

Μορφοποιήσεις κατά την αρχαιότητα



των
Κ.-Δ. Μπουζάκη,
καθηγητή
του Τμήματος
Μηχανολόγων
Μηχανικών Α.Π.Θ.



Δ. Παντερμαλή,
καθηγητή
του Τμήματος Ιστορίας
και Αρχαιολογίας Α.Π.Θ.



Κ. Ευσταθίου,
αναπληρωτή καθηγητή
του Τμήματος
Μηχανολόγων
Μηχανικών Α.Π.Θ.



Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες μέτρησης, βιομηχανικού αξονικού τομογράφου και σαρωτή ακτινών λέιζερ είναι δυνατή η μοντελοποίηση αρχαιολογικών ευρημάτων χωρίς επαφή με το πρωτότυπο, αποφεύγοντας τον κίνδυνο βλαβών ή φθοράς τους. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν τη διερεύνηση των μεθόδων σχεδίασης και μορφοποίησής τους κατά την αρχαιότητα, καθώς και της λειτουργίας τους. Επιπλέον, διευκολύνουν την παραγωγή πιστών αντιγράφων τους.



Τα αντικείμενα που διερευνήθηκαν προέρχονται από τον αρχαιολογικό χώρο του Δίου, έναν από τους σημαντικότερους αρχαιολογικούς χώρους της Ελλάδας, κατά ανασκαφές, που διεξήχθησαν από τον καθηγητή Δ. Παντερμαλή και εικονίζονται στο σχήμα 1. Αυτά είναι: μία ορειχάλκινη κεφαλή ανάρτησης θαλάμου επιβατών άμαξας της ελληνοιστικής περιόδου, δύο κεφαλές αλόγων (μία θηλυκή και μία αρσενική) του 2ου αιώνα π.Χ., μία κεραμική οινόχη της πρώιμης εποχής του σιδήρου, δύο ορειχάλκινα λυχνάρια της ελληνοιστικής περιόδου και ένα κολποσκόπιο του 2ου αιώνα π.Χ.

Μοντελοποίηση της γεωμετρίας των ευρημάτων

Η καταγραφή της στερεάς γεωμετρίας των ευρημάτων είναι το βασικό βήμα για την μοντελοποίησή τους. Ανάλογα με το μέγεθος, το υλικό και την πολυ-

πλοκότητα της γεωμετρίας κάθε ευρήματος, επιλέχθηκε η κατάλληλη μέθοδος αποτύπωσης της γεωμετρίας τους. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν σάρωση με βιομηχανικό αξονικό τομογράφο (CT), σάρωση με ακτίνες λέιζερ και μέτρηση με μετρητική μηχανή καθοδηγούμενη από ηλεκτρονικό υπολογιστή (CMM). Σε ορισμένα ευρήματα ήταν απαραίτητος ο συνδυασμός αυτών των μετρήσεων για την μοντελοποίηση της γεωμετρίας τους.

Οι στόχοι της έρευνας ήταν:

- Η διερεύνηση του τρόπου μορφοποίησής τους κατά την αρχαιότητα.
- Η μελέτη της σχεδίασης και της λειτουργίας τους, όπως π.χ. του κολποσκοπίου το οποίο αποτελείται από 15 εξαρτήματα, 11 από τα οποία είναι διαφορετικά μεταξύ τους.
- Η εκτίμηση διαφόρων παραμέτρων, όπως π.χ. της αντοχής της κεφαλής ανάρτησης ξύλινης επιβατι-



Σχήμα 1:
Αρχαιολογικά
ευρήματα στο Δίον.



Σχήμα 2: Προσδιορισμός της γεωμετρίας του κολποσκοπίου.

κής άμαξας, καθώς και των συνθηκών άνεσης των επιβατών της.

- Η κατασκευή αντιγράφων των ευρημάτων.

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι ήταν απαραίτητο να καταγραφεί ο πλήρης όγκος του αντικειμένου με ακρίβεια, δηλαδή κάθε εξωτερική και εσωτερική λεπτομέρεια του κάθε αντικειμένου.

Ανάλογα με το μέγεθος, την πολυπλοκότητα και το υλικό του αντικειμένου πραγματοποιήθηκαν διάφορων ειδών μετρήσεις και εξειδικευμένη επεξεργασία των μετρήσεων αυτών, έτσι ώστε να προκύψει κάθε φορά το επιθυμητό αποτέλεσμα. Στο σχήμα 2 παρουσιάζεται σαν παράδειγμα ο προσδιορισμός της στερεάς γεωμετρίας του ορειχάλκινου κολποσκοπίου.

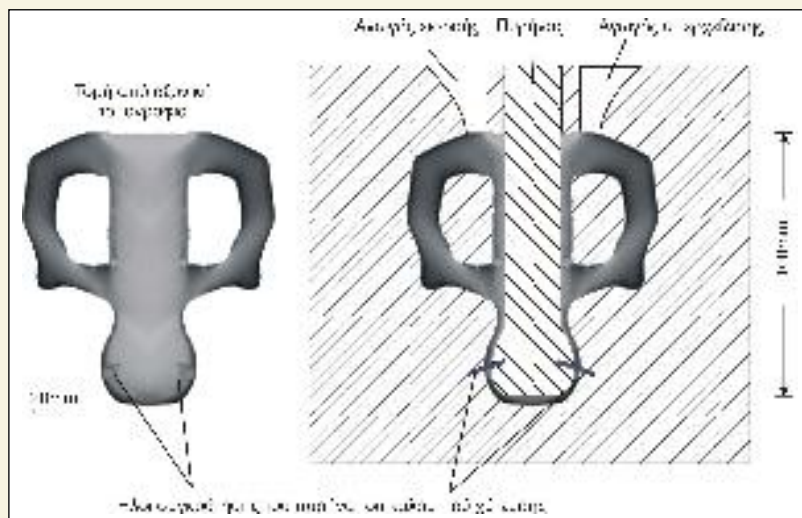
Η κατασκευή των καλουπιών

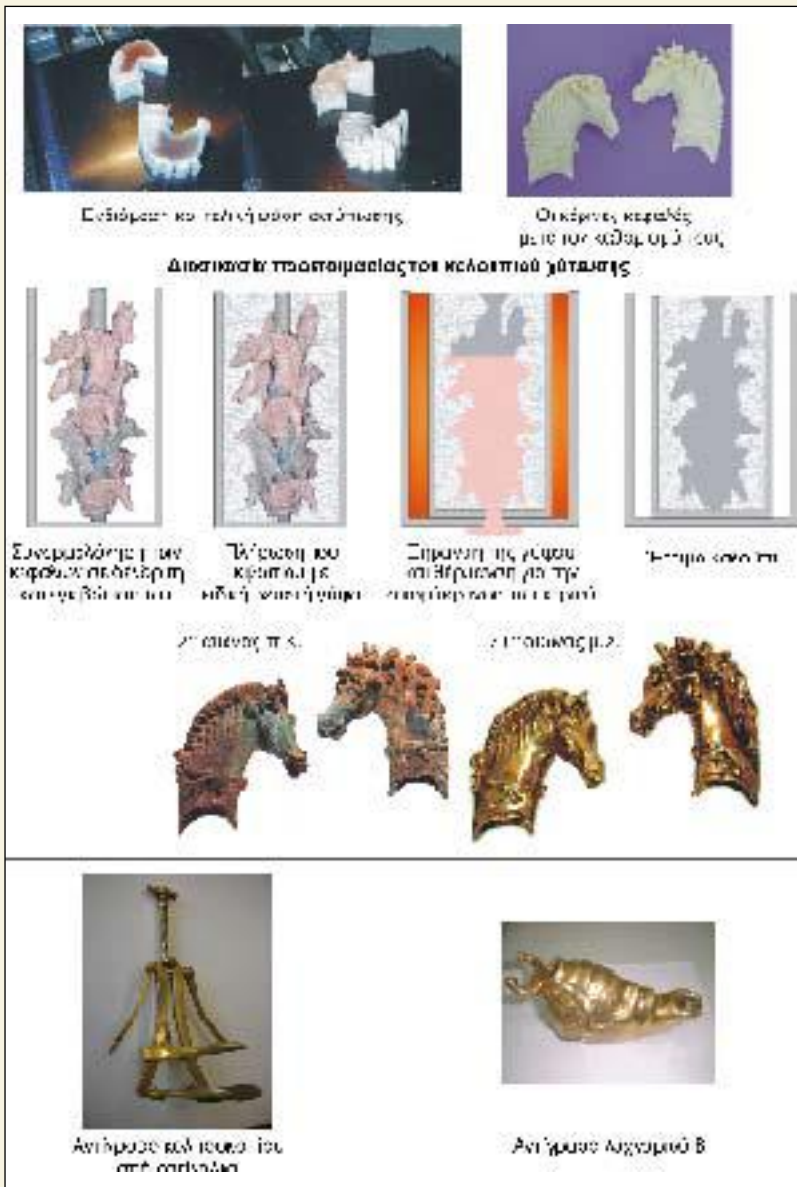
Οι κεφαλές των αλόγων, η κεφαλή της ανάρτησης, το λυχνάρι (νέγρος) και τα εξαρτήματα του κολποσκοπίου μετά από σχετική διερεύνηση προέκυψε ότι μορφοποιήθηκαν με τη μέθοδο της χύτευσης με τηκόμενα μοντέλα. Για παράδειγμα στην κεφαλή της ανάρτησης, αριστερά και δεξιά στην εσωτερική επιφάνεια (βλέπε σχήμα 3), διακρίνονται 2 υπολείμματα ήλων, που υποδηλώνουν τον πιθανό τρόπο κατασκευής του αντικειμένου στην αρχαιότητα. Αρχικά κατασκευάστηκε ο πυρήνας χύτευσης από πηλό, ο οποίος αντιστοιχούσε στην εσωτερική διαμόρφωση της ανάρτησης. Επάνω στον πηλό του πυρήνα στρώθηκε κέρι που να αντιστοιχεί στο επιθυμητό πάχος του αντικειμένου και διαμορφώθηκε καλλιτεχνικά η εξωτερική του επιφάνεια. Σε αυτό το στάδιο τοποθετήθηκαν ήλοι (καρφιά), οι οποίοι διαπερνούσαν το κέρι και στερεώνονταν στον πυρήνα, προεξέχοντας

προς τα έξω. Στη συνέχεια επάνω από το κέρι τοποθετήθηκε μια εξωτερική στρώση πηλού. Μέσω θέρμανσης και τήξης του κεριού δημιουργήθηκε στην συνέχεια το καλούπι χύτευσης. Οι ήλοι οι οποίοι είναι από το ίδιο υλικό που χυτεύθηκε, συγκρατούν τα δύο μέρη του πήλινου καλουπιού, δηλαδή τον πυρήνα με το εξωτερικό μέρος της κεφαλής ανάρτησης.

Σε διάφορες τομές αξονικών τομογραφιών του χάλκινου λυχναριού Α (βλέπε σχήμα 1) διαπιστώθηκε ότι αυτό δεν είναι συμπαγές και αποτελείται κυρίως από τρία μέρη: το σώμα, τη λαβή του και την σφαιρική χοάνη για την πλήρωση με έλαιο. Το κυρίως σώμα και η λαβή μορφοποιήθηκαν μέσω ξεχωριστών χυτεύσεων με τηκόμενα μοντέλα. Με τη βοήθεια αξονικών τομογραφιών, διαπιστώθηκαν ασυνέχειες υλικού στην

Σχήμα 3: Πιθανή διαμόρφωση του καλουπιού χύτευσης της κεφαλής ανάρτησης.





Σχήμα 4:
 Δημιουργία πιστών αντιγράφων μέσω ταχείας πρωτοτυποποίησης κέρινων ομοιωμάτων και χύτευση με τη μέθοδο των τηκόμενων μοντέλων.

Κατά τη διερεύνηση της σχεδίασης και λειτουργίας του κολποσκοπίου διαπιστώθηκε ότι στη σχεδιομελέτη του οι αρχαίοι Έλληνες συνδύασαν με αξιοθαύμαστο τρόπο τεχνικές και ιατρικές γνώσεις. Τα συμπεράσματα της μελέτης υποδηλώνουν την υψηλή στάθμη τεχνικής κατά την αρχαιότητα.

περιοχή της σύνδεσης της χοάνης με το κυρίως σώμα, που συνηγορούν στο ότι η χοάνη χυτεύθηκε ή σφυρηλατήθηκε ξεχωριστά και στη συνέχεια αυτή και η λαβή του λυχναριού συγκολλήθηκαν με το κυρίως σώμα με κασσίτερο στην τελική θέση τους.

Η παραγωγή κεραμικών αγγείων είναι μια προσθετική διαδικασία, στην οποία τα διαδοχικά βήματα καταγράφονται στο τελικό αντικείμενο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της διερεύνησης η κατασκευή της κεραμικής οινόχοης άρχισε με την πλάση του πηλού του σώματος και ξεχωριστά του λαιμού. Στη συνέχεια με την ένωση των επιμέρους αυτών κομματιών ολοκληρώθηκε η μορφοποίηση της οινόχοης.

Η παραγωγή αντιγράφων

Όσον αφορά την παραγωγή πιστών αντιγράφων των ορειχάλκινων ευρημάτων χρησιμοποιήθηκε και σήμερα η μέθοδος της χύτευσης με τηκόμενα μοντέλα. Για την κατασκευή των κέρινων ομοιωμάτων, που είναι απαραίτητα για την κατασκευή του καλουπιού, χρησιμοποιήθηκε μέθοδος ταχείας πρωτοτυποποίησης με εκτυπωτική μηχανή θερμικού ψεκασμού.

Στο σχήμα 4 παρουσιάζονται τα κέρνα μοντέλα των κεφαλών του αρσενικού και του θηλυκού αλόγου όπως προέκυψαν μέσω τεχνικής ταχείας πρωτοτυποποίησης.

Στη συνέχεια με τη βοήθεια των κέρινων αυτών μοντέλων δημιουργήθηκε καλούπι και έγινε χύτευση του μεταλλικού υλικού. Σε περίπτωση που είναι αναγκαία η χύτευση περισσότερων του ενός αντιγράφου, οι κέρνες κεφαλές συναρμολογούνται για να σχηματίσουν ένα δενδρίτη. Στην περίπτωση των καλουπιών για τη χύτευση των κεφαλών αλόγων, ο δενδρίτης που συναρμολογήθηκε αποτελείται από 16 κεφαλές. Κατόπιν ο δενδρίτης τοποθετήθηκε σε ένα δοχείο, το οποίο πληρώθηκε με ειδική γύψο. Μετά τη στερεοποίηση και αφύγρυνση της γύψου, θερμαίνοντας το δοχείο, το κερί έλειωσε και απομακρύνθηκε από το καλούπι.

Μια άλλη διαδικασία που δοκιμάστηκε ήταν η άμεση κατασκευή του καλουπιού χύτευσης μέσω διαδικασιών ταχείας πρωτοτυποποίησης, χρησιμοποιώντας κεραμικές σκόνες και ειδικές ρητίνες για την ενίσχυσή τους. Το τελικό βήμα πριν την χύτευση ήταν η τοποθέτηση του καλουπιού σε ειδικό θάλαμο για τον έλεγχο της ταχύτητας απόψυξης. Μετά την χύτευση οι κεφαλές καθαρίστηκαν και στυλβώθηκαν.

Χρησιμοποιώντας αυτές τις μεθοδολογίες κατασκευάστηκαν πιστά μεταλλικά αντίγραφα των εξαρτημάτων του κολποσκοπίου, των κεφαλών των αλόγων και του λυχναριού Β, τα οποία φαίνονται στο σχήμα 4.

Αντίγραφα των ευρημάτων αυτών καθώς και πληροφορίες σχετικές με την σχεδίαση και μορφοποίηση τους παρουσιάζονται στην έκθεση «Ελλάδα και τεχνολογία: μια διαχρονική προσέγγιση» στο Τελλόγλειο, από 12 Νοεμβρίου 2008 μέχρι 11 Ιανουαρίου 2009.