

# Μέτρηση τῶν συστατικῶν τῶν κραμάτων τριῶν θυμιατηρίων

**Δρ. Βασίλειος Ἰατρίδης**

Χημικός - Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Τά κύρια ἐρωτήματα πού γεννιούνται ὅταν βλέπουμε ἕνα ἀρχαιολογικό ἀντικείμενο εἶναι: πότε, πού καί πῶς κατασκευάστηκε. Στίς ἀπορίες αὐτές ἐρχεται νά δώσει μερικές ἀπαντήσεις ὁ φυσικός ἢ ὁ χημικός πού κάνει τίς ἀναλύσεις. Ἐξ ἄλλου, ὁ καθορισμός καί ἡ μέτρηση τῶν συστατικῶν τῶν κραμάτων εἶναι ἀπαραίτητη προϋπόθεση γνῶσης καί γιά τή συντήρηση τοῦ ἀντικειμένου. Αὐτή καθορίζει, ἐν μέρει, τή μέθοδο ἐπέμβασης πού θά χρησιμοποιηθεῖ (εἶναι μέρος τῆς προσεκτικῆς ἐξέτασης τοῦ ἀντικειμένου πού ἀναφέρεται στό κεφάλαιο γιά τή συντήρηση).

Βέβαια, ἕνα μεμονωμένο ἀντικείμενο δέν μπορεῖ νά δώσει τόσες πληροφορίες. Ἡ διαδικασία πού ἐπιβάλλεται εἶναι αὐτή πού προχωρεῖ ἀπό τό γνωστό πρός τό ἀγνωστό, εἶναι ἐπαγωγική. Ἔτσι, γνωρίζοντας τήν ποσοστιαία σύσταση τῶν κραμάτων καί τήν τεχνική κατασκευῆς τοῦ ἀντικειμένου εἶναι δυνατός ὁ ἐντοπισμός τοῦ τόπου προελεύσεως τῆς πρώτης ὕλης. Ἡ δέ σύγκριση τοῦ ἀντικειμένου μέ ἄλλα παρεμφερῆ, τῆς ἴδιας προελεύσεως, μάς ὁδηγεῖ στό ἐργαστήρι κατασκευῆς.

Ἡ μελέτη αὐτή λοιπόν, βοηθᾷ νά μάθουμε γιά τήν ποιότητα ὀρισμένων κραμάτων πού χρησιμοποιήθηκαν στόν Ἑλληνικό χώρο σέ διάφορες ἱστορικές περιόδους καί πού προορίζονταν γιά διαφορετική ἐπεξεργασία ἔργων π.χ. χυτά, σφυρήλατα κλπ. Σέ τρία ἀπό τά θυμιατήρια πού εἶδαμε, τά ἀρ. εἰσ. 21502, 11469 καί 11402, ἔγιναν ὀρισμένες ἀναλύσεις, μέ σκοπό τή διαπίστωση τῆς σύνθεσης τῶν κραμάτων.

Τά τρία αὐτά κασιδιὰ ἐμφανίζουν διαφορετική ἀπόχρωση, ἀν καί εἶναι κατασκευασμένα μέ βάση τόν χαλκό.

## Τεχνικές μετρήσεις

Ὅπως εἶναι γνωστό, πολλές μέθοδοι

μποροῦν νά χρησιμοποιηθοῦν γιά τόν προσδιορισμό τῆς συστάσεως κραμάτων. Ἐδῶ χρησιμοποιήθηκε ἡ κλασσική χημική ἀνάλυση καί ἡ φασματομετρία ἀτομικῆς ἀπορρόφησης.

Στόν πίνακα 1 δίνεται ἡ ποσοστιαία συμμετοχή τῶν διαφόρων στοιχείων πού συνιστοῦν τά κράματα.

Ἀπό τόν πίνακα 1 διαπιστώνουμε ὅτι τό ἰσοζύγιο μάζας δέν κλείνει στό 100% ἀλλά ὑπολείπεται τόσο περισσότερο ὅσο ἡ μάζα τοῦ δείγματος μειώνεται, πίνακας 2.

Τό γεγονός αὐτό δικαιολογεῖται ἀν λάβουμε ὑπόψη μας ὅτι τά δείγματα προέρχονται ἀπό τήν ἐπιφάνεια τῶν ἀντικειμένων. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ κράματος, μετά τήν πάροδο ὀρισμένου χρόνου καί ἀνάλογα μέ τό περιβάλλον πού ἐπικρατεῖ, ἐπηρεάζεται καί ἀλλοιώνεται χημικά. Κατά τή χημική αὐτή ἐπίδραση ἀπό τό περιβάλλον ἕνα μέταλλο τείνει νά σχηματίζει ὀξείδιο, δηλαδή μιά χημική ἔνωση πού ἐξασφαλίζει μιά ἐνεργειακή σταθερό-

τερη κατάσταση. Εἶναι γνωστή ἡ ἐυκολία μέ τήν ὁποία ἕνα ἀντικείμενο ἀπό σίδηρο «σκουριάζει», μ' ἄλλα λόγια ὁ μεταλλικός σίδηρος μετατρέπεται σέ ὀξείδιο σιδήρου, κάτω ἀπό τήν ἐπίδραση τοῦ ὀξυγόνου τῆς ἀτμόσφαιρας.

Πέρα ὁμως ἀπό τή μετατροπή ἐνός μετάλλου σέ ὀξείδιο, εἶναι πιθανό, ἀνάλογα μέ τίς συνθήκες πού ἐπικρατοῦν νά σχηματισεῖ καί ἀνθρακικό ὄλας. Ἔτσι, στήν περίπτωση τοῦ χαλκοῦ εἶναι δυνατό στήν ἐπιφάνεια τοῦ ἀντικειμένου ἀντί νά ὑπάρξει ὁ χαλκός (Cu) στή μεταλλική του μορφή νά βρεθεῖ σάν ὀξείδιο (CuO) ἢ σάν ἀνθρακικός χαλκός (CuCO<sub>3</sub>).

Ἐνῶ λοιπόν εἶχε ληφθεῖ ἀρχικά μάζα π.χ. 79,55 ἢ ἀπό τό δείγμα, μετράμε ποσότητα χαλκοῦ τελικά ἴση μέ 63,55 γ, γιατί τό δείγμα πού πήραμε εἶχε μετατραπεί σέ ὀξείδιο τοῦ χαλκοῦ. Ἀντίστοιχα, παίρνουμε δείγμα 120,55 γ καί μετράμε ποσότητα χαλκοῦ ἴση μέ 63,55 γ ὅταν ὁ μεταλλικός χαλκός ἔχει μετατραπεί σέ ἀνθρακικό ὄλας χαλκοῦ.

Ἀπό τό παράδειγμα αὐτό φαίνεται πῶς προκύπτει ἡ τελική διαφορά στό ἰσοζύγιο τῆς μάζας.

Οἱ προσπάθειες γιά τή διαπίστωση ὑπαρξῆς ἀντιμονίου (Sb) σάν συστατικό τῶν κραμάτων ἀπόβηκαν ἀρνητικές. Ἐπίσης διαπιστώθηκε ὅτι δέν ὑπάρχει σίδηρος στό θυμιατήρια ἀρ. 21502 καί 11402 ἐνῶ διαπιστώθηκαν ἴχνη στό 11469.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1					
Στοιχείον	Cu%	Pb%	Zn%	Sn%	Ag%
Ἄρ. δείγματος					
21502	72,0	9,5	4,0	7,3	0,2
11469	87,0	0,0	1,0	0,0	0,36
11402	51,0	11,7	0,3	14,5	0,75

Πιν. 1. — Δίνεται ἡ % συμμετοχή τῶν διαφόρων χημικῶν στοιχείων τῶν τριῶν κραμάτων. Ἡ ἀκρίβεια τῶν μετρήσεων εἶναι καλύτερη ἀπό 0,5% γιά τό κάθε στοιχείο καί ἡ εὐαισθησία τῶν μετρήσεων εἶναι τῆς τάξης τοῦ  $0,3 \times 10^{-6}$  g.

Στόν πίνακα 2 δίνεται ἡ ποσότητα δείγματος ἐπάνω στό ὁποῖο ἔγιναν οἱ μετρήσεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2		
Ἄριθ. δείγματος	Ποσότητα δείγματος (mg)	Σημεῖο δειγματοληψίας
21502	31,2	ὀπή ἀναρτήσεως
11469	20,5	ὀπή ἀναρτήσεως
11402	6,0	ὀπή ἀναρτήσεως

Πιν. 2 — Δίνεται ἡ ποσότητα τοῦ δείγματος πού μελετήθηκε καθώς καί τό σημεῖο δειγματοληψίας.

Τά κράματα καί τών τριών θυματηρίων είναι μπρούντζος, ένα κράμα σήμερα χαρακτηρίζεται ως μπρούντζος όταν έχει τήν τυπική σύσταση: Cu 50-90%, Zn 20-40%, Sn 0-6%, Pb 0-2%, Fe 0-1%. Πέρα όμως από τά κύρια συστατικά υπάρχουν σέ πολύ μικρές ποσότητες καί άλλα χημικά στοιχεία τά όποια χαρακτηρίζονται ως «μολύνσεις καί προέρχονται κυρίως από όρυκτά παραλαβής τών κυρίως κραματοποιών στοιχείων. Αύτου του είδους οί μολύνσεις βρίσκονται καί στά κράματα πού χρησιμοποιούνται καί σήμερα καί είναι κυρίως: φώσφορος (P), άρσενικόν (As), θείον (S) καθώς καί νικέλιον (Ni) καί σίδηρος (Fe) κλπ.

Συνεπώς καί ό άργυρος πού παρουσιάζεται καί στά τρία δείγματα θά πρέπει νά χαρακτηρισθεί ως μή κύριο συστατικό τών κραμάτων. Ή παρουσία όμως του άργύρου είναι δυνατόν νά οδηγήσει στήν πηγή προελεύσεως τών κυρίων συστατικών στοιχείων τών κραμάτων καί ιδιαίτερωσ του χαλκού.

### Evaluation of the Alloy's Components

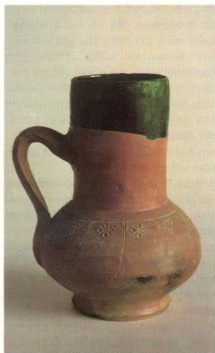
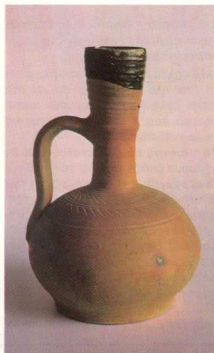
The determination and evaluation of the alloy's components are indispensable for the conservation/restoration of a metallic object, as well as for the determination of the origin of the metal the object was made of and the workshop where it was made. It also provides some information on the technological background of the bronze founders.

We have analyzed the Benaki Museum's censers no. 21502, 11469 and 11402 (see pls.1 and 2).

### Βιβλιογραφία

1. THEOPHILUS "On Divers Arts" J. G. Hawthorne and Cyril Stanley Smith Ed. The University of Chicago Press, 1963.
2. R. J. GETTES, C. J. WARRING, "The composition of some ancient Persian and other Near Eastern Silver objects", ειλ: *Ars Orientalis* II, 1957, σ. 83-90.
3. D. M. METCALF, "Metal Contents of Medieval Coins", ειλ: E. T. Hall and D. M. Metcalf (editors), *Methods of chemical and metallurgical investigation of ancient coinage*, Royal Numismatic Society, special publication, London, 1972, σ. 384-391.
4. BERTELE, *Lineamenti principali della numismatica bizantina*, ειλ: *Rivista italiana di numismatica* 5, XII, LXVI, 1964, σ. 33-118.
5. F. SCHWEIZER et al., *Genava* XXV, 1977, σ. 38-62.

# Πρώιμα μεταβυζαντινά κεραμικά



Εικ. 2. Τύπος Β. όμάδα α

Μέ τά κεραμικά τής μεταβυζαντινής περιόδου ελάχιστοι μελετητές άσχολήθηκαν κι αύτοί τόν τελευταίο καιρό. Τό γεγονός ξενίζει όταν σκεφτεί κανείς ότι υπάρχουν σημαντικές μελέτες γιά τούς άλλους κλάδους τής μεταβυζαντινής Τέχνης. Από τόν Μεσοπόλεμο πού παρατηρείται άναβίωση του ενδιαφέροντος γιά τόν παραδοσιακό πολιτισμό τής χώρας ως σήμερα, πολλά θέματα έχουν εξαντλητικά μελετηθεί. Μέ τά κεραμικά, μία σιωπή είχε επικρατήσει. Στήν παραγνώρισή τους, βέβαια, σημαντικό συνετέλεσε ή σπανιότητα τών άντικειμένων. Από εύθραστο ύλικό κατασκευασμένα, είδη καθημερινής χρήσης, δέν έφθασαν ως έμάς παρά ελάχιστα δείγματα.

Γ. Κ. Γουργιώτης

Χημικός - Μέλος τής Λαογραφικής Έταιρείας Λαρίσης