



Ιστορία και Επιστημολογία Θετικών Επιστημών

Ενότητα **12**: Μεταλλουργική Διαδικασία

Περικλής Ακρίβος
Τμήμα Χημείας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Μεταλλουργική Διαδικασία

Μελέτες και Διαδικασία



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Μεταλλουργική Διαδικασία : Αρχαιολογικές Μελέτες
2. Παρατηρήσεις και Ερμηνείες



Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση της Διαδικασίας της μεταλλουργίας και πως εξελίχτηκε





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Αρχαιολογικές Μελέτες

Μεταλλουργική Διαδικασία

Απαραίτητη η Πηγή Ξύλου

- Απαραίτητο για τη μεταλλουργική διαδικασία είναι, εκτός από την πηγή του μετάλλου και ξύλο, για τη λειτουργία του καμινιού. Μέρη στην εγγύς αλλά και τη μέση Ανατολή που αποδεδειγμένα είναι η πατρίδα της μεταλλουργίας, όπου συνυπάρχουν ορυχεία και δάση είναι σπάνια.
- Για το λόγο αυτό οι αρχαιολογικές μελέτες συνεισφέρουν στην κατανόηση των οδών εμπορίου καθώς και για τις πολιτικές εξελίξεις σε μια ευρύτερη περιοχή (Μεσοποταμία, Γκλιγκαμές, κέδρα του Λιβάνου, φυλές στα όρη του Ζάγκρου).



Μελέτες Βοτανικής για ανίχνευση των κόκκων γύρης στο υπέδαφος

- Μελέτες βοτανικής και ιδιαίτερα ανίχνευσης των κόκκων γύρης σε διάφορα στρώματα του υπεδάφους μπορούν να δείξουν το βαθμό στον οποίο υπήρχε χλωρίδα καθώς και τι είδους χλωρίδα ήταν αυτή σε διάφορες χρονικές περιόδους. Έχει αποδειχθεί η αποψίλωση των δασών στην περιοχή της σημερινής ερήμου της Ιορδανίας, και στη συνέχεια η εισαγωγή ξυλείας από γειτονικές περιοχές των μεταλλείων στην Timna και την Feinan όπου η εξόρυξη συνεχίστηκε για αρκετές χιλιετίες.
- Στην αδυναμία αναπλήρωσης των δασών λόγω του κλίματος, αποδίδεται η υστέρηση κατά τον Μεσαίωνα περιοχών όπως η Σικελία στην ανάπτυξη και εξέλιξη της κατασκευής όπλων από σίδηρο



Μικροί Πήλινοι Φούρνοι

- Μικροί πήλινοι φούρνοι έχουν χρησιμοποιηθεί επανειλημμένως **για εκκαμίνευση χαλκού**. Διευθετούνται παράλληλα με μέτωπο προς την κατεύθυνση του κύριου ανέμου της περιοχής



Θραύσματα πήλινου φούρνου από την Κύθνο

- Θραύσματα πήλινου φούρνου από την Κύθνου που έχουν βρεθεί δείχνουν ότι έχουν οπές (σημειωμένα με βέλη όπου δεν είναι άμεσα ορατά) για την είσοδο του αέρα. Ο φούρνος είναι κατασκευή με πάχος 4 εκατοστά, ύψος 50 και διάμετρο βάσης 45 εκατοστά.



Εκκαμίνευση

- Η ευρέως χρησιμοποιούμενη διαδικασία της **εκκαμίνευσης**, παράγει ποσότητες από υαλώματα τα οποία είτε παραμένουν στο χωνευτήριο και ανιχνεύονται στα υπολείμματα των πήλινων χωνευτηρίων, είτε απορρίπτονται στην περιοχή γύρω από το χώρο του καμινιού.



Εξευγενισμός Μετάλλου

- Μετά την αρχική διαδικασία της εκκαμίνευσης, μια σειρά από ενέργειες στόχευαν στο λεγόμενο εξευγενισμό του μετάλλου, ώστε να είναι έτοιμο για τις χρήσεις που προοριζόταν καθώς και στην τελική μορφοποίηση του αντικειμένου που θα κατασκευαζόταν απ' αυτό.
- Η **ψυχρή σφυρηλάτηση**, χρήσιμη στα πιο μαλακά μέταλλα, και σίγουρα η αρχαιότερη μέθοδος κατεργασίας μετάλλου επιδρά με αρνητικό τρόπο στην κρυσταλλική μικροδομή του υλικού και για το λόγο αυτό τα αντικείμενα που έχουν υποστεί την ψυχρή σφυρηλάτηση είναι πιο εύθραυστα από άλλα.
- Φυσικά, αν είναι επιθυμητό και τεχνικά δυνατόν, το αντικείμενο μπορεί να ανακτήσει μέρος από την πλαστικότητά του μέσω της διαδικασίας της **ανόπτησης** (αργής ψύξης στη θερμοκρασία περιβάλλοντος) κάτι που έχει εφαρμοστεί συχνά και μάλιστα σε πολλαπλά διαδοχικά βήματα.



Θερμή σφυρηλάτηση και ταχεία ψύξη

- Η **θερμή σφυρηλάτηση** είναι χρήσιμη στην περίπτωση του σιδήρου κυρίως αφού απομακρύνει μικροποσότητες προσμίξεων και δημιουργεί πιο ομογενές υλικό, κάνει όμως υλικά όπως ο μπρούτζος πιο εύθραυστα.
- Τέλος, η **ταχεία ψύξη** έδωσε πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα την κατεργασία του χυτοσιδήρου καθώς ενισχύει τη σκληρότητα και την ανθεκτικότητα του υλικού.



Χύτευση

- **Χύτευση** είναι μια διαδικασία, εκτός των άλλων και αποθήκευσης του μετάλλου σε μια πρώιμη μορφή, με στόχο τη μεταφορά του σε συγκεκριμένα σημεία κατεργασίας μακριά από τα ορυχεία (Χιττίτες, Μυκηναίοι).
- Η κατεργασία και χρήση του χαλκού προηγήθηκε γενικά από την αντίστοιχη του σιδήρου εξαιτίας της χαμηλότερης θερμοκρασίας τήξης του και της αδυναμίας αρχικά να επιτευχθούν θερμοκρασίες απαραίτητες για την τήξη του σιδήρου. Επίσης, η αδυναμία διατήρησης της θερμοκρασίας για μεγάλους χρόνους οδήγησε στην καταρχήν αναγκαστική και τυχαία παραγωγή ημιτηγμένων μαζών μετάλλου με αρκετές προσμίξεις. Η ανόπτηση πρέπει να ήταν η πρώτη κατεργασία εξευγενισμού του μπρούτζου και στη συνέχεια επεκτάθηκε και σε άλλα μέταλλα. Τυχαίες επίσης παρατηρήσεις οδήγησαν στην εσκεμμένη προσθήκη υλικών ώστε να επιτευχθεί η κατάλληλη σύσταση του μείγματος για την παρασκευή συγκεκριμένων αντικειμένων.
- Αρχικά η θερμότητα εξασφαλιζόταν με την καύση οποιουδήποτε οργανικού μέσου, αργότερα ξύλου και στη συνέχεια κάρβουνου.



Μεταλλουργικές Διαδικασίες Ανα περιοχή

- Οι μεταλλουργικές διαδικασίες μέχρι και την τελική κατασκευή κάποιου αντικειμένου, εμφανίζουν ευρύτατες ομοιότητες σ' όλες περίπου τις περιοχές, ωστόσο παρουσιάζονται και τοπικές ιδιαιτερότητες, κάτι που σημαίνει ότι οι τεχνίτες αντιμετώπιζαν τις δικές τους συγκεκριμένες καταστάσεις και ανέπτυσαν σχετική τεχνογνωσία (σουλφίδια στη μικροδομή σε υλικά από την κεντρική Βαλκανική).
- Έχει καταγραφεί πάντως ένα ευρύτατο δίκτυο εμπορικών δρόμων, κυρίως λόγω της ύπαρξης σε πολλά κράματα μολύβδου. Η ισοτοπική σύσταση του μολύβδου δεν είναι σταθερή αλλά εμφανίζει διακύμανση που μπορεί να αναλυθεί με ακρίβεια με τη φασματομετρία μαζών. Έτσι ένα αντικείμενο που περιέχει μόλυβδο μπορεί να χαρακτηριστεί όσον αφορά τουλάχιστον το μέρος του που περιείχε το μόλυβδο και μπορεί να προσδιοριστεί η περιοχή προέλευσης του συγκεκριμένου υλικού. Για παράδειγμα μπορούν να ταυτοποιηθούν στην εγγύς Ανατολή υλικά που έχουν πηγή προέλευσης τα μεταλλεία της περιοχής του Πόντου ή της οροσειράς του Ταύρου καθώς και για τα νησιά του Αιγαίου όσον αφορά πηγές μετάλλου που εντοπίζονται στο Λαύριο, την Κύπρο ή τη Συρία αντίστοιχα.



Παρατηρήσεις και Ερμηνείες



Παρατήρηση 1

- **Παρατήρηση :** Η μελέτη των αντικειμένων από την περιοχή Βουνούς Μπελαπαίς έδειξε ότι στα 60 αρχαιότερα χάλκινα αντικείμενα, άλλα μεν είχαν περιεκτικότητα σε κασσίτερο κι άλλα σε αρσενικό, τυπικά στοιχεία που περιλαμβάνονταν από παλιά στην παραγωγή του μπρούτζου, ωστόσο σε 16 από αυτά η υπήρχε συμμετοχή ψευδαργύρου σε ποσοστό πάνω από 1%. Σε νεότερα αντικείμενα από την περιοχή δεν υπάρχει ψευδάργυρος.
- **Ερμηνεία :** Σύγχρονες μεταλλειολογικές μελέτες έδειξαν περιεκτικότητα 1,5% σε ψευδάργυρο στα κοιτάσματα χαλκού της περιοχής. Αν το μέταλλο δεν απομακρύνεται κατά τη μεταλλευτική διαδικασία τότε αναμένεται να έχει συγκέντρωση περίπου 6% στο τελικό προϊόν. Αυτό ισχύει πράγματι για τα αρχαιότερα αντικείμενα. Τεκμηριώνεται λοιπόν το τυχαίο στην ύπαρξη του ψευδαργύρου σ' αυτά. Με την πάροδο του χρόνου οι μεταλλωρύχοι οδηγούνται σε πιο βαθιά στρώματα όπου συνυπάρχουν, εκτός των οξειδίων και ανθρακικών αλάτων και σουλφίδια. Για να γίνει προσιτό στη μεταλλευτική διαδικασία ένα τέτοιο υλικό πρέπει να υποστεί φρύξη, κάτι που απομακρύνει μεγάλο μέρος του πτητικού ψευδαργύρου.



Παρατήρηση 2

- **Παρατήρηση :** Στα ερείπια οικισμών που καταστράφηκαν κατά τον 1^ο αιώνα π.Χ. στην περιοχή βόρεια της θάλασσας της Γαλιλαίας εντοπίζονται αντικείμενα κυρίως από μπρούτζο, ή ορείχαλκο ή και τα δύο είδη υλικών κατά περίπτωση. Επειδή οι οικισμοί δεν ξανακατοικήθηκαν σύντομα μετά την επανάσταση του 66 μ.Χ. τα αντικείμενα προδίδουν τις συνήθειες των κατοίκων της εποχής.
- **Ερμηνεία :** Παρόλη την γενική επικράτηση, κυρίως λόγω της πολιτικής και στρατιωτικής ενότητας του Ρωμαϊκού κράτους, της χρήσης του ορειχάλκου με την εισαγωγή ψευδαργύρου στον μπρούτζο, οι Ιουδαϊκοί οικισμοί προσφέρουν στους αρχαιολόγους αντικείμενα που είναι κατασκευασμένα από μπρούτζο επιμένοντας με τον τρόπο αυτό στη διατήρηση της κληρονομιάς τους και της διάκρισής τους από τους «εθνικούς» και τους κατακτητές. Στους μεικτούς οικισμούς βρίσκονται και τα δύο είδη υλικών με τα ορειχάλκινα στην περιοχή του ρωμαϊκού στρατώννα.



Παρατήρηση 3

- **Παρατήρηση** :Στη Μογγολία, την περίοδο πριν τον 3^ο π.Χ. αιώνα ήταν διαδεδομένη η χρήση αρσενικού στα κράματα του χαλκού, κατόπιν όμως και κατά την περίοδο από τον 3^ο π.Χ. μέχρι τον 2^ο μ.Χ. αιώνα, χρησιμοποιήθηκαν ευρέως κασσίτερος και μόλυβδος
- **Ερμηνεία** : Το αρσενικό ως κύριο συστατικό των μπρούτζων είναι κάτι που απαντάται συχνά σε δείγματα από την κεντρική Ασία κάτι που υποδεικνύει γενικότερες επαφές ενώ κασσίτερος και μόλυβδος ήταν μέταλλα που βρίσκονταν σε αφθονία σε περιοχές της Κίνας. Έτσι εικάζεται μια διακοπή εμπορικών σχέσεων και δημιουργία νέων συμμαχιών, προϋποθέτει όμως και την ανάπτυξη νέας τεχνολογίας όσον αφορά την κατεργασία του νέου προϊόντος.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Όνομα μέλους ή μελών ΔΕΠ. «Τίτλος Μαθήματος. Τίτλος ενότητας». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
http://opencourses.auth.gr/eclass_courses.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Άννα Μάντη>
Θεσσαλονίκη, <Δεκέμβριος 2014>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **X.YZ**.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση **X1.Y1Z1** διαθέσιμη εδώ. (Συνδέστε στο «εδώ» τον υπερσύνδεσμο).
- Έκδοση **X2.Y2Z2** διαθέσιμη εδώ. (Συνδέστε στο «εδώ» τον υπερσύνδεσμο).
- Έκδοση **X3.Y3Z3** διαθέσιμη εδώ. (Συνδέστε στο «εδώ» τον υπερσύνδεσμο).



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

