

## La ceramica e l'archeometria

Elisabetta Gliozzo

L'archeometria costituisce un luogo d'incontro privilegiato tra le discipline di carattere umanistico e quelle di carattere scientifico e naturalistico. Un campo di applicazione particolarmente fruttuoso e frequentato è naturalmente quello dei manufatti ceramici. Le raccolte di ceramiche antiche si prestano infatti oggi a nuove possibilità di studio grazie all'applicazione sinergica delle scienze fisiche, chimiche, geologiche e naturali. Ciononostante, per conoscere, praticare e comprendere i risultati di una disciplina occorre conoscerne innanzi tutto la storia, quindi i metodi e le tecniche.

### Come è nata l'Archeometria: brevi cenni di storia della disciplina

Lo studio archeometrico delle ceramiche s'inserisce in un ben più ampio campo di studi, finalizzato all'indagine estensiva e/o puntuale delle aree e dei materiali archeologici. La storia della disciplina non può quindi ridursi a un elenco dei risultati ottenuti per lo studio delle ceramiche ma deve comprendere gli esordi ed i progressi raggiunti in ciascun settore della ricerca archeometrica.

Le prime indagini archeometriche risalgono al primo trentennio dell'Ottocento e sono fondate su metodologie e tecniche proprie dell'indagine chimica. Occorre attendere la prima metà del Novecento per disporre dei primi studi sistematici ed introdurre le tecniche analitiche proprie della fisica, della mineralogia e della petrografia (MAGGETTI 1990, 65-66 con bibliografia).

Durante la prima metà del Novecento sono da ricordare i primi esperimenti pionieristici nel campo sia della datazione — in particolare nella dendrocronologia, effettuati negli anni Venti da A. Ellicot Douglass (1867-1962) presso The University of Arizona ([http://emuseum.mnsu.edu/information/biography/abcde/douglass\\_andrew.html](http://emuseum.mnsu.edu/information/biography/abcde/douglass_andrew.html)) — che della caratterizzazione dei manufatti, con l'applicazione dell'analisi degli elementi in traccia ad oggetti in rame e bronzo, effettuata negli anni Trenta da R. Pittioni.

Durante gli anni Cinquanta vengono pubblicate numerose opere su altrettanti temi archeometrici, archeometallurgici, geoarcheologici e problematiche legate alla conservazione dei reperti. Tra le numerose pubblicazioni, sono da tener presenti *A History of Technology, Ceramics for the archaeologists, Soil for the Archaeologist, The Conservation of Antiquities and Technology*. Oltre a ciò, è senz'altro da ricordare l'anno 1958, durante il quale C. Hawkes conia il termine *Archaeometry* e fonda l'omonima rivista presso The University of Oxford.

Durante gli anni Sessanta, anche per le nuove prospettive aperte dalla *New Archaeology*, vengono affrontati diversi aspetti metodologici inerenti l'integrazione tra l'Archeologia e l'Archeometria, di cui si ha il riflesso in due opere fondamentali: *The Science in Archaeology* e *Scientists and Archaeology*. Una data da ricordare è proprio il 1960, anno in cui A. Westgren consegnò il Premio Nobel per la chimica a W. F. Libby, per la sperimentazione e l'applicazione della metodologia <sup>14</sup>C alle indagini archeologiche presso *The Royal Swedish Academy of Sciences* (<http://www.nobel.se/chemistry/laureates/1960/press.html>).

Gli anni Sessanta offrono altresì un apporto significativo su temi specifici quali la tecnologia produttiva (ad es. *Studies in Ancient Technology*), l'archeometallurgia (ad es. *Metallurgy in Archaeology*) e la definizione degli approcci da parte delle numerose discipline scientifiche (ad es. *Archaeological Chemistry*). In Italia, ha inizio l'attività della Sezione di Mineralogia applicata all'Archeologia di Genova (1967), grazie all'attiva partecipazione di T. Mannoni (tra le sue numerosissime opere vedi la raccolta in MANNONI 1994).

Negli anni Settanta, in Inghilterra e nei paesi statunitensi, l'affidabilità e la proficuità dell'approccio archeometrico rappresentano ormai una realtà interiorizzata mentre l'Italia è divisa tra sostenitori del metodo e scettici (MANNONI ET AL. 1996, 41-59). Importanti opere di questi

anni sono *The Impact of the Natural Sciences on Archaeology, Methods of Physical Examination in Archaeology, Technical analysis as a factor in Archaeological Documentation*, oltre ai numerosissimi articoli disponibili su altrettante riviste, specialistiche, scientifiche e archeologiche.

Negli anni Ottanta e Novanta, gli studi si moltiplicano e gran parte delle tecniche analitiche usualmente impiegate nelle scienze viene opportunamente e vantaggiosamente applicata allo studio dei materiali e delle aree archeologiche (CUOMO DI CAPRIO 1985; RICE 1987 e la bibliografia fornita nei paragrafi seguenti).

Un'importante conquista della disciplina è l'odierna istituzione di corsi universitari di Archeometria, in grado di fornire un'adeguata preparazione ad aspiranti archeologi e scienziati, relegando in parte al passato l'atmosfera pionieristica che aveva contraddistinto gli esordi di questa disciplina.

### Riferimenti bibliografici

- |                      |  |
|----------------------|--|
| AAVV 1954            | AAVV, <i>A History of Technology</i> . Oxford 1954   |
| AAVV 1956            | AAVV, <i>The Conservation Of Antiquities And Technology</i> . London 1956  |
| AAVV 1963            | AAVV, <i>Science in Archaeology</i> . London 1963  |
| ALLIBONE 1970        | ALLIBONE T. E., <i>The Impact of the Natural Sciences on Archaeology</i> . London 1970   |
| CORNWALL 1958        | CORNWALL I. W., <i>Soil for the Archaeologist</i> . Londra 1958  |
| CUOMO DI CAPRIO 1985 | CUOMO DI CAPRIO N., <i>La ceramica in Archeologia. Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine</i> . Roma 1985  |
| FORBES 1966          | FORBES R. J., <i>Studies in Ancient Technology</i> . Leiden 1966   |
| LEVEY 1967           | LEVEY M., <i>Archaeological Chemistry</i> . Philadelphia 1967  |
| LEVI 1931            | LEVI A., "L'Analyse Chimique des Terres Cuites Anciennes et leur provenance", in <i>Mouseion</i> 15, 1931, 64-66   |
| MAGGETTI 1990        | MAGGETTI, M., "Il contributo delle analisi chimiche alla conoscenza delle ceramiche antiche", in MANNONI T., MOLINARI A. (a cura di), <i>Scienze in Archeologia</i> . Firenze 1990, 65-88. |
| MANNONI 1994         | MANNONI T. (a cura di), <i>Archeometria. Geoarcheologia dei manufatti</i> . Genova 1994  |
| MANNONI ET AL. 1996  | MANNONI T., GIANNICEDDA E., <i>Archeologia della produzione</i> . Torino 1996  |
| PYDDOKE 1963         | PYDDOKE Y., <i>The Scientists and Archaeology</i> . London 1963  |
| RICE 1987            | RICE M., <i>Pottery Analysis. A Sourcebook</i> . Chicago 1987  |
| SHEPARD 1956         | SHEPARD A.O., <i>Ceramics for the Archaeologists</i> . Washington 1956   |
| STJERNQUIST 1972     | STJERNQUIST B., <i>Technical Analysis as a Factor in Archaeological Documentation</i> . Lund 1972  |
| TITE 1972            | TITE M.S., <i>Methods of Physical Examination in Archaeology</i> . London 1972   |
| TYLECOTE 1962        | TYLECOTE R.F., <i>Metallurgy in Archaeology</i> . London 1962  |
| VERNEUIL 1911        | VERNEUIL M.A., "Sur la préparation de l'Email Noir, ou Lustre des Poteries Italogrecques", in <i>C.R.Hebd.Séances Acad.Sci</i> 1911, 152, 380  |

### La ceramica: le domande archeologiche e le risposte dell'archeometria

Le principali domande archeologiche rivolte all'archeometria sono riassumibili secondo la ormai consueta distinzione in "dove?", "come?", "quando?" e "perché?", a cui va aggiunta un'ulteriore importante domanda quale "come opero il restauro e/o come conservo il manufatto?"

Tale distinzione schematica — qui seguita per comodità — è tuttavia estremamente rigida ed è bene tener presente che nella pratica, sia archeologica che archeometrica, i problemi sono comunemente affrontati secondo una prospettiva di maggiore articolazione e, possibilmente, in sequenza diacronica.

Un reperto archeologico reca impressa una storia che è la somma di numerose azioni — il reperimento della materia prima, la lavorazione dell'impasto, la cottura ed il raffreddamento del manufatto, l'uso e la deposizione — ed è quindi indispensabile studiare ognuna di queste azioni per ricostruirne sia l'origine, sia la tecnologia produttiva, sia la destinazione d'uso, sia le condizioni di giacitura.

## Dove?

### *Le domande*

Il ciclo produttivo della ceramica implica il reperimento della materia prima, la lavorazione dell'impasto, la foggatura, la cottura e il raffreddamento del manufatto. La domanda "dove?" deve quindi articolarsi in: a) dove è stata reperita la materia prima utilizzata?, b) dove è stato prodotto il manufatto in esame?

Il luogo di approvvigionamento della materia prima e il luogo di produzione non necessariamente coincidono ed è altresì frequente che un medesimo impianto produttivo sfrutti differenti affioramenti di argilla, in base ai tipi ceramici che intende produrre.

Per chiarire ulteriormente quest'aspetto è utile tener presente che gli impianti produttivi sono solitamente ubicati in prossimità dei corsi d'acqua — che permettono il necessario approvvigionamento idrico e favoriscono la commercializzazione dei prodotti finiti — mentre l'affioramento di argille utili può non essere disponibile nell'area circostante.

Un diverso tipo di ragionamento deve invece sopraggiungere qualora un medesimo impianto produttivo sfrutti affioramenti dislocati.

Le produzioni manifatturiere antiche raramente esaurivano gli affioramenti (come invece accade di frequente per le odierne produzioni industriali) ed è pertanto ragionevole ricercare i motivi di un approvvigionamento diversificato nella volontà di conferire al manufatto differenti caratteristiche tecniche e funzionali.

### *Gli strumenti*

In questa sede, i metodi archeologici quali la catalogazione tipologica, l'analisi stilistica, lo studio dei siti produttivi e lo studio della distribuzione dei manufatti vanno a integrarsi con metodi scientifici quali la determinazione della composizione chimica, mineralogica e petrografica del manufatto e lo studio geologico del territorio in esame.

### *Le applicazioni*

Risolvere un problema di provenienza non significa solamente localizzare un insediamento produttivo ma anche riuscire a comprendere le modalità di sfruttamento del territorio, acquisire informazioni utili per le indagini tecnologiche e ricostruire le vie della commercializzazione.

Un'ulteriore applicazione dei risultati forniti dalle indagini di provenienza è la riproduzione di manufatti finalizzata al restauro. La riproduzione delle malte o dei materiali da costruzione per il restauro degli edifici antichi prevede infatti lo studio della composizione dei materiali archeologici, l'approvvigionamento delle materie prime dagli stessi affioramenti utilizzati nell'antichità e la riproduzione del medesimo ciclo produttivo.

In seconda istanza rispetto ai metodi di datazione, gli studi di provenienza possono anche fornire utili informazioni per l'autenticazione dei materiali. Numerose collezioni museali sono difatti costituite da materiali eterogenei di cui raramente si conserva l'indicazione riguardante il luogo di rinvenimento ed il luogo di produzione.

## Suggerimenti bibliografici

Per iniziare:

- |               |  |
|---------------|--|
| MAGGETTI 1990 | MAGGETTI M., "Il contributo delle analisi chimiche alla conoscenza delle ceramiche antiche", in MANNONI T., MOLINARI A. (a cura di), <i>Scienze in Archeologia</i> . Firenze, 65-88 ma in particolare 69-82. |
| MANNONI 1994  | MANNONI T., "Problemi archeometrici sulla circolazione della ceramica romana", in OLCESE G. (a cura di), <i>Ceramica romana e archeometria: lo stato degli studi</i> . Firenze, 11-14.                       |
| MANNONI 1994  | MANNONI T. (a cura di), <i>Archeometria. Geoarcheologia dei manufatti, Genova: Escum, sezione II "Caratterizzazioni e provenienze delle ceramiche"</i> . 1994, 20-34.  |
| OLCESE 1993   | OLCESE G., "Il contributo delle analisi di laboratorio allo studio e alla classificazione  |

della ceramica in archeologia”, in *Archeometria della Ceramica. Problemi di Metodo. Atti 8° SIMCER – Simposio Internazionale della Ceramica (Rimini, 10-12 novembre 1992)*. Bologna, 1993, 35-53 ma specialmente 46-49

Per un primo approfondimento (i congressi):

- D’AMICO ET AL. 1998 D’AMICO C., ALBORE LIVADIE C. (a cura di), *4° Giornata. Le Scienze della Terra e l’Archeometria, (Napoli, 20-21 febbraio 1997)*. Napoli, “Sezione sulle provenienze”, 1998, 129-170
- FRONTINI ET AL. 1998 FRONTINI, GRASSI, M. T. (a cura di), *Indagini archeometriche relative alla ceramica a vernice nera: nuovi dati sulla provenienza e la diffusione, (Milano, 22-23 novembre 1996)*. Como 1998
- D’AMICO ET AL. 1999 D’AMICO C., TAMPELLINI C. (a cura di), *5° Giornata. Le Scienze della Terra e l’Archeometria, (Bari, 19-20 febbraio 1998)*. Bologna, sezione “Ceramiche” 1999, 11-68
- D’AMICO ET AL. 2000 D’AMICO C., TAMPELLINI C. (a cura di), *6° Giornata. Le Scienze della Terra e l’Archeometria, (Este, 26-27 febbraio 1999)*. Padova 2000
- MARTINI 2000 MARTINI M. (a cura di), *Atti del I Congresso Nazionale di Archeometria, (Verona, 2-4 dicembre 1999)*. Bologna 2000

Per un primo approfondimento (singoli contributi):

- D’AMBROSIO ET AL. 1989 D’AMBROSIO B., MANNONI T., SFRECOLA S., “La provenienza delle anfore romane di alcuni contesti italiani: possibilità e limiti del metodo mineralogico”, in *Anfore romane e storia economica: un decennio di ricerche*. Roma 1989, 269-284
- MANNONI 1983 MANNONI T., “Caratterizzazioni mineralogico-petrografiche e tecniche di alcune ceramiche del Tavoliere”, in TINÉ S. (a cura di), *Passo di Corvo e la civiltà neolitica del Tavoliere*. Genova 1983, 94-97
- MANNONI 1993 MANNONI T., “Provenienze ed analisi petrografiche interpretate. L’esempio delle ceramiche bizantine”, in GELICHI S. (a cura di), *La ceramica nel mondo bizantino tra XI e XV secolo e i suoi rapporti con l’Italia*, Firenze 1993, 341-345
- MIRTI ET AL. 1990 MIRTI, ZELANO V., ARUGA R., FERRAR E. ET AL., “Roman Pottery from Augusta Praetoria: a Provenance Study”, in *Archaeometry* 32, 1990 2, 163-175.
- MOMMSEN ET AL. 1992 MOMMSEN H., BEIR T., DIEHL U. ET AL., “Provenance Determination of Mycenaean Sherds Found in Tell el Amarna by Neutron Activation Analysis”, in *Journal of Archaeological Science* 19, 1992, 295-302
- OLIN ET AL. 1978 OLIN J. S., HARDBOTTLE G., SAYRE E.V., “Elemental Composition of Spanish Colonial Majolica Ceramics in the Identification of Provenience”, in CARTER G.F. (a cura di), *Advances in Chemistry, vol. 171. Archaeological chemistry II*, 1978, 200-229
- PICON ET AL. 1971 PICON M., VICHY M., MEILLE E., “Composition of the Lezoux, Lyon and Arezzo Samian Ware”, in *Archaeometry* 13/2, 1971, 191-208
- PICON ET AL. 1978 PICON M., D’ARCHIMBAUD G., “Les importations de céramiques italiennes en Provence médiévale: état des questions”, in *La Céramique Médiévale en Méditerranée occidentale* 1978, 125-135

## Come?

### Le domande

La domanda “come?” riassume una serie di quesiti puntuali inerenti alle singole fasi del ciclo produttivo. Lo studio tecnologico di un manufatto ceramico deve infatti rispondere alle seguenti domande: a) quale materia prima è stata impiegata per produrre il corpo ceramico ed il rivestimento? c) come è stato preparato l’impasto ceramico? Hanno utilizzato la materia prima tal quale o hanno addizionato l’impasto con fondenti e/o smagranti? ed ancora, come è stato preparato il rivestimento? come è stato applicato al corpo ceramico ed in quale fase del ciclo produttivo? d) quali erano le condizioni di cottura e raffreddamento (principalmente atmosfera, temperatura, durata) del corpo ceramico e del rivestimento?

### Gli strumenti

In questa sede, i metodi archeologici quali la catalogazione tipologica, l’analisi stilistica, lo studio della sequenza stratigrafica e i metodi di datazione vanno a integrarsi con i metodi scientifici quali la determinazione della composizione chimica, mineralogica e petrografica del manufatto, lo studio geologico del territorio in esame e la riproduzione sperimentale del ciclo di cottura.

*Le applicazioni*

Gli studi tecnologici permettono di ricostruire il ciclo produttivo utilizzato dagli antichi ceramisti. Tale ricostruzione è conseguentemente utilizzabile per delineare la storia delle tecnologie antiche, dalla scoperta, all'applicazione, al trasferimento delle conoscenze.

La diffusione delle tecnologie produttive costituisce un interessantissimo campo di ricerca equiparabile allo studio di distribuzione dei manufatti. La ricerca in questo caso individua i gruppi interessati allo scambio, valuta la capacità ricettiva rispetto a un modello e l'entità dell'eventuale rielaborazione, come pure individua le vie e le persone attraverso le quali tali scambi sono avvenuti.

Un'ulteriore applicazione dei risultati ottenuti dagli studi tecnologici è, tra altre, l'effettuazione di restauri compatibili (vedi anche il paragrafo precedente).

**Suggerimenti bibliografici**

Per iniziare:

- CUOMO DI CAPRIO 1985 CUOMO DI CAPRIO N., *La ceramica in Archeologia. Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*. Roma 1985 (specialmente la prima parte "Tecnologia ceramica", 15-150)
- RICE 1987 RICE M., *Pottery Analysis. A Sourcebook*. Chicago 1987

Per un primo approfondimento (i congressi):

- SANTORO ET AL. 1997 SANTORO S., FABBRI B. (a cura di), *Il contributo delle analisi archeometriche allo studio delle ceramiche grezze e comuni. Il rapporto forma/funzione/impasto. Atti della 1° Giornata di archeometria della ceramica (Bologna, 28 febbraio 1997)*. Bologna 1997
- D'AMICO ET AL. 1999 D'AMICO C., TAMPELLINI C. (a cura di), *5° Giornata. Le Scienze della Terra e l'Archeometria, (Bari, 19-20 febbraio 1998)*. Bologna, sezione "Ceramiche" 1999, 11-68
- D'AMICO ET AL. 2000 D'AMICO C., TAMPELLINI C. (a cura di), *6° Giornata. Le Scienze della Terra e l'Archeometria, (Este, 26-27 febbraio 1999)*. Padova 2000
- MARTINI 2000 MARTINI M. (a cura di), *Atti del I Congresso Nazionale di Archeometria, (Verona, 2-4 dicembre 1999)*. Bologna 2000

Per un primo approfondimento (singoli contributi):

- CAIRO ET AL. 2001 CAIRO A., MESSIGA B., RICCARDI M., "Technological Features of the 'Cotto Variegato': a Petrological Approach", in *Journal of Cultural Heritage* 2, 2001, 133-142
- COGSWELL ET AL. 1996 COGSWELL J. W., NEFF H., GLASCOCK M.D., "The effect of Firing Temperature on the Elemental Characterization of Pottery", in *Journal of Archaeological Science* 23, 1996, 283-287
- DUMINUCO ET AL. 1996 DUMINUCO, RICCARDI M., MESSIGA B., SETTI M., "Modificazioni tessiturali e mineralogiche come indicatori della dinamica del processo di cottura di manufatti ceramici", in *Materiali e Processi* 5, 1996, 281-288
- FABBRI ET AL. 1997 FABBRI B., GUALTIERI S., SANTORO S., "L'alternativa chamotte/calcite nella ceramica grezza: prove tecniche", in *Il contributo delle analisi archeometriche allo studio delle ceramiche grezze e comuni. Il rapporto forma/funzione/impasto. Atti della 1° Giornata di archeometria della ceramica (Bologna, 28 febbraio 1997)*. Bologna 1997, 183-191
- GOSSELAIN 1992 GOSSELAIN O., "Bonfire of the Enquires. Pottery Firing Temperatures in Archaeology: What for?", in *Journal of Archaeological Science* 19, 1992, 243-259
- HEIMANN 1989 HEIMANN R.B., "Assesing the Technology of Ancient Pottery: the Use of Ceramic Phase Diagrams", in *Archeomaterials* 3, 1989, 123-148
- MAGGETTI 1980 MAGGETTI M., "Recherches minéralogiques, chimiques et technologiques sur la terre sigillée de l'atelier de la Péniche (Vidy/Lausanne)", in *Cahiers d'Archéologie Romande* 20, 1980, 4, 81-95
- MAGGETTI 1995 MAGGETTI M., "Technical Aspects of the Terra Sigillata Production: the Pottery Centre of Schwabegg (Ausburg, Germany, 2/3 D C. AD)", in VINCENZINI P. (a cura di), *The Ceramics Cultural Heritage*. Techna Srl 1995, 221-330
- MANIATIS ET AL. 1993 MANIATIS Y., ALOUPI E., STALIOS A.D., "New Evidence for the Nature of the Attic Black Gloss", in *Archaeometry* 35, 1, 23-34
- TYTE ET AL. 1991 TYTE M.S., BIMSON M., "A Technological Study of English Porcelains", in *Archaeometry* 1991, 33, 3-27

## Quando?

### *Le domande*

La domanda cronologica è indubbiamente meno articolata rispetto alle precedenti, limitandosi — nella maggior parte dei casi — all'esigenza di datare il manufatto ceramico in esame. Le tecniche analitiche impiegate per la datazione delle ceramiche archeologiche permettono altresì di rispondere a quesiti correlati. Ad esempio, un manufatto ceramico esposto a un incendio può essere analizzato non tanto per ottenere la cronologia dell'attività produttiva quanto per datare l'incendio stesso (vedi in particolare il paragrafo riguardante la termoluminescenza).

### *Gli strumenti*

Gli strumenti archeologici preposti all'indagine cronologica sono innanzi tutto lo studio tipologico e l'analisi della sequenza stratigrafica. I metodi analitici impiegati per le datazioni variano invece dalla termoluminescenza, al radiocarbonio, alle tracce di fissione.

### *Le applicazioni*

Le indagini cronologiche possono essere finalizzate alla datazione *ex novo* di un manufatto altrimenti indatabile, o alla precisazione di una datazione stabilita attraverso metodologie prettamente archeologiche. In questo secondo caso, occorre sapere che le numerose tecniche disponibili forniscono un errore (espresso in  $\pm$  n. di anni) che deve essere valutato prima di sottoporre il campione ad analisi.

Un noto campo di applicazione di questi studi è, tra altri, la determinazione di autenticità di un materiale (non esclusivamente ceramico).

## Suggerimenti bibliografici

Per iniziare:

AITKEN 1985	AITKEN, M. J., <i>Thermoluminescence dating</i> . London 1985
FLEMING 1976	FLEMING S.J., <i>Dating in Archaeology</i> . New York 1976
MICHAEL 1971	MICHAEL H.N., RALPH E.D. (a cura di), <i>Dating methods in Archaeology</i> . New York 1971

Per un primo approfondimento (congressi e singoli contributi):

D'AMICO ET AL. 1998	D'AMICO C., ALBORE LIVADIE C. (a cura di), <i>4° Giornata. Le Scienze della Terra e l'Archeometria, (Napoli, 20-21 febbraio 1997)</i> . Napoli, "Sezione sulle provenienze", 1998, 129-170
AITKEN ET AL. 1971	AITKEN M.J., MOOREY R.S., UCKO, J., "The Authenticity of Vessels and Figurines in the Hacilar Style", in <i>Archaeometry</i> 13/2, 1971, 89-141
CHIAVARI ET AL. 2000	CHIAVARI C., MANNONI M., MARTINI M. ET AL., "Archeometria del costruito: contributo della termoluminescenza (TL) alla cronologia dell'architettura di edifici storici", in MARTINI M. (a cura di), <i>Atti del I Congresso Nazionale di Archeometria, (Verona, 2-4 dicembre 1999)</i> . Bologna 2000, 139-147
FLEMING ET AL. 1970	FLEMING, S.J., MOSS, H.M., JOSEPH A., "Thermoluminescent Authenticity Test of Some 'Six Dynasties' Figures", in <i>Archaeometry</i> 12/1, 1970, 135-146
GARRISON ET AL. 1978	GARRISON E.G., MC GIMSEY C.R., ZINKE O.H., "Alpha-recoil Tracks in Archaeological Ceramic Dating", in <i>Archaeometry</i> , 20/1, 1978, 39-46
TAYLOR ET AL. 1984	TAYLOR R.E. DONAHUE D.J., ZABEL T.H. ET AL., "Radiocarbon Dating by Particle Accelerator: an Archaeological Perspective", in <i>Archaeological Chemistry</i> 3, 1984, 333-356

## Perché?

Intriganti, complessi e talora irrisolvibili, i "perché" di una produzione ceramica possono esplicitarsi nel modo seguente: perché hanno usato quelle materie prime?, perché hanno preparato l'impasto, ad esempio con l'aggiunta di determinati componenti?, perché hanno conferito al vaso una data forma rispetto che un'altra? perché hanno applicato un dato rivestimento piuttosto che un altro? perché hanno impostato la produzione in un dato luogo? ecc. Le relazioni con le indagini di provenienza, con gli studi tecnologici e le determinazioni cronologiche sono inscindibili e ancor più stretto è il legame che deve unire le professionalità coinvolte nella ricerca.

## Come opero il restauro e/o come conservo il manufatto?

### *Le domande*

Le operazioni di restauro e conservazione dei manufatti ceramici comportano, in primo luogo, una fase diagnostica in cui viene determinata la composizione del manufatto (di cosa è composto il manufatto?) e valutata l'entità del degrado (qual è il suo stato di conservazione?). La seconda fase operativa comporta invece ulteriori domande inerenti, ad esempio, l'opportunità dell'intervento di restauro (il degrado è tale da dover intervenire con un restauro?), la validità dei materiali da impiegare per la pulizia delle superfici e per le integrazioni (quale materiale provoca minori alterazioni e al contempo permette la reversibilità dell'intervento?), l'adeguatezza degli ambienti preposti alla conservazione (dove e come conservo il reperto?).

### *Gli strumenti*

In questa sede occorre integrare le informazioni fornite dagli archeologi (soprattutto in merito alle condizioni di giacitura e alla restituzione di un tipo ceramico) con le informazioni acquisibili mediante la caratterizzazione dei manufatti ceramici (vedi sotto, il paragrafo sulle "tecniche analitiche") e con gli studi compiuti sui fenomeni di degrado e sulla compatibilità dei prodotti per il restauro. Oltre a ciò le operazioni di restauro e conservazione possono suggerire un ampio spettro di sperimentazioni e il coinvolgimento di altrettante discipline (ad esempio, la chimica organica e la biologia).

### *Le applicazioni*

I termini restauro e conservazione indicano di per sé i campi di applicazione dei risultati ottenuti in quest'ambito. Un'ulteriore osservazione riguarda le finalità di queste operazioni, ovvero lo studio e la restituzione dei tipi ceramici, nonché la loro conservazione e fruizione.

## Suggerimenti bibliografici (non solo ceramica)

Per iniziare:

FRANCOVICH *ET AL.* 1988      FRANCOVICH R., PARENTI R. (a cura di), *Archeologia e restauro dei monumenti*. Firenze 1988

Per un primo approfondimento (congressi e singoli contributi):

AAVV 1988      AAVV, *Atti della 2° Conferenza Internazionale sulle prove non distruttive, metodi microanalitici e indagini ambientali per lo studio e la conservazione delle opere d'arte. (Perugia, 17-20 aprile 1988)*. 2 volumi. Roma 1988

BANDINI 1994      BANDINI G., "Indagini analitiche propedeutiche al restauro di ceramiche antiche", in *Chimica, analisi e archeologia. Atti della Giornata di Studio promossa dalla Sezione Lazio della Società Chimica Italiana, Roma, 30 giugno 1993*. Roma 1994, 51-53

KARS 1998      KARS H., "Preserving our in situ Archaeological Heritage: a Challenge to the Geochemical Engineer", in *Journal of Geochemical Exploration* 62, 1998, 139-147

ASTRAPELLOU *ET AL.* 1999      ASTRAPELLOU M., STAVRAKAKIS M., KOUTSOURIS A. *ET AL.*, "Chromatic Changes in the Preparation Layers of Painted at Works in Unfavourable Environmental Conditions of Conservation", in *Revue d'Archéométrie* 23, 1999

## La selezione dei campioni

La selezione dei campioni da sottoporre ad indagine archeometrica rappresenta un'operazione estremamente delicata da cui dipende la qualità del risultato finale (vedi anche PICCIOLI 1998). Tale operazione è in funzione delle domande precedentemente formulate ma, al contempo, deve mantenere un buon grado di elasticità per favorire la risoluzione di domande impreviste.

I criteri da osservare sono molteplici e presuppongono un attento studio archeologico del repertorio in esame. Tra altri, la tipologia, l'evidenza epigrafica, il luogo di rinvenimento, il luogo di produzione, la cronologia e lo stato di conservazione rappresentano forse i criteri fondamentali per selezionare un contesto rappresentativo.

*I criteri per la selezione dei campioni: la tipologia*

Lo studio tipologico raccoglie le informazioni desumibili mediante lo studio morfologico e funzionale, l'analisi stilistica ed artistica delle superfici (prive o fornite di rivestimento) e la classificazione degli impasti. *La forma* di un reperto ceramico costituisce un criterio selettivo fondamentale quando si esaminano contesti eterogenei. Ad ogni modo, qualsiasi insieme di reperti ceramici deve essere ricondotto ad una tipologia nota od interna al contesto in esame, prima di essere campionato. Ultimato lo studio tipologico, la selezione dei campioni può avere inizio con l'enucleazione di un primo gruppo di campioni rappresentativi.

*L'analisi stilistica ed artistica* affina la selezione dei tipi in contesti eterogenei mentre può rappresentare un criterio primario quando si esamina una produzione morfologicamente uniforme. Lo studio delle caratteristiche del rivestimento è parte integrante dell'analisi stilistica e rappresenta un criterio selettivo importantissimo per gli studi tecnologici. Caratteristiche differenti nel colore, nella distribuzione e nell'applicazione del colore o nel decoro possono infatti fornire utili indicazioni per la ricostruzione del ciclo produttivo e per l'acquisizione dell'informazione funzionale. Per lo studio del rivestimento è utile descrivere innanzi tutto il tipo (vernice, smalto ecc.), la struttura (liscia, ruvida, granulosa, bollosa ecc.), lo stato di conservazione (ben conservato, alterato, disomogeneo, a luoghi), la tonalità (bianco, marrone, rosso, blu ecc.) e la distribuzione del colore (uniforme o non uniforme, netto o con sbavature, aree risparmiate, riflesso), il comportamento alla luce (lucente, opaco) e l'eventuale presenza di tracce di lavorazione (impronte digitali, tracce di lavorazione al tornio ecc.).

*La classificazione degli impasti* costituisce un ulteriore criterio, particolarmente utile per la selezione dei campioni in repertori morfologicamente e stilisticamente uniformi. Per evitare ingenuità e banalità, la classificazione degli impasti deve attenersi a un rigido ordine interno (magari con una creazione aprioristica delle risposte esigibili), deve essere condotta dalla/e stessa/e persona/e in condizioni di luce uniformi, deve essere verificata a distanza di tempo e deve essere considerata uno strumento di indagine macroscopica, talora largamente soggettivo.

Una scheda indicativa per la classificazione degli impasti deve contenere i settori per la descrizione del colore, della durezza, della frattura, della porosità, e degli inclusi. All'interno di ognuno di questi settori devono essere creati i campi descrittivi.

Il *colore* del corpo ceramico è indicativo della materia prima utilizzata, del ciclo produttivo effettuato e dello stato di conservazione del reperto. Per descrivere il colore è utile specificarne l'area di osservazione (in superficie alterata od in frattura fresca), la tonalità (marrone, rosso, arancione, rosa ecc.) e la distribuzione (uniforme o non uniforme ed in questo secondo caso, se a luoghi, al bordo, al nucleo, in parete esterna od interna). Qualora non si disponga di strumenti atti alla misurazione del colore (colorimetri), la determinazione ad occhio nudo deve essere ritenuta soggettiva — anche se riferita al *Munsell Book of Colors* (Munsell Color Co., Baltimore, MD, 1942).

La *durezza* è indicativa della materia prima utilizzata, del ciclo produttivo effettuato e dello stato di conservazione del reperto. Per descrivere la durezza è utile impiegare la scala di Mohs (CUOMO DI CAPRIO 1985, 51; VELDE ET AL. 1998, 158-160, 282-283).

La *frattura* è indicativa della materia prima utilizzata, della lavorazione dell'impasto e delle condizioni di giacitura. La terminologia descrittiva da impiegare è variabile. I termini regolare ed irregolare descrivono l'uniformità del comportamento in un medesimo corpo ceramico ma è utile specificare ulteriormente se la frattura è netta, a scaglie, concoide o quant'altro.

La *porosità* è indicativa della preparazione dell'impasto e del ciclo di cottura e raffreddamento subito dal reperto in fase produttiva. Nella descrizione è utile indicare la frequenza (scarsamente, mediamente e molto poroso), la forma (arrotondata o allungata) e le dimensioni dei vacuoli (piccoli, medi e grandi, variabili o omogenei). In questo caso, l'osservazione si presta ad essere largamente soggettiva ed è quindi opportuno descrivere la porosità dei campioni nell'arco di una medesima giornata o, per contesti numerosi, effettuando controlli incrociati (v. VELDE ET AL. 1998, 160-161, 282).



La *presenza di inclusi* è indicativa della materia prima utilizzata e di eventuali accorgimenti tecnici impiegati dai vasai per accrescere la resistenza allo *shock* termico o adattare il manufatto a determinate caratteristiche funzionali. Nella descrizione degli inclusi è utile descriverne la frequenza (rarissimi, rari, numerosi, numerosissimi), la forma (allungata, arrotondata), le dimensioni (piccole, medie, grandi) e la distribuzione all'interno del reperto (omogenea, aree di concentrazione ecc.). Da evitare la determinazione mineralogica degli inclusi quando non vi è l'esperienza necessaria e le dimensioni dei cristalli sono esigue.

*I criteri per la selezione dei campioni: l'evidenza epigrafica*

Numerose produzioni ceramiche (vasellame da mensa, anfore, laterizi, lucerne ecc.) recano l'iscrizione impressa o incisa. Ai fini della selezione dei campioni, la lettura di tale iscrizione risulta importantissima perché permette di operare un'ulteriore distinzione all'interno di tipologie uguali o aree geograficamente ristrette. D'altro canto l'adozione di questo criterio risulta di estrema importanza per le indagini di provenienza, dato che si è soliti assumere che a medesimo bollo — vale a dire l'iscrizione impressa — corrisponda il medesimo centro produttivo.

*I criteri per la selezione dei campioni: il luogo di rinvenimento*

I reperti possono esser stati rinvenuti mediante ricognizione di superficie o scavo stratigrafico, oppure possono far parte di collezioni museali. Il criterio selettivo legato al luogo di rinvenimento è quindi da commisurare alla scala territoriale e cronologica dell'intera ricerca. L'unità topografica (UT) costituisce l'unità di riferimento per i repertori rinvenuti mediante ricognizione di superficie mentre l'unità stratigrafica (US) costituisce l'unità di riferimento per i reperti rinvenuti mediante scavo archeologico. In questo secondo caso, l'unità stratigrafica è preferibile rispetto all'attività, alla fase od al periodo, per i quali si tracciano limiti interpretativi. La selezione dei campioni in base al luogo di rinvenimento può presentare maggiori difficoltà nel caso delle collezioni museali ma, in linea di massima, è possibile gestire il repertorio in esame come uno scavo archeologico o una ricognizione di superficie.

*I criteri per la selezione dei campioni: il luogo di produzione*

Il luogo di produzione può costituire sia una domanda di partenza che un criterio da osservare per la selezione dei campioni. Nel primo caso, i campioni devono essere selezionati secondo i luoghi di distribuzione. Le analisi avranno così modo di raggruppare i campioni secondo la loro composizione, individuare le aree produttive e favorire la ricostruzione delle vie della commercializzazione. Nel secondo caso invece, la campionatura è funzionale alla creazione dei "gruppi di riferimento" (vedi anche OLCESE 1993). La condizione ottimale in questo caso è rappresentata dall'indagine di un sito produttivo. Lo studio archeologico e le analisi chimiche e minero-petrografiche permettono infatti di creare uno o più gruppi di riferimento che vanno a costituire i parametri di confronto per le analisi dei contesti di distribuzione.

*I criteri per la selezione dei campioni: la cronologia*

La cronologia del manufatto può costituire sia una domanda di partenza che un criterio da osservare per la selezione dei campioni. Nel primo caso, i campioni vengono selezionati in base agli altri criteri disponibili, quali la tipologia, il luogo di rinvenimento ecc. Nel secondo caso invece, l'osservazione del criterio cronologico è indispensabile per ricostruire la storia di una produzione ceramica in senso diacronico. Occorre infatti tener presente che le indagini archeometriche devono usufruire di un campionario rappresentativo di tutti i periodi produttivi, specialmente nel caso in cui la produzione abbia lunga continuità di vita.

*I criteri per la selezione dei campioni: lo stato di conservazione*

Lo stato di conservazione del manufatto può costituire sia una domanda di partenza che un criterio da osservare per la selezione dei campioni. Nel primo caso, la selezione dei campioni deve essere rappresentativa di tutti i fenomeni riconducibili alla fase postdeposizionale. Nel secondo

caso, invece, è importante tener presente che lo stato di conservazione dei corpi ceramici e dei rivestimenti influisce nei risultati analitici e deve essere quindi studiato e descritto (ATTAS *ET AL.* 1982; BEARAT 1998; BUXEDA I GARRIGOS 2001; LEMOINE *ET AL.* 1982; PICON 1985, 1991; PICON – RICQ 1986).

### Riferimenti bibliografici

- ATTAS *ET AL.* 1982 ATTAS M., FOSSEY J.M., YAFFE L., “Variations of Ceramic Compositions with Time: a Test Case using Lakonian Pottery”, in *Archaeometry* 24, 1982, 181-190
- BEARAT *ET AL.* 1988 BEARAT H., DUFOURNIER D., NGUYEN N. *ET AL.*, “Influence de NaCl sur la couleur et la composition chimique des pâtes céramiques calcaires au cours de leur cuisson”, in *Revue d'Archéométrie* 13, 1988
- BUXEDA I GARRIGOS 1999 BUXEDA I GARRIGOS J., “Alteration and Contamination of Archaeological Ceramics. The Perturbation Problem”, in *Journal of Archaeological Science* 26, 1999, 295-313
- BUXEDA I GARRIGOS 2001 BUXEDA I GARRIGOS J., “Chemical and Mineralogical Alteration of Ceramics from a Late Bronze Age Kiln at Kommos, Crete: the Effect on the Formation of a Reference Group”, in *Archaeometry* 43/3, 2001, 349-371
- CUOMO DI CAPRIO 1985 CUOMO DI CAPRIO N., *La ceramica in Archeologia. Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*. Roma 1985
- LEMOINE *ET AL.* 1982 LEMOINE C., PICON M., “La fixation du phosphore par les céramiques lors de leur enfouissement et ses incidences analytiques”, in *Revue d'Archéométrie* 6, 1982, 101-112
- OLCESE 1993 OLCESE G., “Il contributo delle analisi di laboratorio allo studio e alla classificazione della ceramica in archeologia”, in *Archeometria della Ceramica. Problemi di Metodo. Atti 8° SIMCER – Simposio Internazionale della Ceramica (Rimini, 10-12 novembre 1992)*. Bologna 1993, 35-53
- PICCIOLI 1998 PICCIOLI C., “Questioni di organizzazione, campionamento e campionatura in Archeometria”, in D'AMICO C., ALBORE LIVADIE C. (a cura di), *Le Scienze della Terra e l'Archeometria*. Napoli 1998, 165-170
- PICON 1985 PICON M., “Un exemple de pollution aux dimensions kilométriques: la fixation du barium par les céramiques”, in *Revue d'Archéométrie* 9, 1985, 27-29
- PICON 1991 PICON M., “Quelques observations complémentaires sur les altérations de composition des céramiques au cours du temps: cas de quelques alcalins et alcalino-terreux”, in *Revue d'Archéométrie* 1991
- PICON *ET AL.* 1986 PICON M., RICQ J.C., “Un exemple d'altération de la composition des amphores massaliètes: le cas d'Olbia”, in *Archéologie du Midi méditerranéen* 12, 1986, 65-67

### La campionatura

Il distacco del campione deve essere effettuato secondo le indicazioni dello scienziato che conduce le analisi. Differenti tecniche analitiche richiedono differenti quantità e preparazioni del materiale in esame. In alcuni casi il campione non viene manipolato (analisi non distruttive), in altri invece viene segato e molato, oppure polverizzato (analisi paradistruttive e distruttive). Talora la polvere viene ulteriormente elaborata mediante fusione o attacco in soluzione acida o pressatura. Per i motivi sopra esposti, la campionatura deve ovviare a tre tipi di rischio: l'insufficienza del campione, l'inadeguatezza del frammento distaccato e la contaminazione in fase di prelievo.

La quantificazione dei campioni viene omessa volontariamente. I calcoli statistici da effettuare sui dati analitici necessitano frequentemente di almeno 30 campioni ma l'imposizione aprioristica di un numero è procedura arbitraria.

### Le tecniche analitiche

Le indagini archeometriche usufruiscono delle tecniche analitiche comunemente impiegate per lo studio dei materiali organici ed inorganici. Le più comuni tecniche analitiche impiegate per lo studio dei manufatti ceramici possono essere suddivise in base alla fonte di sollecitazione del campione (fotoni, elettroni, protoni ecc.), in base all'area indagabile (analisi macroscopiche e microscopiche), in base alle modalità di preparazione del campione (distruttiva, paradistruttiva, non distruttiva) oppure, come esposto in queste pagine, in base al tipo di indagine archeometrica per cui sono solite essere impiegate (provenienza, tecnologia, conservazione e datazione).

*Alcune tecniche impiegate per le indagini di provenienza, di tecnologia e di conservazione*

La *microscopia ottica* (*optical microscopy – OM*) in luce polarizzata su sezione sottile è la tecnica più comunemente impiegata ed economica. L'analisi consente la determinazione qualitativa delle fasi minerali e l'acquisizione di informazioni strutturali. La preparazione del campione prevede l'esecuzione della sezione sottile, ovvero di una pellicola (4-6 cm<sup>2</sup>) estremamente sottile (30 micron) fissata su di un vetrino porta-oggetto mediante un collante. L'analisi richiede in media alcune ore per campione e fa parte del gruppo delle tecniche paradistruttive (la sezione sottile può essere ulteriormente indagata mediante altre tecniche). I costi sono difficilmente calcolabili ma si aggirano attorno ai 15-20 € per la preparazione del campione. In archeometria, la microscopia ottica è impiegata non solo per lo studio delle ceramiche ma anche di moltissimi altri tipi di reperti, organici ed inorganici (BETTS 1991; CAPELLI *ET AL.* 1998; CUOMO DI CAPRIO 1985, 197-201; CUOMO DI CAPRIO *ET AL.* 1993; MANNONI 1994; MANNONI *ET AL.* 1990; WHITEBREAD 1986).

La *microscopia elettronica a scansione* (*Scanning Electron Microscopy – SEM*) è una tecnica largamente utilizzata e disponibile. La strumentazione consente di eseguire analisi strutturali e di determinare la composizione elementare a scala micrometrica. Tuttavia, l'analisi degli elementi con numero atomico inferiore a 8 deve essere considerata con cautela. La preparazione del campione può limitarsi alla metallizzazione (il campione deve essere reso conduttivo) o prevedere l'esecuzione di una sezione lucida (per frammenti di grandi dimensioni o superfici curvilinee). L'analisi richiede in media alcune ore per campione e consiste di cinque fasi: 1) un filamento di tungsteno produce un fascio di elettroni che colpisce il campione in condizioni di vuoto (il vuoto è necessario per evitare la collisione con le molecole d'aria e la conseguente deviazione degli elettroni); 2) produzione, tra altro, di elettroni secondari e retrodiffusi; 3) gli elettroni secondari e retrodiffusi vengono raccolti dal rilevatore e convertiti in segnali elettrici; 4) il *software* converte i segnali elettrici in *pixels* e si ottiene l'immagine della superficie del campione; 5) la microanalisi permette l'analisi semi-quantitativa della composizione chimica della superficie del campione. La microscopia elettronica a scansione fa parte del gruppo delle tecniche non distruttive e paradistruttive. I costi sono difficilmente calcolabili ma si aggirano attorno ai 75 € l'ora. In archeometria, la microscopia elettronica a scansione è impiegata non solo per lo studio delle ceramiche ma anche di moltissimi altri tipi di reperti (OLSEN 1988; RUSSO 1990, 172-179; VELDE *ET AL.* 1998, 271).

La *microscopia elettronica a trasmissione* (*Transmission Electron Microscopy – TEM*) è una tecnica scarsamente disponibile e relativamente dispendiosa. L'analisi consente altresì di effettuare analisi elementari ed in diffrazione ad alta risoluzione (*High Resolution Transmission Electron Microscopy – HR TEM*). Rispetto al *SEM*, la scala di osservazione è nanometrica, l'energia conferita agli elettroni è molto più alta e l'immagine è il risultato del passaggio degli elettroni attraverso il campione. La preparazione del campione prevede il distacco e l'assottigliamento di una porzione minuscola di campione (diametro: 2 mm; spessore: non più di poche centinaia di nm). La microscopia elettronica a trasmissione può rientrare nel gruppo delle tecniche non distruttive per l'esigua quantità di campione necessaria all'indagine. In archeometria, la microscopia elettronica a trasmissione è prevalentemente impiegata per lo studio dei rivestimenti ceramici quali le vernici e gli smalti (BARBER *ET AL.* 1990; VELDE *ET AL.* 1998, 272; PEREZ-ARANTEGUI *ET AL.* 2000).

La *microsonda elettronica* (*Electron Probe MicroAnalysis – EPMA*) è una tecnica mediamente disponibile ed economica. Analogamente al *SEM*, la strumentazione richiede una simile preparazione del campione, opera sotto vuoto, consente l'acquisizione di immagini e la caratterizzazione chimica dei materiali. Diversamente dal *SEM*, l'intensità dei raggi X secondari è più elevata, i tempi di analisi sono più lunghi, l'accuratezza del risultato è maggiore. La microsonda elettronica fa parte del gruppo delle tecniche paradistruttive. In archeometria, è impiegata per lo studio di numerosi tipi di materiali archeologici, ceramici e non (FREESTONE 1982; KAMILLI *ET AL.* 1979; MAGGETTI 1990, in particolare 67-69; VELDE *ET AL.* 1998, 276-277).

La *micro-spettroscopia Raman* (*Raman Micro-Spectroscopy*) è una tecnica mediamente disponibile, economica e molto veloce. La versatilità della tecnica permette di analizzare *in situ* composti organici e inorganici, senza bisogno di alcuna preparazione del campione. L'analisi richiede tempi variabili da alcuni secondi ad alcuni minuti. La spettroscopia Raman fa parte del gruppo delle tecniche non distruttive. I costi sono difficilmente calcolabili ma si aggirano attorno ai 50 € all'ora. In archeometria, la spettroscopia Raman è prevalentemente impiegata per lo studio dei pigmenti e l'analisi dei rivestimenti ceramici (NGUYEN QUANG LIEM *ET AL.* 2000; COLOMBAN 2001).

La *spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier* (*Fourier Transform Infra-red Spectroscopy – FTIR*) è una tecnica mediamente disponibile, relativamente economica e veloce. Consente l'analisi qualitativa e semi-quantitativa di composti organici ed inorganici, fornendo una cosiddetta “impronta digitale” del composto in esame. La preparazione del campione prevede la fine macinatura del campione, nonché la dispersione in olio o la pressatura della polvere. In archeometria, la spettroscopia infrarossa è impiegata per lo studio delle ceramiche, delle resine naturali quali l'ambra, dei pigmenti, della carta e degli inchiostri ecc. (ADROVER GRACIA 2001; AGOZZINO *ET AL.* 1995; VELDE *ET AL.* 1998, 274-276).

La *spettroscopia Mössbauer* (*Mössbauer Spectroscopy*) è una tecnica scarsamente disponibile, relativamente economica ma lenta. L'analisi consente di caratterizzare i composti del ferro e stabilire il rapporto  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ . La preparazione del campione richiede la macinatura di un'esigua quantità in peso. La spettroscopia Mössbauer fa parte del gruppo delle tecniche distruttive, anche se nuovi sviluppi sono attesi nel prossimo futuro. In archeometria, la spettroscopia Mössbauer è prevalentemente impiegata per lo studio delle ceramiche, sia per indagini di provenienza che per la ricostruzione della tecnologia produttiva (FEATHERS *ET AL.* 1998; GANCEDO *ET AL.* 1985; HESS *ET AL.* 1974; LAZZARINI *ET AL.* 1980; MANIATIS *ET AL.* 1981, 1982; VELDE *ET AL.* 1998, 254-257, 280).

La *diffrazione a raggi X* (*X-Ray Diffraction – XRD*) è una tecnica largamente disponibile, relativamente economica e veloce. La sensibilità della tecnica è variabile in base al tipo di strumentazione impiegata (1% circa). L'analisi consente il riconoscimento delle fasi cristalline e delle percentuali amorfe, allo stato solido o liquido. La preparazione del campione può essere nulla (analisi del campione tal quale) o richiedere la polverizzazione di una minima quantità di campione (< 1g). L'analisi richiede in media circa 45 minuti per campione e consiste di 4 fasi: 1) il campione viene irraggiato con raggi X; 2) il campione diffrange i raggi X secondo angoli caratteristici della sostanza stessa (vale a dire secondo angoli legati alle dimensioni del reticolo cristallino); 3) il rivelatore misura la posizione e l'intensità dei raggi diffratti; 4) l'identificazione di una data sostanza all'interno del campione è ottenuta per confronto tra le misure ottenute e gli standard, mentre l'abbondanza di una sostanza viene determinata attraverso più o meno complessi metodi matematici, che presuppongono la precedente identificazione delle fasi presenti nel campione. La diffrazione a raggi X fa parte del gruppo delle tecniche non distruttive (analisi del campione tal quale) e paradistruttive (analisi della polvere). I costi sono difficilmente calcolabili ma si aggirano attorno ai 50 € per campione. In archeometria, la diffrazione a raggi X è comunemente impiegata non solo per lo studio delle ceramiche ma anche di moltissimi altri tipi di reperti (CUOMO DI CAPRIO 1985, 201-207; VELDE *ET AL.* 1998, 273-274).

La *fluorescenza a raggi X* (*X-Ray Fluorescence – XRF*) è una tecnica largamente disponibile, relativamente economica e veloce. La versatilità della tecnica è tale da permettere l'esecuzione di analisi in vuoto (=in laboratorio) e in aria (= *in situ*). La sensibilità varia in base al tipo di strumentazione impiegata e alle condizioni di analisi (circa 1 ppm per analisi in vuoto, 1000 ppm per analisi in aria). L'analisi in vuoto consente di rilevare e quantificare tutti gli elementi chimici dal Boro all'Uranio, mentre l'analisi in aria ha un limite di rilevabilità maggiore. La preparazione del campione può essere nulla (inserimento del campione tal quale se sufficientemente piccolo) o richiedere la polverizzazione (pasticca) e talvolta la fusione (pillola di vetro) di una quantità

variabile in peso (< 7 g). L'analisi richiede in media circa 45 minuti per campione e consiste di quattro fasi: 1) il campione viene irraggiato con raggi X (primari); 2) l'energia assorbita dagli elementi è ri-emessa sotto forma di fluorescenza (=raggi X secondari); 3) la lunghezza d'onda caratteristica di ogni elemento e la sua intensità sono misurate per mezzo di un *detector*; 4) la composizione (peso % per gli elementi maggiori, ppm per gli elementi minori e le tracce) è ottenuta per confronto tra le intensità misurate e le intensità standard. La fluorescenza a raggi X fa parte del gruppo delle tecniche non distruttive (analisi del campione tal quale), e distruttive (preparazione in pillole di vetro). I costi sono difficilmente calcolabili ma si aggirano attorno ai 50 € per campione. In archeometria, la fluorescenza a raggi X è comunemente impiegata per lo studio delle ceramiche ma anche di moltissimi altri tipi di reperti (CUOMO DI CAPRIO 1985, 239-244; GALETTI 1994; MAGGETTI 1990, in particolare 66-68; PICON 1988; SCHNEIDER 2000; VELDE *ET AL.* 1998, 278).

La *spettrometria di massa a emissione a plasma con accoppiamento induttivo (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry – ICP-MS)* è una tecnica più sensibile (10 ppb) ed accurata rispetto allo XRF ma non è altrettanto disponibile. Consente di determinare e quantificare gli elementi maggiori, minori ed in traccia — dal Litio all'Uranio — di materiali solidi e liquidi. La preparazione del campione prevede la polverizzazione e l'attacco di soluzione acida di una minima porzione di campione. In archeometria, la spettrometria di massa è impiegata non solo per lo studio delle ceramiche ma anche di moltissimi altri tipi di reperti (MIRTI *ET AL.* 1995; PORAT *ET AL.* 1991).

L'*attivazione neutronica (Neutron Activation Analysis – NAA)* è una tecnica analitica nucleare, ancor più veloce, sensibile (0.01 ppm) e accurata rispetto alle XRF e ICP-MS, ma ancor meno diffusa in quanto necessita di un reattore nucleare. Consente di determinare e quantificare gli elementi maggiori, minori e in traccia. La preparazione del campione può essere nulla (inserimento dell'oggetto tal quale se sufficientemente piccolo) o richiedere il distacco di una porzione del manufatto (0.1 g). L'analisi consiste di tre fasi: 1) l'irraggiamento del campione con neutroni molto energetici rende instabili gli elementi (creazione degli isotopi radioattivi di ciascun elemento); 2) l'energia assorbita dagli elementi è ri-emessa sotto forma di raggi  $\gamma$  quando questi tentano di tornare alla stabilità; 3) l'energia caratteristica di ogni elemento è misurata per mezzo di un *detector*. L'attivazione neutronica può rientrare nel gruppo delle tecniche paradistruttive in quanto l'irraggiamento rende il campione radioattivo per molti anni. I costi sono difficilmente calcolabili ma possono facilmente superare i 35 \$ per campione. In archeometria, l'attivazione neutronica è impiegata per lo studio delle ceramiche ma anche di moltissimi altri tipi di reperti (BETTS 1991; CUOMO DI CAPRIO 1985, 245-259; HUGHES *ET AL.* 1991; MAGGETTI 1990, in particolare 67-68; MOMMSEN 1992; PEÑA 1993; PERLMAN *ET AL.* 1969; PORAT *ET AL.* 1991; TAYLOR *ET AL.* 1996; VELDE *ET AL.* 1998, 279-280).

Altre tecniche impiegate per la caratterizzazione delle ceramiche archeologiche sono l'analisi *PIXE (Particle Induced X-ray Emission)* e *PIGME (Particle Induced  $\gamma$ -ray Emission)*, la spettrometria ad assorbimento atomico (*Atomic Absorption Spectrometry – AAS*), le tecniche legate alla radiazione di sincrotrone (*SR techniques*), l'analisi termica (*Differential Thermal Analysis – DTA*) (CUOMO DI CAPRIO 1985, 209-236, 289-295; VELDE *ET AL.* 1998, 274, 279).

#### *Alcune tecniche impiegate per la datazione dei manufatti ceramici*

La *termoluminescenza (Thermoluminescence – TL)* è la tecnica attualmente più efficace per la datazione dei manufatti ceramici. La proprietà di alcuni minerali di emettere luce all'esposizione al riscaldamento costituisce il principio di questa tecnica. L'accuratezza può essere mediamente stimata intorno al 10% mentre i suoi limiti possono essere riassumibili come segue: 1) dato che l'anno 0 del reperto è rappresentato dall'ultima esposizione al calore, occorre preventivare che questa può essersi verificata anche a causa di un incendio e non necessariamente con la cottura del manufatto; 2) il materiale in esame deve contenere minerali termoluminescenti quali il quarzo e i feldspati; 3) il campione da sottoporre ad analisi non deve esser stato precedentemente irraggiato mediante altra tecnica (raggi X ad esempio) (AITKEN 1985; ALBORE LIVADIE *ET AL.*

1998; CUOMO DI CAPRIO 1985, 272-288; FLEMING 1973; VELDE *ET AL.* 1998, 280-282; ZIMMERMAN 1971). Altre tecniche impiegate per datare un manufatto ceramico sono, ad esempio, le tracce di fissione (*Fission-Track Dating*) e la *Alpha-recoil Track* (GARRISON *ET AL.* 1978).

### Riferimenti bibliografici

- ADROVER GRACIA 2001 ADROVER GRACIA I., *Applicazioni della spettrofotometria IR allo studio dei beni culturali (Collana I Talenti n. 9)*. Padova 2001
- AGOZZINO *ET AL.* 1995 AGOZZINO, DONATO I.D., MAJOLINO D., MIGLIARDO, MUSOLINO A.M., RIVAROLA E., TUSA S., "Raman and FTIR Microspectroscopy on Neolithic Pigments and Ceramics", *The Ceramics Cultural Heritage* 1995, 555-562
- AITKEN 1985 AITKEN M. J., *Thermoluminescence Dating* London 1985
- ALBORE LIVADIE *ET AL.* 1998 ALBORE LIVADIE C., CARBONARA F., MARTUCCI A., "Indagine per termoluminescenza sulle fornaci protoappenniniche dell'insediamento della Starza (Iriano Irpino, AV)", in D'Amico C., Albores Livadie C. (a cura di), *Le Scienze della Terra e l'Archeometria*, Napoli 1998, 278-282
- BETTS 1991 BETTS I.M., "Thin Section and Neutron Activation Analysis of Brick and Tile from York and Surroundings Sites", in MIDDLETON A., FREESTONE I. (a cura di), *Recent Developments in Ceramic Petrology (British Museum, Occasional Paper 81)*. London 1991, 39-62
- CAPELLI *ET AL.* 1998 CAPELLI C., MANNONI T., "Proposte per una classificazione degli impasti ceramici mediante gruppi minero-petrografici dello scheletro, correlabili alla geologia delle aree produttive", in D'AMICO C., ALBORE LIVADIE C. (a cura di), *Le Scienze della Terra e l'Archeometria*. Napoli 1998, 123-125
- COLOMBAN *ET AL.* 2001 COLOMBAN, SAGON G., FAUREL X., "Differentiation of Antique Ceramics from the Raman Spectra of their Coloured Glazes and Paintings", in *Journal of Raman Spectroscopy* 32, 2001, 351-360
- CUOMO DI CAPRIO 1985 CUOMO DI CAPRIO N., *La ceramica in Archeologia. Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*. Roma 1985
- CUOMO DI CAPRIO *ET AL.* 1993 CUOMO DI CAPRIO N., VAUGHAN S.J., "An Experimental Study in Distinguishing Grog (Chamotte) from Argillaceous Inclusions in Ceramic Thin Section", in *Archaeomaterials* 7, 1993, 21-40
- FEATHERS *ET AL.* 1998 FEATHERS J.F., BERHANE M., MAY L., "Firing Analysis of Southeastern Missouri Prehistoric Pottery using Mossbauer Spectroscopy", in *Archaeometry* 40, 1998, 59-70
- FLEMING 1973 FLEMING S.J., "The Pre-dose Technique: a New Thermoluminescent Dating Method", in *Archaeometry*, 15/1, 1973, 130-130.
- FREESTONE 1982 FREESTONE I.C., "Applications and Potential of Electron Probe Micro-analysis in Technological and Provenance Investigations of Ancient Ceramics", in *Archaeometry* 24/2, 1982, 99-116
- GALETTI 1994 GALETTI G., "Analisi di ceramica antica con fluorescenza X - confronto dei risultati di tre laboratori", in *Proceedings of 1<sup>st</sup> European workshop on archaeological ceramics*. Roma, 1991 (1994), 205-215
- GANCEDO *ET AL.* 1985 GANCEDO J.R., GARCIA M., HERNANDEZ-LAGUNA A. *ET AL.*, "Mössbauer Spectroscopic, Chemical and Mineralogical Characterization of Iberian Pottery", in *Archaeometry* 27/1, 1985, 75-82
- GARRISON *ET AL.* 1978 GARRISON E.G., MC GIMSEY C.R., ZINKE O.H., "Alpha-recoil Tracks in Archaeological Ceramic Dating", in *Archaeometry* 20/1, 1978, 39-46
- HESS *ET AL.* 1974 HESS J., PERLMAN I., "Mossbauer Spectra of Iron in Ceramics and their Relation to Pottery Colours", in *Archaeometry* 16/2, 1974, 137-152
- HUGHES *ET AL.* 1991 HUGHES M.J., COWELL M.R. & COOK D.R., *Neutron Activation and Plasma Emission Spectrometric Analysis in Archaeology (Occasional Paper 82)*. London 1991
- KAMILI *ET AL.* 1979 KAMILI D.C., LAMBERG-KARLOVSKY C.C. "Petrographic and Electron Microprobe Analysis of Ceramics from Tepe Yahya, Iran", in *Archaeometry* 21, 1979, 47-60
- LAZZARINI *ET AL.* 1980 LAZZARINI L., CALOGERO S., BURRIESCI M. *ET AL.*, "Chemical Mineralogical and Mössbauer Studies of Venetian and Paduan Renaissance sgraffito ceramics", in *Archaeometry* 22/1, 1980, 57-68
- MAGGETTI 1990 MAGGETTI M., "Il contributo delle analisi chimiche alla conoscenza delle ceramiche antiche", in MANNONI T., MOLINARI A. (a cura di), *Scienze in Archeologia*. Firenze 1990, 65-88.
- MANIATIS *ET AL.* 1981 MANIATIS Y., SIMOPOULOS A., KOSTIKAS A., "Mössbauer Study of the Effect of Calcium Content on Iron Oxide Transformations in fired Clays", in *Journal of American*

- Ceramic Society* 64/5, 1981, 263-269
- MANIATIS *ET AL.* 1982 MANIATIS Y., SIMOPOULOS A., KOSTIKAS A., "The Investigation of Ancient Ceramic Technologies by Mossbauer Spectroscopy", in OLIN J.S., FRANKLIN A.D. (a cura di), *Archaeological Ceramics: Papers Presented at a Seminar on Ceramics as Archaeological Material Held at the Smithsonian Institution*. Washington 1982, 97-108
- MANNONI 1994 MANNONI T., "I metodi petrografici tradizionali dopo venticinque anni", in MANNONI T. (a cura di), *Archaeometria. Geoarcheologia dei manufatti*. Genova 1994, 456-458
- MANNONI *ET AL.* 1990 MANNONI T., SFRECOLA S., "Esercizi di microscopia dei reperti ceramici", in MANNONI T., MOLINARI A. (a cura di), *Scienze in Archeologia*. Firenze 1990, 137-141
- MIRTI *ET AL.* 1995 MIRTI P., CASOLI A., BARRA BAGNASCO M. *ET AL.*, "Fine Ware from Locri Epizephiri: a Provenance Study by Inductively coupled Plasma Emission Spectroscopy", in *Archaeometry* 37/1, 1995, 41-51
- MOMMSEN *ET AL.* 1992 MOMMSEN H., BEIR T., DIEHL U. *ET AL.*, "Provenance Determination of Mycenaean Sherds found in Tell el Amarna by Neutron Activation Analysis", in *Journal of Archaeological Science* 19, 1992, 295-302
- NGUYEN QUANG *ET AL.* 2000 NGUYEN QUANG LIEM, SAGON G. *ET AL.*, "Raman Study of the Microstructure, Composition and Processing of Ancient Vietnamese (Proto) Porcelains and Celadons (13-16<sup>th</sup> Centuries)", in *Journal of Raman Spectroscopy* 31, 2000, 833-842
- OLSEN 1988 OLSEN S.L. (a cura di), *Scanning Electron Microscopy in Archaeology (BAR -S452)*. Oxford 1988
- PEÑA 1993 PEÑA J.T., "Two Studies of the Provenience of Roman Pottery through Neutron Activation Analysis", in HARRIS W.V. (a cura di), *The Inscribed Economy*. Ann Arbor 1993, 108-119
- PEREZ-ARANTEGUI *ET AL.* 2000 PEREZ-ARANTEGUI J., MOLERA J., LARREA A. *ET AL.*, "Lustre Pottery from the 13th to the 16th Century: a Nanostructured Thin Metallic Film", in *Journal American Ceramic Society* 84, 2000, 442-446
- PERLMAN 1969 PERLMAN I., ASARO F., "Pottery Analysis by Neutron Activation", in *Archaeometry* 1969, 11, 21-52
- PICON 1988 PICON M., "Sur l'origine de quelques groupes de céramiques d'Olbia: céramiques à vernis noir, céramiques de cuisine, céramiques à pâte claire", in BATS M. (a cura di), *Vaisselle et alimentation à Olbia de Provence (v. 350-v. 50 av. J.-C.)*. Paris 1988, 249-265
- PORAT *ET AL.* 1991 PORAT N., YELLIN J., HELLER-KALLAI HALICZ L., "Correlation between Petrography, NAA and ICP Analyses: Application to Early Bronze Egyptian Pottery from Canaan", in *Geoarchaeology* 2, 1991, 133-149
- RUSSO 1990 RUSSO G., "Sulle metodiche microanalitiche condotte con microscopi elettronici a scansione e su alcuni risultati ottenuti nell'indagine del numerario imperiale romano", in MANNONI T., MOLINARI A. (a cura di), *Scienze in Archeologia*. Firenze, 1990, 65-88 ma in particolare 171-192
- SCHNEIDER 2000 SCHNEIDER G., "X-ray Fluorescence Analyses of Vernice nera, Sigillata and Firmalampen from North Italy", in BROGIOLO G., OLCESE G. (a cura di), *Produzione ceramica in area padana tra il II secolo a.C. e il VII secolo d.C.: nuovi dati e prospettive di ricerca. Convegno Internazionale di Desenzano del Garda, 8-10 aprile 1999*. Mantova 2000, 103-106
- TAYLOR *ET AL.* 1996 TAYLOR R.J., ROBINSON V.J., "Neutron Activation Analysis of Roman African Red Slip Ware Kilns", in *Archaeometry* 38, 1996, 231-243
- VELDE *ET AL.* 1998 VELDE B., DRUC I. C., *Archaeological Ceramic Materials*. Heidelberg 1998
- WALTER *ET AL.* 1990 WALTER V., BESNUS Y., "Reconnaissance des traces de microorganismes dans des céramiques archéologiques a l'aide de restes de pyrite transformée", in *Revue d'Archéométrie* 1990
- WHITEBREAD 1986 Whitebread I.K., "The Characterisation of Argillaceous Inclusions in Ceramic Thin Sections", in *Archaeometry* 28/1, 1986, 79-88
- ZIMMERMAN 1971 ZIMMERMAN D.W., "Thermoluminescent Dating using Fine Grains from Pottery", in *Archaeometry* 13/1, 1971, 29-56

### Ulteriori suggerimenti bibliografici: le riviste specializzate

*Archaeometry*, The Bulletin of the Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, Oxford University

*Berliner Beiträge zur Archäometrie*, Staatliche Museen, Berlin

*Journal of Archaeological Science*, London

*Journal of Cultural Heritage*, Elsevier, Paris

*Masca Journal*, Museum Applied Science Center for Archaeology, The University of Pennsylvania

*PACT, Journal of the European Study Group on Physical, Chemical and Mathematical Techniques applied to Archaeology*,  
Strasbourg, Council of Europe  
*Revue d'Archéométrie, Bulletin de liaison du groupe des méthodes physiques et chimiques de l'archéologie*, Université de Rennes  
*Studies in Conservation, The journal of the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works*, London

\* \* \*