

ANALISI DELLA TERMOLUMINESCENZA

NININA CUOMO DI CAPRIO

Milano

Uno dei principali problemi che l'archeologo è chiamato ad affrontare riguarda la datazione dei reperti fittili. In linea generale gli elementi stilistici forniscono una traccia sicura per datare la ceramica, e a volte è possibile individuare con precisione pressoché assoluta l'epoca di produzione di un reperto archeologico.

Vi sono però dei casi in cui manca la possibilità di appoggiarsi all'aspetto stilistico, per esempio per la ceramica domestica rinvenuta senza alcun dato stratigrafico allo stato di cocciame.

Altri casi che l'archeologo è chiamato a risolvere e che, seppure di minore importanza sotto l'aspetto scientifico, rivestono un notevole interesse dal lato pratico, sono il riconoscimento dell'autenticità o meno di oggetti di provenienza clandestina o dal mercato di antiquariato.

A questi interrogativi risponde un moderno metodo di indagine che la scienza sta mettendo a punto: l'analisi della **termoluminescenza** (TL), che può arrivare ad indicare la datazione di un reperto fittile con un margine di errore del 10% e che può essere applicata con molto successo per l'individuazione delle contraffazioni archeologiche.

Nei tempi passati per esaminare il materiale archeologico si usavano metodi chimici che implicavano la necessità di danneggiare il campione sottoposto all'esame. Soltanto negli ultimi venti anni sono state sviluppate delle tecniche non distruttive, e si deve principalmente al Research Laboratory dell'Università di Oxford lo studio e l'applicazione in campo archeologico del fenomeno della TL, fenomeno presentato da molti minerali in forma più o meno accentuata.

Le indagini, raffinate e di alta precisione, richiedono personale specializzato e un complesso notevole di apparecchiature, il che, per il momento, limita il numero dei laboratori adeguatamente attrezzati: possiamo citare il Research Laboratory del British Museum a Londra, e, naturalmente, il Research Laboratory di Oxford a cui spetta il merito di continuare gli studi per apportare ulteriori perfezionamenti alle tecniche di ricerca, e di rendere tempestivamente noti i risultati agli studiosi tramite pubblicazioni sulla rivista *Archaeometry*. A Milano, in collaborazione con un gruppo di ricerca dell'Istituto di Fisica dell'Università di Milano, stiamo mettendo a punto l'apparecchiatura che ci permetterà di condurre questo tipo di indagine.

In occasione del Convegno di Lubiana dei Fautores, chi scrive queste note intende dare il suo modestissimo contributo al problema illustrando, seppure sommariamente, non

essendo né un fisico né un chimico, la metodologia dell'analisi per una più vasta conoscenza di questo particolare metodo di indagine da parte degli archeologi.

L'analisi della TL si basa sul principio che l'argilla contiene nella misura di alcune ppm delle impurità radioattive (uranio, torio e potassio 40) che emettono radiazioni alpha, beta e gamma in misura proporzionale alla loro concentrazione. Le radiazioni, assorbite dai minerali circostanti e in particolare dal quarzo, ne ionizzano gli atomi: gli elettroni così rilasciati si fermano in livelli più energetici e metastabili, provocando in tal modo un accumulo di energia.

A temperatura normale gli elettroni restano negli stati metastabili; dietro sollecitazione termica (riscaldando il campione durante l'analisi a 300/350°) gli elettroni ricadono su livelli più stabili con emissione di fotoni: la luce emessa costituisce il fenomeno della TL ed è proporzionale alla dose complessiva di radiazioni ricevute e al tempo di durata dell'irraggiamento.

La cottura rappresenta per gli oggetti fittili l'anno zero in quanto annulla l'energia accumulata dall'argilla nei tempi geologici; da quel momento si inizia il nuovo accumulo che avviene in quantità pressoché costante nel tempo, creando di conseguenza condizioni di TL. Pertanto all'analisi il campione risulterà avere immagazzinato una quantità di energia proporzionale al tempo trascorso da quando è avvenuta la sua cottura, e la luminescenza emessa darà la misura dell'accumulo avvenuto.

Per eseguire l'analisi della TL occorre acquisire i seguenti dati essenziali:

a Determinazione della «dose equivalente», cioè della quantità totale di radiazioni che l'oggetto fittile ha ricevuto dalla sua cottura ad oggi.

b, 1. Determinazione della dose di accumulo interno annuale, calcolata in base all'attività delle radiazioni alpha e beta emesse dai radioisotopi interni.

b, 2. Determinazione della dose di accumulo ambientale annuale, calcolata in base all'attività delle radiazioni beta e gamma emesse dai radioisotopi del terreno di rinvenimento.

b, 3. Calcolo dell'incidenza dei raggi cosmici.

Ampliando i punti sopra enunciati possiamo dire che:

a la «dose equivalente» è ricavata dal confronto della TL naturale con la TL artificiale dell'oggetto in esame.

Per misurare la TL naturale si utilizza un'apparecchiatura costituita essenzialmente da un fotomoltiplicatore collegato tramite una catena elettronica ad un registratore. Il campione, ricavato con molta cura e particolari accorgimenti per non alterarne le caratteristiche, è posto sopra un disco di grafite e riscaldato in atmosfera di azoto per impedire l'insorgere di luminescenza spuria. Il riscaldamento avviene a temperatura controllata, e la luce emessa dal campione è misurata dal fotomoltiplicatore che mediante il registratore ne indica la curva su un grafico.

Per ottenere la TL artificiale si sottopone il campione ad una dose prestabilita di radiazioni emesse da una sorgente radioattiva artificiale.

In tale maniera si controlla il grado di sensibilità del campione al flusso di radiazioni nucleari, e si verifica la sua maggiore o minore capacità di accumulare energia, e quindi creare condizioni di TL.

Ottenuto il grafico della TL naturale e della TL artificiale, le due curve vengono poste a confronto, e con apposito calcolo si rileva la «dose equivalente», cioè la dose totale di radiazioni che il campione ha ricevuto dalla sua cottura ad oggi per aver creato le condizioni di TL naturale oggi riscontrate.

b, 1. Per calcolare la dose annuale di radiazioni ricevute dall'oggetto dai suoi radioisotopi interni, si determina l'attività delle particelle alpha emesse dall'uranio e dal torio. All'uopo viene usato un contatore a scintillazione.

Il contenuto di potassio 40 è calcolato in base al contenuto totale di potassio determinato con analisi di composizione chimica mediante lo spettrometro fluorescente ai raggi X oppure il fotometro a fiamma.

Si accerta così la dose di accumulo interno annuale.

b, 2. Calcoli analoghi sono eseguiti per il terreno di rinvenimento per accertare la dose di accumulo ambientale annuale.

Qualora non sia possibile controllare il terriccio immediatamente a contatto dell'oggetto nel luogo di rinvenimento, si può ricorrere alla tecnica della capsula. Questa contiene dei grani di fluorite naturale e viene sepolta per un anno dentro il terreno da cui proviene l'oggetto, simulandone le condizioni di «seppellimento» nel suo contesto.

In tal modo è possibile verificare le caratteristiche del terreno, le fluttuazioni stagionali, e in particolare misurare il flusso di radiazioni proveniente dai radioisotopi ambientali.

Nei casi in cui neanche questo sistema sia attuabile perchè l'oggetto fittile proviene da località sconosciute oppure da raccolte private o da Musei, ricerche fatte recentemente a Oxford hanno portato al perfezionamento di due tecniche («fine-grain technique» e «inclusion technique») che, applicate a due campioni dello stesso oggetto, permettono di superare l'ostacolo rappresentato dall'impossibilità di appurare la dose di accumulo ambientale.

Svolgendo le due tecniche, si impostano le rispettive equazioni e l'incognita, rappresentata appunto dalla dose ambientale, viene eliminata nel calcolo. Ciò permette di arrivare, in ultima analisi, a stabilire la datazione del reperto pur senza conoscere il valore della dose ambientale.

b, 3. Con apposito calcolo si rileva l'incidenza dei raggi cosmici, che di regola non supera il 2 o 3%.

Conosciuta la «dose equivalente» (cioè il totale delle radiazioni ricevute dall'oggetto) e la dose annuale (cioè la somma della dose di accumulo interno + dose di accumulo ambientale + incidenza dei raggi cosmici), dividendo la prima per la seconda si ottiene la datazione attribuibile all'oggetto in esame.

Ho così illustrato, seppure molto sommariamente, gli aspetti fondamentali della metodologia: l'analisi della TL ha ancora un lungo cammino da percorrere prima di poter dare risultati di precisione assoluta, e le tecniche di ricerca debbono ancora essere affinate e perfezionate.

I punti base sono però acquisiti, ed è lecita la speranza che in un futuro non troppo lontano questo metodo di indagine possa essere di grande aiuto agli archeologi nello stabilire la datazione dei reperti fittili.

LETTERATURA

Molti studi sulla TL applicata al campo dell'archeologia sono stati pubblicati su «*Archaeometry*», the Bulletin of the Research Laboratory for Archaeometry and the History of Art, Oxford University. In particolare cfr. i seguenti articoli:

M. S. TITE, Thermoluminescent Dating of Ancient Ceramics: a reassessment, *Archaeometry* 9 (1966) 155—165.

- M. J. AITKEN, Thermoluminescent Dosimetry of Environmental Radiation on Archeological Sites, *Archaeometry* 11 (1969) 109—114.
- S. J. FLEMING, Thermoluminescent Dating: Refinement of the Quartz Inclusion Method, *Archaeometry* 12 (1970) 133—145.
- D. W. ZIMMERMAN, Thermoluminescent Dating Using Fine Grains from Pottery, *Archaeometry* 13 (1971) 29—52.
- M. J. AITKEN, P. R. S. MOOREY, P. J. UCKO, The Authenticity of Vessels and Figurines in Hacilar Style, *Archaeometry* 13 (1971) 89—141.
- S. J. FLEMING, H. JUCKER, J. RIEDERER, Etruscan Wall-Paintings on Terracotta: a Study in Authenticity, *Archaeometry* 13 (1971) 143—167.
- A. HÄUSLER, Die Thermoluminiszenzdatierung, *Wege zur Datierung und Chronologie der Urgeschichte* (Berlin 1975) 119—121.

TERMOLUMINISCENČNA ANALIZA

Povzetek

Termoluminiscenčna analiza je sodobna metoda, ki so jo najbolj izpopolnili na univerzi v Oxfordu. Arheologom lahko da precej zanesljive podatke o starosti keramike.

Nekatere radioaktivne primesi (uran, torij, kalij 40) dobimo tudi v keramiki, četudi v zelo nizkih koncentracijah. Te snovi stalno oddajajo radioaktivne žarke, ki jih vežejo nase mineralni delci v glini, predvsem kremen in živci (feldspati).

Tako se v mineralih leto za leto kopiči ta izsevana energija in minerali postanejo nekakšna časovna ura. Ko ob preiskavi segrevamo keramiko na 300° do 350° C, se nakopičena energija sprošča kot svetloba. Množina tako oddane svetlobe — termoluminiscence (TL) je direktno proporcionalna skupni dozi sevanj, ki so se nakopičila v mineralih.

Visoke temperaturne stopnje (nad 500° C) popolnoma uničijo termoluminiscenco. Kadar keramiko žgo v lončarskih pečeh, se energija, ki se je nakopičila v glini v geološki preteklosti, popolnoma izniči. Toda po žganju v peči se energija spet začne kopičiti in narašča proporcionalno s časom. TL, ki jo pri preiskavi izžari kos keramike, bo torej proporcionalna starosti, se pravi času, ki je pretekel, odkar je bila žgana.

Metodo TL lahko na kratko opišemo takole:

a. Izračunamo »ekvivalentno dozo«, to je celokupno energijo, ki se je nakopičila v koščku keramike. To dobimo tako, da primerjamo naravno in umetno krivuljo termoluminiscenčnega sevanja.

Naravno TL sevalno krivuljo dobimo tako, da majhno množino v droben prah zmlete keramike postopno segrevamo do določene temperature. Pri tem s fotocelico merimo množino izsevane termoluminiscence, merilec pa nam hkrati registrira množino izsevane TL in temperaturo.

Umetno termoluminiscenčno sevalno krivuljo pa dobimo tako, da obsevamo kos keramike z natančno določeno dozo radioaktivnosti. S tem dobimo njeno sprejemljivost za TL na podlagi radioaktivnih sevanj. Potem še izmerimo in registriramo njeno žarilno krivuljo.

Po primerjavi obeh žarilnih krivulj bomo dobili ekvivalentno dozo za preiskovani kos keramike.

b, 1. Določimo letni radioaktivni kvantum kosa keramike: izmerimo lastno (notranjo) dozo sevanja, to se pravi, izmerimo jakost alfa in beta žarkov keramike same.

b, 2. Izmerimo in ocenimo letno dozo radioaktivnega sevanja okolice, to je izmerimo jakost alfa in beta žarkov v tleh, v katerih je ležala keramika. Če ni nobenih podatkov o tleh, si lahko pomagamo z metodo odštevanja. S kombinacijo metode preiskave drobnega praška in preiskav »vključkov« lahko dobimo starost, neodvisno od tega, koliko je prispevala k dozi neposredna okolica.

b, 3. Ocenimo, koliko so k dozi prispevala kozmična sevanja.

Starost keramike dobimo tako, da delimo »ekvivalentno dozo« z letno dozo sevanja.