glazing;
- fixing of loose glazing and ceramic parts;
- glazing substitute materials to create a uniform “glazed” surface;
- materials for filling gaps, cracks etc.;
- reducing the salt content.

Diagnoses and early recognition of deterioration processes

The work in the project includes methods for early diagnoses and recognition of deterioration processes with non-destructive methods such as video-microscopy. With this method, it should be possible to take action before greater damage occurs.

Replacement bricks

In many cases the damaged architectural ceramic cannot be saved and will have to be replaced by a new one. However, it is not as easy as it looks to produce

new glazed bricks capable of withstanding the adverse environmental conditions that are often present. Therefore, standards and testing procedures for suitable materials must be established for replacement ceramics, taking into account particularly the interface between the glazing and the ceramic body, and the glazing itself.

Testing methods

The usual testing methods for testing weathering behaviour will be evaluated. With respect to the environmental situation of the original architectural ceramics, the stress caused by humidity, salt and the mechanical parameters of the individual components will be considered. The long-term effectiveness of the restoration procedures has to be demonstrated by the methods used in simulation experiments in the laboratory and in the climate chamber.

Knowledge transfer

A very important point of our project is knowledge transfer to the restorers and to the people responsible for the conservation of cultural heritage, because they have to deal everyday with the problems of conservation and restoration. The continuous exchange with these people of the results of the experimental work of the project will improve the general acceptance of our results and introduce the new methods and materials straightaway into daily practice.

Exemplary performance of restoration measures in Lüneburg and Perleberg

The final aim of the project is the transfer of the tested methods and materials to conservation/restoration measures to the two case studies. The first application will take place on small test areas and will be evaluated after approximately one year. Finally, as a result of the project a conservation strategy for the terracotta in Lüneburg and for the portals in Perleberg will be recommended in agreement with the owners and responsible authorities.

The project started in 2001 and will last until the end of 2003. The results will be published.

THE PROJECT PARTNERS ARE:

Norddeutsches Zentrum für Materialkunde von Kulturgut e.V. (ZMK) (project management)
Scharnhorststrasse 1
30175 Hannover

Fraunhofer-Institut für Silicatforschung (ISC)
Außenstelle Bronnbach
Bronnbach 28
97877 Wertheim

Bauhaus-Universität Weimar (FIB)
F.A.-Finger-Institut für Baustoffkunde
Coudraystraße 11
99423 Weimar

In cooperation with the Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen (Hildesheim), Fachhochschule Potsdam, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe and Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Hannover), Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege (NLD, Hannover), Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege (Wünstorf), freelance restorer Jochen Seebach (Emkendorf) and Restaurierung am Oberbaum (Berlin) and the owners and local authorities.

The project “Entwicklung von modellhaften Restaurierungsmethoden für umweltgeschädigte glasierte Ziegel und Terrakotten an national bedeutenden Kulturdenkmälern Norddeutschlands” (Development of restoration methods for glazed bricks and terracotta on outstanding cultural monuments in northern Germany) is supported by the “Deutsche Bundesstiftung Umwelt” (DBU) and the “Deutsche Stiftung Denkmalschutz”.

JOSÉ ANTONIO SOLÍS BURGOS

Arquitecto Técnico, Doctor en Historia del Arte
Profesor de la Universidad de Sevilla

La restauración de la cerámica vidriada de la Plaza de España, Sevilla

Entre los edificios que la Exposición Iberoamericana de 1929 legó a la ciudad de Sevilla, destaca el que fue considerado como el conjunto emblemático de la propia Exposición, la Plaza de España, no sólo por su tamaño y por lo que representó, sino porque sobre los paramentos de sus edificios, sus bancos y sus puentes, se aplicó la mayor cantidad de cerámica vidriada utilizada hasta la fecha y ejecutada, además, por los mejores ceramistas del momento.

PERO ESTE EXTRAORDINARIO conjunto ha experimentado con el paso del tiempo un grave y progresivo deterioro centrado, fundamentalmente, sobre la cerámica vidriada de la Plaza determinando que, en el año 1998 a iniciativa de la Corporación Municipal, se firmase un acuerdo entre los dos propietarios del conjunto monumental, la Administración del Estado, dueña de los edificios y de los bancos de provincias y el Ayuntamiento de Sevilla como propietario del resto del conjunto, es decir, de la ría, los cuatro puentes y la fuente central.

Desde esa fecha y en cumplimiento del mencionado acuerdo, ambas administraciones más una empresa privada, Red Eléctrica Española, han venido subvencionando los trabajos que a través de la Escuela Taller "Plaza de España", creada para tal fin, se han desarrollando tanto para la fabricación de piezas nuevas para sustituir a las que por el grado de deterioro se hacen irrecuperables, como aquellos otros encaminados hacia la restauración del resto de las piezas.

Hasta el día de hoy, los trabajos se han desarrollado en una doble dirección, la primera conducente a la realización de nuevas piezas, tanto para la sustitución de los balaustres de los puentes como de los paños frontales de los mismos y la segunda hacia la restauración

de los lienzos que forman los respaldos y los asientos de los bancos de provincias, obras emblemáticas dentro del conjunto de la cerámica vidriada de la Plaza, por su singularidad y autoría.

El grueso de los trabajos de sustitución se ha centrado en la reparación de los cuatro puentes, denominados de Aragón, Castilla, León y Navarra. Éstos, que han sufrido daños muy importantes, ocasionados tanto por el paso del tiempo como por el vandalismo o los asientos diferenciales de los extremos de los arcos que los forman, van a ser desmontados para realizar sobre ellos una importante labor de refuerzo y sustitución de piezas.

De los azulejos primitivos de 1929, tan sólo podrán ser recuperados algunos frontales y los revestimientos que aún quedan de los pilares que en su día realizase el gran ceramista Soto.

Los trabajos de restauración se centran, fundamentalmente, sobre los bancos de provincias a los que, por la calidad de sus pinturas, se les dedica una especial atención.

Los bancos, que aparecen situados en el exterior de la Plaza y que representa cada uno de ellos a una provincia española según la división territorial del año 1929, están ordenados en cuatro grupos de doce más dos de Sevilla por grupo, formando entre todos un semicírculo, como la propia planta de la Plaza.

La restauración de los bancos se realiza siguiendo un programa de actuaciones elaborado por la Escuela Taller, que dirige Moisés Moreno, y supervisado por la Comisión Técnica, en la que intervienen dos arquitectos, dos restauradoras, un catedrático de Historia del Arte, dos ceramistas y un arquitecto técnico.

Las actuaciones sobre los bancos se están realizando en dos líneas claramente diferenciadas: restauración “in situ” sobre los bancos, cuando los daños no requieren desmontaje y restauración en taller, previo desmontado de los lienzos, para una posterior restauración en frío o en caliente.

Como las restauraciones “in situ” se realizan a través de métodos tradicionales, limpiando y reintegrando posteriormente para terminar dando los acabados finales con esmalte, nos centraremos fundamentalmente en los trabajos realizados en taller.

Dentro del segundo grupo se han desmontado dos lienzos de provincias y un asiento completo. El primero corresponde a la representación de un lienzo de Sevilla denominado “encierro de toros bravos” y el segundo al de la provincia de Cádiz. De igual modo el asiento completo corresponde a la provincia de Cádiz, del que aquí reproducimos su respaldo.

Los trabajos de reintegración que se han realizado sobre el banco de Cádiz se concretan en dos grupos, trabajos que requieren reintegración cerámica por pérdida de bizcocho y otros trabajos que sólo necesitan reintegración del esmalte.

Tratamiento del azulejo con pérdida de bizcocho

En este caso se procedió a su reintegración volumétrica, utilizando una nueva pasta en fase de investigación, similar y compatible con el original, de encogimiento nulo.

El proceso realizado ha sido el siguiente: la zona con pérdida, una vez limpia, se humedeció con agua desionizada, impregnándose seguidamente con silicato sódico, que actuó como adherente. La zona perdida se rellenó con la nueva pasta realizada con carbonato de calcio, caolín y chamota (arcilla quemada y molida), que previamente había sido aglutinada con el adherente obtenido a partir de silicato sódico en estado líquido (densidad 1.3), hasta conseguir una consistencia intermedia y sin que llegase a endurecer demasiado, ya que de lo contrario no permitiría una buena adherencia a la pasta original o bizcocho.

Para facilitar el agarre de la pasta nueva a la pasta original se realizaron previamente, con ayuda de taladro, varias incisiones en las zonas laterales a la pérdida. De ese modo, al verter la pasta conseguimos darle la forma adecuada a la pérdida, dejándola siempre bajo nivel. Una vez seca la pasta, se procedió a lijar hasta alcanzar la forma precisa. Seguidamente, para recuperar el nivel de la pasta original se repuso con el mismo procedimiento, pero utilizando ahora silicato potásico, ya que al estar en contacto con el vidriado éste no le aportaría las sales que le aporta el silicato sódico.





Tratamiento del azulejo fracturado en varios trozos

En este caso se procedió del siguiente modo: una vez, limpios los cantos y lijados, se recompusieron las piezas formando el azulejo, interviniéndose por el reverso de éste. Con ayuda del taladro se realizaron varias incisiones perpendiculares a las grietas, para favorecer una buena unión al poner la pasta nueva.

Seguidamente se empapó con agua desionizada y se impregnó con el adherente o silicato sódico las zonas a unir. Encima, por la zona del reverso empapada con agua e impregnada también con silicato sódico, cubrimos con la pasta nueva aglutinada con silicato sódico, como ya explicamos en el caso anterior. El grosor de la capa fue de 2 ó 3 mm, haciendo una especie de cama para favorecer la unión y el agarre de las piezas rotas entre sí.

Se dejó secar 24 horas, para trabajar seguidamente por el anverso del azulejo. Empapadas de agua las grietas e impregnadas de silicato potásico, éstas se rellenaron con la pasta aglutinada, en este caso con silicato potásico, siempre por debajo del nivel del vidriado. Al igual que en el caso anterior, se utilizó silicato potásico por el anverso porque éste no produce sales como el silicato sódico.

Seguidamente, en ambos casos, introdujimos el azulejo en el horno a una temperatura de 850°C. A veces, a través de esta misma cocción se ha conseguido limpiar el vidriado y el bizcochado de la nueva pasta.

Capa vítrea y película pictórica

Sacados del horno los azulejos, se procedió a la reintegración de la capa vítrea (esmalte) y de la película pictórica (óxidos). La base de esmalte utilizada fue preparada para una temperatura de 850° C.

El proceso fue el siguiente: limpieza de las lagunas de restos de polvo y suciedad con brocha, y grasa con disolvente. Seguidamente se mojó la laguna con agua desionizada para que agarrase mejor el esmalte.

Se rellenaron las lagunas que presentaban pérdidas del vidriado con el esmalte, y seguidamente se reintegraron cromáticamente con óxidos silicatados o naturales al agua, siguiendo el criterio de reintegración mimético.

A la hora de reintegrar la película pictórica fue necesario elaborar una paleta de colores sobre la misma base en la que se iba a trabajar, teniendo en cuenta siempre los colores originales.

En las zonas donde existía una amplia pérdida de vidriado y consecuentemente del motivo ornamental, éste se reprodujo en papel vegetal basándonos en piezas simétricas, fotografías originales o simplemente en la composición ornamental, para posteriormente estarcirlo en el azulejo y reintegrarlo cromáticamente. Se introdujo el azulejo de nuevo en el horno a 850° C. Una vez sacado, se observó que el nuevo esmalte se adhería bien al original.

A veces, desde el punto de vista cromático es necesario acercarse más al original, por ello se procede

a una nueva reintegración con los óxidos a base de la técnica a la grasa o aguarrás, sometiendo el azulejo a una nueva cocción.

Problemas surgidos durante la intervención

Durante el proceso de tratamiento se produjeron algunas incidencias en el azulejo dignas de mencionar:

1. En algunos casos, al salir el azulejo del horno, aparecieron pequeñas partes del vidriado levantadas o despegadas de la parte original o bizcocho. Este problema fue debido a las sales que queman, empujando hacia fuera y quedando en superficie e impidiendo la adherencia del vidriado al bizcocho. Se resolvió inyectando con jeringuilla la base de esmalte nuevo o bien monosilicato de plomo. De nuevo en el horno el azulejo fundió y quedó bien unido. Por ello se considera conveniente desalar bien los azulejos para evitar este tipo de problemas.
2. En algunos azulejos con trozos separados, una vez pegados y sacados del horno, se apreció que algunas grietas seguían separadas. Se solucionó introduciendo el azulejo en una caja fabricada en barro cocido, llena de arena, que impedía que los trozos del azulejo, una vez en el horno, se moviesen. Consecuentemente todo azulejo que tenga grietas deberá ser colocado en una cama de arena para su cocción.
3. Algunos azulejos después de varias cocciones, aparecieron con fisuras, sin llegar a abrir, pero denotando que el azulejo estaba rajado interiormente, pues su sonido era hueco.

Para evitar todos estos problemas sería recomendable evitar excesivas cocciones sobre el azulejo.

Materiales utilizados en el tratamiento

MATERIAS PRIMAS:

Arcilla blanca de loza en polvo.
Chamota fina de porcelana.
Caolín calcinado.
Sílice.
Wollanstonita.
Silicato sódico y potásico.
Frita comercial. P.E. (Prodesco).
Fundente G. (Prodesco).
Bisilicato de plomo.
Latex.

PIGMENTOS:

Colorante B-16 (Turquesa).

Colorante P-15 (Amarillo limón).
Colorante P-142 (Marrón rojizo).
Colorante P-34 (Naranja).
Colorante P-11 (Celeste).
Colorante D-61 (Azul Cobalto).

ÓXIDOS NATURALES:

Óxido de cobalto (Azul Cobalto).
Mn (Manganeso). (Pardo, morado).
Óxido Ferroso (Rojo).
Óxido de Plomo (Minio).
Carbonato de Cobre.
Óxido de Zirconio.

El ejemplo que hemos descrito corresponde a una de las actuaciones que se están realizando sobre el conjunto de la cerámica vidriada. Dada la magnitud del problema – hay más de 500.000 piezas de cerámica vidriada en toda la plaza – las soluciones podrán ser tan complejas y variadas como lo requiera cada caso.

Esperamos que a lo largo de varios años el proceso de sustitución y restauración de piezas de cerámica vidriada pueda completarse, pero es bastante lento y complicado. Cuando los resultados de los análisis que se están realizando sobre las nuevas piezas, estén disponibles, los enviaremos.

