

# Lo studio delle ceramiche storico-artistiche

di Bruno Brunetti e Antonio Sgamellotti

Tra le applicazioni delle metodologie scientifiche ai beni culturali, lo studio delle ceramiche antiche ha avuto negli ultimi anni un forte sviluppo grazie all'impiego delle più moderne tecniche di indagine della scienza dei materiali. Nel corso di questo articolo vengono descritte brevemente le metodologie scientifiche più comunemente applicate allo studio delle ceramiche storico-artistiche, cercando di sottolinearne le potenzialità e i vantaggi, senza ometterne i limiti e le incertezze.

**“**Il restauro costituisce il momento metodologico del riconoscimento dell'opera d'arte nella sua consistenza fisica e nella duplice polarità storico-estetica, in vista della sua trasmissione al futuro. Da tale definizione emerge che l'imperativo del restauro, come quello più generale della conservazione, si rivolge in primo luogo alla consistenza materiale in cui si manifesta l'immagine o l'oggetto. Si pone quindi il primo fondamentale assioma: si restaura solo la materia dell'opera d'arte". Queste parole, pronunciate da Cesare Brandi, nel 1948, durante le sue lezioni di Teoria del Restauro all'Università di Roma e poi scritte nell'omonimo libro pubblicato qualche anno più tardi, segnavano di fatto in Italia, nell'immediato dopoguerra, l'inizio di una cooperazione non più episodica, ma stretta e continuativa fra il mondo della scienza dei materiali e quello degli studi storici e archeologici, finalizzati alla conservazione del patrimonio culturale [1].

Questo rapporto, dagli anni Cinquanta ad oggi, è stato certamente fecondo ed ha consentito al mondo del restauro di compiere straordinari passi in avanti, diffondendo tra i professionisti della conservazione la prassi di interventi non più empirici, ma basati su analisi e criteri di natura rigorosamente scientifica [2]. Negli stessi anni, la scoperta delle tecniche scientifiche di datazione, come pure le continue indagini sulle tecniche esecutive delle opere, hanno aperto la strada a una cooperazione fra scienziati ed umanisti, non solo nella conservazione, ma anche nella ricerca archeologica e negli studi storico-artistici [2, 3]. Di fatto oggi molte attività qualificate di studio, conservazione e restauro vengono condotte da gruppi in cui storici dell'arte, archeologi, scienziati e restauratori concorrono insieme, ognuno con le proprie competenze, allo sviluppo del lavoro. Potremmo dire che oggi è finalmente stabilito che conoscere un oggetto di interesse storico-artistico si-



gnifica anche conoscerne i materiali e che conservare significa conoscere, affermazioni che costituiscono il presupposto e la ragion d'essere delle applicazioni delle metodologie scientifiche ai beni culturali [4].

Con gli sviluppi più recenti della ricerca scientifica applicata ai materiali dei beni culturali e con gli studi sulle alterazioni che essi possono subire (vedi, ad esempio, il Progetto finalizzato 'Beni Culturali' del Cnr), negli ultimi anni sono stati ben caratterizzati pigmenti e leganti nei dipinti, metalli e pietre nelle sculture e nelle architetture, e di questi sono stati individuati i principali processi di degrado con l'identificazione, in alcuni casi, di marker specifici delle alterazioni.

Tra le varie applicazioni scientifiche allo studio degli oggetti storico-artistici, una voce importante è quella che riguarda lo studio delle ceramiche antiche [5]. Questo settore ha infatti avuto negli ultimi anni un forte sviluppo grazie all'impiego delle più moderne tecniche di indagine della scienza dei materiali. Mediante questi studi è possibile ottenere informazioni estremamente dettagliate che consentono di:

- stabilire le date di realizzazione delle ceramiche;
- ottenere significativi raggruppamenti compositivi degli oggetti ceramici che possono portare alla discriminazione fra le produzioni locali e quelle di importazione;
- comprendere le tecniche realizzative usate nel passato, sia per la realizzazione del corpo ceramico sia dei rivestimenti (vetrina, smalto ecc.) e delle decorazioni (pigmenti, lustro ecc.);
- caratterizzare la natura dei processi chimico-fisici che portano al degrado delle opere, nonché suggerire criteri di intervento conservativo.

La realizzazione di questi studi avviene attraverso metodologie di indagine che trovano diverso impiego, a seconda della loro applicabilità e contenuto di informazione.

Nel corso di questo articolo verranno descritte brevemente le metodologie scientifiche che vengono più comunemente applicate nello studio delle ceramiche storico-artistiche, cercando di sottolinearne in breve le potenzialità e i vantaggi, senza

B. Brunetti, A. Sgamellotti, Dipartimento di Chimica, U.O. Instrm - Università di Perugia - Via Elce di Sotto, 8 - 06123 Perugia. bruno@impact.dyn.unipg.it

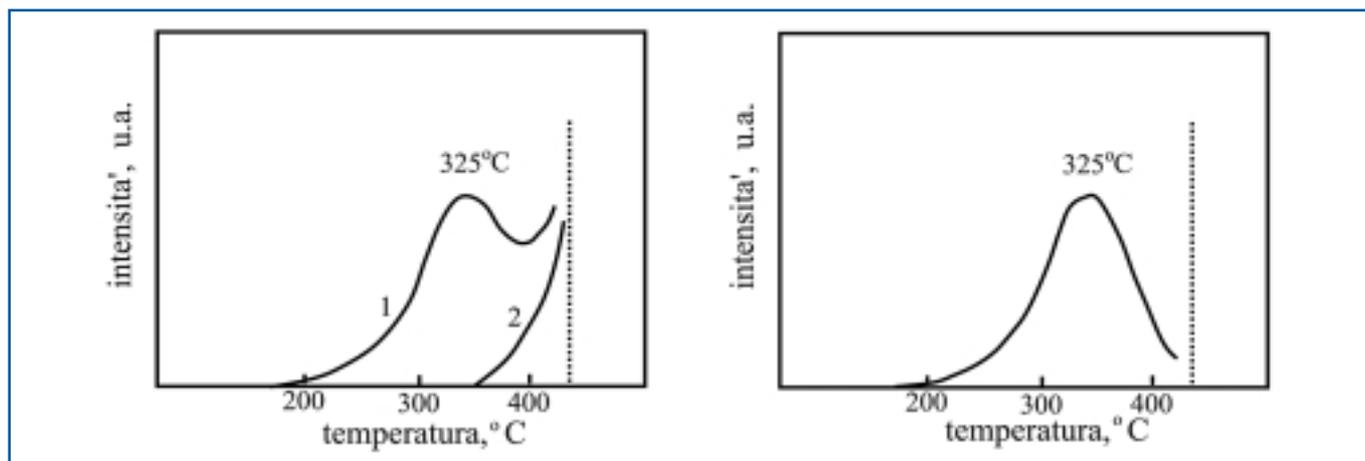


Figura 1 - Intensità della luminescenza emessa da un campione di ceramica in funzione del riscaldamento. A sinistra: intensità registrata riscaldando direttamente il campione (curva 1); intensità registrata sullo stesso campione dopo il primo riscaldamento (curva 2). In questo caso si ha solo la luce emessa dall'incandescenza del campione, perché i siti di eccitazione sono stati azzerati nel riscaldamento precedente. A destra: diagramma di termoluminescenza (differenza tra le due curve 1 e 2)

omettere di citarne i limiti e le incertezze, che sono quelle tipiche di ogni misura nelle scienze sperimentali.

## La datazione

Un oggetto ceramico può essere datato, su scala assoluta, grazie all'impiego della tecnica della termoluminescenza (TL). Va precisato che con questa tecnica è possibile datare, tutte le diverse tipologie di ceramica, come il vasellame, le terrecotte, i laterizi, le porcellane ecc., nonché le terre di fusione e, indirettamente, le fornaci. I principi della datazione per tutti questi materiali sono esattamente gli stessi e verranno qui di seguito discussi. Attraverso la TL si possono ottenere, di norma ed in corrette condizioni di prelievo, datazioni per un intervallo di età compreso tra 50 e 20.000 anni [6, 7].

Il principio fondamentale su cui si basa la tecnica della TL considera che una frazione non trascurabile dei materiali che costituiscono la ceramica (quarzo e feldspati, per esempio) è in grado di immagazzinare energia quando viene investita dalle radiazioni presenti nel terreno di sepoltura, come le radiazioni  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  dell'irraggiamento naturale, o dalle radiazioni dei materiali debolmente radioattivi contenuti nella ceramica stessa. L'immagazzinamento avviene sotto forma di intrappolamento di elettroni in siti stabili ad alta energia, che sopravvivono fino al momento che il materiale non venga opportunamente stimolato dall'esterno. È evidente che più a lungo il materiale rimane esposto all'irraggiamento e più intense sono le radiazioni, più alto è il contenuto di energia che la ceramica può accumulare.

La datazione per TL si basa sulla determinazione del suo contenuto di energia. A seguito di stimolazione termica, cioè un riscaldamento a diverse centinaia di gradi, avviene la liberazione degli elettroni dalle trappole cui si accompagna una emissione di luce: l'intensità della luce emessa (la termoluminescenza, appunto) è un indicatore sia dell'età dell'oggetto sia dell'irraggiamento cui è stato sottoposto. In pratica, la cottura in fornace della ceramica rappresenta il tempo zero, perché elimina ogni energia accumulata dall'argilla e dagli altri costituenti dell'impasto durante la loro esistenza geologica; da questo momento, ricomincia l'accumulo di energia nel tempo, tanto più rapidamente quanto maggiori sono le con-

centrazioni di radioattività nella ceramica e nell'ambiente. Quindi, misurata la TL di un campione (cioè la radiazione assorbita) come in Figura 1, una volta che si è misurata la radioattività dei suoi componenti e quella dell'ambiente (cioè la radiazione assorbita annualmente), si giunge all'età del campione: età (anni) = radiazione totale assorbita/radiazione assorbita annualmente.

Si deve tenere presente che applicare correttamente la tecnica non è semplice e diverse sono le possibili fonti di errore che occorre valutare. Innanzitutto, alla luce di quanto osservato, appare evidente che le datazioni per TL si riferiscono all'ultima cottura subito dall'oggetto. Questa considerazione è da tener sempre presente nell'interpretazione dei risultati. Essi infatti possono essere pesantemente influenzati dal possibile reimpiego dell'oggetto, da incendi o riscaldamenti accidentali oppure anche da restauri, sia moderni sia antichi. Altre possibili sorgenti di errore derivano dalla determinazione della radiazione assorbita annualmente. La procedura implica misure estremamente precise con tecniche chimico-analitiche e di rivelazione della radiazione nucleare, che richiedono molta attenzione. Sono coinvolte la spettrometria a fiamma, misure di attività  $\alpha$  totale, spettrometria  $\alpha$  e  $\gamma$ , misure di dose  $\beta$  e  $\gamma$ , da effettuarsi sia sul materiale ceramico oggetto di studio, sia sul terreno di scavo sia nell'ambiente di conservazione dell'oggetto. Infine, un ultimo fattore che può influenzare il risultato finale è la stima del contenuto medio di umidità del campione, perché l'acqua in esso contenuta può assorbire parte dalle radiazioni. Quest'ultima valutazione è tutt'altro che semplice e va condotta con molta cautela.

Concludendo, la tecnica della TL è da ritenersi assolutamente affidabile, se svolta in laboratori adeguati e da personale esperto. Tenendo conto di tutti i fattori in gioco e della complessità delle valutazioni sperimentali necessarie, per una buona datazione in TL si può stimare un'incertezza globale media di circa il 10%, riducibile solo in casi particolari al 5-6%.

## Le attribuzioni di provenienza

Questo tipo di indagini è di notevole importanza in campo archeologico perché, essendo la ceramica un importante indicatore delle situazioni economiche e socio-culturali riguardan-

ti il mondo antico, da esse è possibile ricostruire correttamente i rapporti di una certa popolazione con i paesi vicini, individuando traffici commerciali o modalità e percorsi di distribuzione dei prodotti di uso comune nella vita quotidiana. Queste attribuzioni vengono effettuate in archeologia con successo, in base a criteri puramente formali e stilistici. Tuttavia le metodologie scientifiche offrono la possibilità di ottenere ulteriori dati che, accoppiati alle informazioni di natura strettamente archeologica, possono portare alla soluzione di casi equivoci o addirittura proporre attribuzioni nuove.

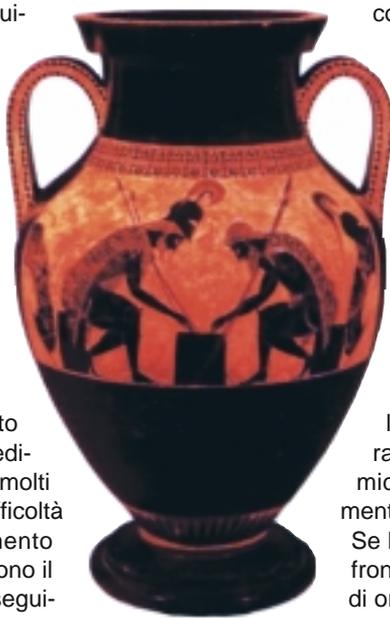
La determinazione dell'origine di un oggetto ceramico mediante analisi chimica è un procedimento che è stato applicato con successo in molti casi [5, 8, 9]. Non mancano tuttavia limiti e difficoltà insiti nel metodo, che rendono il procedimento non sempre applicabile, né sempre garantiscono il conseguimento di risultati conclusivi. Qui di seguito ne descriveremo brevemente le modalità di esecuzione, discutendone sia i vantaggi sia i limiti.

Le metodologie tecnico-scientifiche, per le determinazioni di origine, si basano sostanzialmente sul metodo del confronto tra la composizione chimica degli impasti di una certa ceramica e quella di un gruppo di argille o di ceramiche di provenienza certa, scelto come riferimento. Più precisamente, esse consistono nella determinazione quantitativa di quanti più elementi possibili, presenti nell'argilla dei propri campioni e, successivamente, nel confronto dei rapporti quantitativi di questi elementi con quelli delle argille tipiche di una certa regione oppure con quelli tipici di una certa produzione ceramica regionale.

Per poter condurre al meglio questi studi, occorre quindi compiere indagini duplici, sia sugli oggetti in esame, sia sulle ceramiche o le argille di riferimento.

Il primo passo è la determinazione quantitativa degli elementi che costituiscono l'impasto di un oggetto ceramico. Come detto, questo può essere effettuato con analisi chimiche dettagliate, spinte fino alla determinazione di elementi in tracce, facendo ricorso ad opportune tecniche, che sono l'attivazione neutronica (Naa), la fluorescenza a raggi X (Xrf) o la spettrometria a plasma ad accoppiamento induttivo (Icp-Aes o Icp-MS) [10]. Il secondo passo consiste nel trattamento e nell'analisi di questi dati in base a metodi statistici e chemiometrici, i quali consentono opportuni raggruppamenti delle composizioni chimiche dei vari campioni analizzati, per un agevole e significativo confronto con le composizioni dei riferimenti. Il vantaggio di questo metodo sta nella sua oggettività. La composizione degli impasti offre una modalità di classificazione delle ceramiche che prescinde completamente da ciò che è visibile a occhio nudo e che quindi offre la possibilità di una determinazione assolutamente alternativa e complementare a quella tradizionale basata su criteri stilistici.

I limiti del metodo sono sostanzialmente legati alla vita che ha avuto l'oggetto, a partire dalla sua produzione fino al suo ritrovamento. Se l'analisi dei materiali consente di determinare la composizione chimica dell'oggetto, questa può non dipendere esclusivamente dalla natura dell'argilla usata nell'impasto. Infatti, il maestro ceramista può avere, già nella fase di realizzazione, modificato la composizione dell'argilla, sottraendone i



componenti più grossolani, oppure aggiungendovi componenti per aumentarne o diminuirne la plasticità. Infine, se l'interramento dell'oggetto prima del suo ritrovamento è durato a lungo, le soluzioni acquose presenti nel suolo terrestre possono aver sciolto abbondantemente i sali solubili presenti in origine nell'argilla, oppure averne depositati altri.

È evidente quindi che occorre tenere ben presenti questi inconvenienti e operare in modo da vanificare il loro potenziale disturbo. Ad esempio, va prestata notevole attenzione al momento della campionatura: i prelievi devono essere effettuati in modo da garantire la rappresentatività del materiale ceramico originario e non quella di parti differenzialmente esposte all'azione di agenti estranei.

Se la procedura delle attribuzioni comporta il confronto fra la composizione chimica di ceramiche di origine sconosciuta con quelle di cui si è stabilita l'origine, bisogna avere a disposizione un gran

numero di dati chimici sulla ceramica di provenienza certa, per avere gruppi di riferimento affidabili. Quanto più numerosi siano i dati a disposizione, e quindi quanto più affidabili siano i gruppi di riferimento, tanto più alte sono le probabilità di arrivare a un'individuazione precisa della zona di origine. Si tratta allora di analizzare materiale di sicura provenienza locale (scarti, pezzi non finiti o argilla, trovati in un'antica fornace) o tipologici (stampigliature, firme ecc.), purché non vi sia qualche ragionevole dubbio sulla loro reale rappresentatività delle materie prime di partenza a causa di trattamenti, durante le varie fasi di lavorazione, che potrebbero averne modificato la composizione. Si tratta inoltre di effettuare analisi in misura sufficiente, tali da soddisfare i criteri statistici, in modo che il materiale analizzato sia rappresentativo della variazione chimica tipica dell'argilla o della ceramica del luogo. Dal punto di vista generale, un buon gruppo di riferimento deve essere ben omogeneo nella composizione, cioè non mostrare grosse variazioni, e in più deve mostrare caratteristiche di composizione ben differenziate da quelle di altre produzioni. Da queste considerazioni ne deriva che gli studi sulla provenienza delle ceramiche costituiscono un settore scientifico tanto importante quanto impegnativo. In questo campo gioca un ruolo rilevante l'esperienza dell'operatore, non solo per quanto riguarda la conduzione e l'interpretazione dei risultati analitici, ma anche per la sua capacità di confrontarsi con il mondo degli storici e degli archeologi.

### Le tecniche esecutive

Un altro tipo di applicazione delle metodologie scientifiche allo studio delle ceramiche antiche riguarda la caratterizzazione delle tecniche esecutive adottate per la realizzazione del corpo ceramico e delle sue decorazioni, come ingobbi, smalti, pigmenti, lustri o altro [11].

Il principio fondamentale di questa applicazione risiede nel fatto che lo studio della natura chimica e delle specifiche proprietà fisico-strutturali dei materiali costitutivi della ceramica possono consentire di ricostruire le modalità seguite nella realizzazione dell'oggetto.

In pratica, da queste indagini possono scaturire informazioni

sulle tecniche esecutive degli antichi maestri, là dove non esistono informazioni, oppure possono essere effettuati significative integrazioni e confronti con le antiche fonti, là dove esiste una documentazione storica [12, 13].

In genere, per questo tipo di indagini, non esistono protocolli o strategie analitiche specifiche. Le informazioni che si vogliono ottenere possono essere di caso in caso diverse e, conseguentemente, diverse sono le tecniche di indagine cui si può fare ricorso, che sono quelle tipiche della scienza dei materiali. In particolare, oltre alle tecniche di analisi elementare già menzionate, si può fare ricorso alle tecniche della microscopia ottica ed elettronica, oppure a metodi spettroscopici, come micro-Raman, la spettroscopia infrarossa, la spettroscopia Uv-Vis-Nir in riflessione diffusa (tutte indagini che danno informazioni sulla natura molecolare delle sostanze analizzate), oppure ancora a tecniche come la diffrazione dei raggi X (dalle quali possono essere ottenute informazioni sulla natura e struttura delle componenti cristalline), la spettroscopia Moessbauer e la spettroscopia fotoelettronica a raggi X (da cui si possono determinare gli stati di ossidazione degli elementi), fino all'uso della luce di sincrotrone per la determinazione, tramite misure Exafs, dell'intorno chimico dei vari elementi. Tenendo presente che le metodologie per lo studio dei materiali sono molto numerose e che subiscono frequenti avanzamenti, eviteremo in questa sede di entrare nei dettagli dei metodi di indagine consigliabili o a disposizione per i vari obiettivi conoscitivi. Faremo invece, a questo punto, alcuni esempi di applicazioni recenti a casi specifici.

Un'importante informazione sulle tecniche esecutive riguarda la stima delle temperature di cottura. Il metodo più ricorrente cui si fa ricorso è quello che si basa sul cambiamento della composizione mineralogica che una materia prima ceramica subisce durante la cottura. Poiché alcuni minerali si formano a partire da una certa temperatura, la loro presenza o meno nel corpo ceramico, come pure la loro presenza in determinati rapporti, costituisce un segnale, sia pur grossolano, del valore di temperatura massima raggiunta nel forno. Queste misure si compiono normalmente con le tradizionali tecniche di analisi petrografica, come quelle del microscopio mineralogico e della diffrazione dei raggi X. Notevoli, da questo punto di vista, sono gli studi condotti recentemente presso l'Università di Pavia [14]. Un altro studio recente, condotto presso l'Università di Milano [15], ha stabilito che tecniche spettroscopiche tradizionali come la spettroscopia Ft-Ir e la spettroscopia in riflessione diffusa nel vicino Ir (Nir) possono essere utilizzate con successo, insieme alle tecniche petrografiche, per la stima delle temperature di cottura. La spettroscopia Ft-Ir risulta particolarmente utile per la definizione della composizione mineralogica dei campioni, soprattutto nel caso delle ceramiche *depurate*, per le quali risulta scarsamente informativa l'analisi petrografica. La spettroscopia Nir fornisce informazioni ulteriori. Infatti, per determinare meglio la temperatura cui il corpo ceramico è stato cotto, può essere utile affiancare all'esame delle fasi mineralogiche lo studio delle bande armoniche e di combinazione associate ai modi di vibrazione dei legami -OH, appartenenti sia alle molecole di acqua sia alle funzioni ossidriliche dei gruppi Si(o Al o Mg)-OH. È stato evidenziato che, all'aumento della temperatura di cottura tra 800 e 1.100 °C, corrisponde la prevedibile diminuzione di intensità di tutti i segnali dovuti a queste bande, con un aumento della banda larga associata ai legami condensati Si-O-Si. Le bande armoniche e di combinazione dei legami -OH costituiscono un para-



Figura 2 - Due esempi di ceramiche umbre del XVI secolo. A sinistra: Maestro del pavimento di S. Francesco, maiolica a lustro oro raffigurante Sant'Antonio Abate, Museo Regionale della Ceramica di Deruta. A destra: Mastro Giorgio Andreoli (opera firmata, 1528), maiolica a lustro oro e rosso-rubino raffigurante la favola di Pico, Circe e Canente, Museo Comunale di Gubbio

metro indipendente che risulta effettivamente indicativo della massima temperatura raggiunta dal campione, perché non viene significativamente variato in seguito all'interramento [15]. Un altro studio interessante compiuto recentemente è quello che riguarda la caratterizzazione chimico-strutturale del *lustro* nelle ceramiche medioevali e rinascimentali del bacino mediterraneo. Come noto, il *lustro* è una sofisticata decorazione che consiste in un film metallico molto sottile, caratterizzato da peculiari proprietà ottiche capaci di produrre smaglianti riflessi e iridescenze metalliche [16]. La tecnica è di origine islamica: le prime ceramiche a *lustro* furono infatti prodotte in Iraq nel IX secolo. Durante il Medio Evo, la tecnica si diffuse tuttavia in tutto il Mediterraneo fino alla Spagna, quindi, dalla Spagna, essa venne introdotta in Italia, dove fu usata per decorare le splendide maioliche di Deruta e Gubbio nel XV e XVI secolo, di cui sono riportati esempi in Figura 2. Secondo le antiche documentazioni il *lustro* veniva prodotto cuocendo in ambiente riducente, sulla ceramica già smaltata, un impasto composto da ossidi di rame e argento, mescolati con altre sostanze quali ocre, argilla e altre componenti [17]. Alla temperatura di cottura gli ioni dei metalli penetravano nello smalto e venivano ridotti a metallo elementare.

Un recente studio sui lustrati di Deruta e Gubbio, condotto con numerose tecniche di indagine tra cui Xrf, spettroscopia Uv-Vis, diffrazione dei raggi X, microscopia elettronica a scansione e a trasmissione, dimostra sorprendentemente che il *lustro* risulta composto da un film sottilissimo di nanocristalli di rame e argento, dispersi nella matrice vetrosa dello smalto [18, 19]. La sorpresa sta nella natura nanocristallina del *lustro* (vedi Figura 3), la quale consente di spiegare le sue straordinarie proprietà ottiche, caratterizzate da effetti cromatici cangianti e iridescenti. I risultati di questo studio hanno consentito di stabilire una sorta di ponte ideale tra le realizzazioni degli antichi maestri ceramisti e le produzioni dei compositi vetro-metallo della moderna scienza dei materiali, che trovano impiego nelle tecnologie avanzate [19].

### La conservazione e il restauro

Giovanni Urbani, direttore dell'Istituto Centrale del Restauro dal 1973 al 1983, quando veniva interpellato su quale fosse il miglior restauro, soleva rispondere che "il miglior restauro è

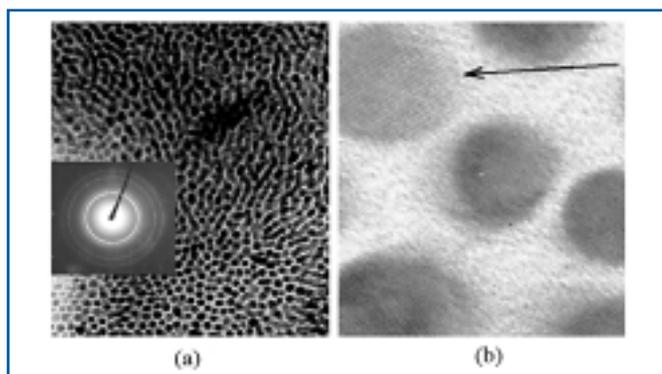


Figura 3 - Immagini al microscopio elettronico a trasmissione di una decorazione a lustro: a) sono evidenti nanocristalli di rame del diametro di circa 7 nm, identificati per diffrazione elettronica (nell'inserito). I nanocristalli non presentano orientazioni preferenziali; b) tra essi è possibile trovarne alcuni che si presentano casualmente orientati in modo tale da rendere visibili i piani reticolari del rame

quello che non si fa", volendo sottolineare, con un paradosso, quanto prevenire un danneggiamento su un'opera d'arte sia molto meglio che doverne riparare gli effetti. Con questa affermazione egli poneva in assoluto la prevenzione come compito primo del conservatore.

Questo assunto fondamentale è valido anche nel campo della conservazione della ceramica, che viene infatti mantenuta, dopo un eventuale restauro, nelle controllate condizioni microclimatiche delle sale da museo o delle bacheche da esposizione.

Sono tuttavia gravi, in genere, i problemi che si presentano sugli oggetti appena estratti da scavi archeologici. In questo caso, la lunga esposizione alle condizioni di interramento (o a quelle subacquee) hanno in molti casi prodotto significativi effetti, sui quali occorre intervenire per arrestare un degrado in corso o per prevenire un possibile ulteriore degrado. Le metodologie scientifiche applicate alla conservazione offrono un supporto sostanziale ai vari momenti attraverso i quali si sviluppano gli interventi volti a evitare questi inconvenienti: prima di tutto, tramite la diagnostica, si possono individuare i materiali dell'alterazione, nonché studiarne le cause di formazione, poi, nella fase di intervento vero e proprio, si possono avere indicazioni su come condurre al meglio le operazioni di pulitura, consolidamento e protezione.

La caratterizzazione dei materiali di alterazione può essere condotta con tutte le tecniche di indagine, che consentono di analizzare i materiali dal punto di vista della loro composizione elementare, molecolare e strutturale. Con esse non è solo possibile identificare le alterazioni che l'oggetto ha subito nelle sue parti, ma è anche possibile, attraverso test di laboratorio, determinare o stimare la velocità e i meccanismi che portano allo sviluppo delle spontanee modificazioni dell'oggetto. Queste conoscenze sono fondamentali se si vogliono attuare efficaci mezzi di prevenzione.

Per quanto riguarda il restauro, la scienza dei materiali può esprimere pareri fondati sulla congruità degli interventi progettati o suggerire direttamente il lavoro da compiere. Inoltre, essa può efficacemente intervenire suggerendo l'impiego di metodologie innovative. A titolo di esempio, ricordiamo che sono in corso, in numerosi laboratori, intense attività di ricerca e messa a punto di metodi per la pulitura o per il consolida-

mento. Le puliture consistono essenzialmente in rimozioni di sali solubili o di incrostazioni che vengono effettuate con solubilizzazioni, resine a scambio ionico, tecniche laser, micro-sabbature o ultrasuoni [20]. Altre ricerche sono dedicate allo sviluppo di prodotti speciali, da impiegare quali consolidanti, protettivi o adesivi, oppure anche allo sviluppo di nuove procedure che possano garantire interventi efficaci e di lunga durata. Da questo punto di vista, tra i più recenti metodi che vengono proposti oggi per il consolidamento delle invetriature delle maioliche è particolarmente interessante il caso delle applicazioni sol-gel. Il metodo propone la stesura, là dove sono presenti lacune o sono in atto corrosioni delle superfici vetrose, di uno strato sottilissimo di silice, che non solo abbia le stesse proprietà di trasparenza degli strati originali, ma che abbia la proprietà di una notevole adesione al vetro. Lo strato di silice viene prodotto per polimerizzazione *in situ* di alcossido di silicio, a temperatura ambiente, senza sottoporre l'oggetto ad alcuno stress. Studi di questo tipo sono già a buon punto e i risultati indicano che il sottile strato vetroso applicato non solo consolida la superficie vetrosa, ma ne previene l'ulteriore deterioramento [21].

## Conclusioni

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti appaiono evidenti quante e quali siano le possibili applicazioni della scienza dei materiali allo studio e alla conservazione delle ceramiche antiche. Appare anche, crediamo, quanto sia importante aver oggi stabilito un corretto rapporto di collaborazione tra il mondo scientifico e quello umanistico, per studi e interventi che siano il frutto di virtuose convergenze di competenze diverse, entrambe necessarie [22].

Nonostante i successi lungo questa strada, tuttavia, ancora molto c'è da fare per rendere più assiduo ed efficace l'incontro fra il mondo degli archeologi e storici dell'arte con quello degli scienziati. In archeologia, o storia dell'arte, si lavora sempre più spesso in *equipe* in cui gli umanisti si confrontano e cooperano con chimici, fisici e geologi, tuttavia alcune difficoltà e resistenze debbono ancora essere abbattute. Non è ancora completamente risolto il problema dello sviluppo del cosiddetto *linguaggio comune* che consenta una facile comprensione delle difficoltà e dei problemi che appartengono all'uno e all'altro approccio.

Uno dei numerosi esempi, che testimoniano delle permanenti difficoltà, sta nel fatto che pochi scienziati partecipano ai congressi di archeologia e pochi archeologi a quelli degli scienziati che operano in questo campo: l'archeologo spesso si aspetta che dalle indagini scientifiche scaturiscano risposte che la scienza non può dare con certezza; lo scienziato spesso offre all'archeologo informazioni che non rispondono alle esigenze della sua ricerca.

Una volta consapevoli di queste permanenti difficoltà, resta comunque ben salda una fiducia di fondo che i rapporti fra arte e scienza diventino sempre più stretti ed efficaci. La storia di questi rapporti è iniziata molti anni fa e ha visto molti scienziati ed umanisti, come Pasteur, Berthelot, DeBroglie, Malreaux, Brandi, Urbani, lavorare attivamente perché il connubio diventasse sempre più stretto e produttivo. Nel secolo scorso sono stati fatti passi da gigante e certamente altri ne saranno compiuti in quello appena iniziato [23]. Il nodo cruciale, che non può essere eluso, sta nella connessione stretta fra materia, storia e immagine di un oggetto. È alla materia

dell'oggetto e alle sue modificazioni nel tempo che sono affidate preziose informazioni storiche; è altresì alla materia dell'oggetto che viene affidata l'esibizione della sua forma e dunque la percezione dell'immagine, sulla quale riposa, in fondo, l'identità ideale dell'opera d'arte.

### Bibliografia

- [1] C. Brandi, *Il Restauro. Teoria e pratica*, M. Cordaro (a cura di), 2ª edizione, Editori Riuniti, Roma, 1996.
- [2] G. Accardo, G. Vigliano, *Strumenti e materiali del restauro*, Edizioni Kappa, Roma, 1989.
- [3] M. Matteini, A. Moles, *Scienza e Restauro. Metodi di indagine*, Nardini, Firenze, 1992.
- [4] AA.VV., *Modern Analytical Methods in Art and Archaeology*, E. Ciliberto, G. Spoto (Eds.), J. Wiley & Sons Inc., New York, 2000.
- [5] T. Mannoni, A. Molinari, *Scienza in Archeologia*, All'Insegna del Giglio, Firenze, 1990.
- [6] M.J. Aitken, *Science-based Dating in Archaeology*, London, Longman, 1990.
- [7] M.J. Aitken, *Thermoluminescence Dating*, Academic Press, London, 1984.
- [8] M. Maggetti, in *Proceedings of First European Workshop on Archaeological Ceramics*, F. Burrigato *et al.* (Eds.), Roma, 1994.
- [9] G. Olcese, in *Archeometria della ceramica. Problemi di metodo*, Atti dell'8° Simposio internazionale della ceramica, Bologna, 1993.
- [10] D. Adan-Bayewitz *et al.*, *Archeometry*, 1999, **41**, 1.
- [11] B. Fabbri, C. Ravanelli Guidotti, *Il Restauro della Ceramica*, Nardini Editore, Firenze, 1993.
- [12] C. Capelli, P. Marescotti, in *Atti del I Congresso Nazionale di Archeometria*, M. Martini (a cura di), Bologna, 2000.
- [13] W.D. Kingery, P.B. Vandiver, in *Ceramic Masterpieces. Art, Structure and Technology*, The Free Press, New York, 1986.
- [14] M.P. Riccardi *et al.*, EMACS 2001, 6th European Meeting on Ancient Ceramics, Fribourg, Switzerland, October 2001.
- [15] G. Artioli *et al.*, in *Atti del I Congresso Nazionale di Archeometria*, M. Martini (a cura di), Bologna, 2000.
- [16] A. Caiger-Smith, *Luster Pottery*, Faber & Faber, London, 1985.
- [17] C. Piccolpasso, *I tre libri dell'arte del vasaio*, All'Insegna del Giglio, Firenze, 1976.
- [18] J. Perez *et al.*, *J. Am. Ceramic Soc.*, 2001, **84**, 442.
- [19] I. Borgia *et al.*, *Appl. Surf. Science*, 2002, **185**, 183.
- [20] C. Pedeli, L. Appolonia, *Tecniche di pulitura applicate alle ceramiche antiche*, in *Quaderni di restauro-Museo Internazionale delle Ceramiche in Faenza*, II Ed., 1999.
- [21] R. Bertonecello, in *The Surface: A Bug in New and Old Glasses*, GS-2000, Book of Abstracts, Venice, 2000.
- [22] G. Urbani, *Intorno al restauro*, B. Zanardi (a cura di), Skirà, Milano, 2000.
- [23] B. Zanardi, *Conservazione, restauro e tutela*, Skirà, Milano, 1999.