

Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ ΣΤΑ ΑΡΧΑΙΑ ΧΡΟΝΙΑ



ΜΑΡΙΑ
ΚΑΓΙΑΦΑ

Περιεχόμενα

- Κεραμική
- Μεταλλουργία
- Χαλκός
- Χρυσός
- Άργυρος
- Μόλυβδος
- Σίδηρος



ΧΡΗΣΕΙΣ

- Από τη στιγμή που ο άνθρωπος κατάφερε να διατηρήσει τη φωτιά, αυτή αποτέλεσε το μέσον για να λυθούν πολλά καθημερινά προβλήματα
 - Η φωτιά χρησιμοποιήθηκε:
 - για το μαγείρεμα της τροφής
 - για προφύλαξη από τα άγρια ζώα
 - για να κατευθύνει τα ζώα σε τόπους κυνηγιού
 - για φωτισμό
 - ως θερμαντικό μέσο
-

ΚΕΡΑΜΙΚΗ

- Τα πρώτα αγγεία πρέπει να δημιουργήθηκαν από ωμό πηλό
 - Μερικές χιλιετίες αργότερα η κεραμική ψηνόταν σε ανοιχτές φωτιές, μέχρι την ανακάλυψη του κεραμικού κλίβανου
 - Στην ανοιχτή φωτιά τα αγγεία στοιβάζονταν στο έδαφος ή σε ρηχό λάκκο και περιβάλλονταν ή καλύπτονταν από την καύσιμη ύλη (ξύλα, άχυρα, κοπριά, κάρβουνα κ.α.)
 - Με τον κεραμικό κλίβανο για πρώτη φορά επιτεύχθηκαν πραγματικά αναγωγικές συνθήκες όπτησης με περιορισμό του ρεύματος αέρα και προσθήκη ανθράκων που είχε ως αποτέλεσμα (α) την επίτευξη πολύ υψηλών θερμοκρασιών και (β) κεραμικά περισσότερο ανθεκτικά, στεγανοποιημένα και άρα χρήσιμα → πυροτεχνολογία
-

ΠΥΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

- Η λέξη πυροτεχνολογία αναφέρεται στη χρήση και τον έλεγχο της φωτιάς με σκοπό την τροποποίηση της πρώτης ύλης
 - Μέχρι τα Νεολιθικά χρόνια, ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε και επεξεργαζόταν με μηχανικό τρόπο τα υλικά που έβρισκε στη φύση για να φτιάξει εργαλεία – λίθος, ξύλο, οστό, κέρατο, οστρεα, δέρμα
 - Χρησιμοποιώντας τη φωτιά ο άνθρωπος κατάφερε να μετασχηματίσει την πρώτη ύλη, να αλλάξει, δηλαδή, τη 'φύση' των υλικών και έτσι να διαχειριστεί με τελείως διαφορετικό τρόπο το φυσικό περιβάλλον → μια επαναστατική αλλαγή τόσο στο υλικό όσο και στο διανοητικό επίπεδο
-

ΠΥΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΚΕΡΑΜΙΚΗ

Πρώτη ύλη είναι ο πηλός → κύριο χαρακτηριστικό του: η πλαστικότητα → ευρύτατα διαδεδομένος

Διαδικασία παραγωγής:

- επιλογή πηλού
- επεξεργασία πηλόμαζας (π.χ. απομάκρυνση χονδρών σωματιδίων, προσθήκη μη πλαστικών υλών π.χ. άμμος, χαλαζίας, ασβεστίτης, κοπανισμένα όστρεα κ.α., ανάμιξη πηλών)
- μορφοποίηση αγγείου (χειροποίητο ή τροχήλατο από την 3^η χιλιετία π.Χ. και εξής)
- Στέγνωμα - λείανση - στίλβωση – διακόσμηση
- όπτηση

Κάθε στάδιο προϋπέθετε υψηλά επίπεδα γνώσης και πείρας.

ΟΠΤΗΣΗ

- Η ατμόσφαιρα, η θερμοκρασία και η διάρκεια της όπτησης είναι παράγοντες εξαιρετικής σημασίας
 - Η ατμόσφαιρα όπτησης, η παρουσία ή η απουσία δηλαδή επαρκούς οξυγόνου στην ανοιχτή φωτιά ή στον κλίβανο (οξειδωτική – αναγωγική ατμόσφαιρα) και ο συνδυασμός τους επηρέαζαν το χρώμα, τη στιλπνότητα και τις ιδιότητες του αγγείου
 - Το ίδιο σημαντική για το χρώμα του αγγείου ήταν και η χημική σύσταση του πηλού, του επιχρίσματος, της βαφής
 - Με την ανοιχτή φωτιά ήταν δυνατό να επιτευχθούν θερμοκρασίες μέχρι 900 βαθμούς Κελσίου περίπου, ενώ οι θερμοκρασίες στον κλίβανο ξεπερνούσαν τους 1000 βαθμούς
 - Η όπτηση μπορεί να διαρκούσε ακόμα και 8 ώρες
-

ΠΗΛΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΑ

- Με την όπτηση, τη θέρμανση του πηλού σε υψηλές θερμοκρασίες αλλάζει μόνιμα η δομή και οι ιδιότητες του πηλού - ο πηλός γίνεται 'συνθετική' πέτρα
 - Η επίτευξη υψηλών θερμοκρασιών είχε ως αποτέλεσμα να ενδιαφερθεί ο προϊστορικός άνθρωπος για την επίδραση της φωτιάς και σε άλλα υλικά → είτε παρατηρώντας κάποιο τυχαίο γεγονός είτε με πειραματισμό
 - Θα μπορούσαμε να φανταστούμε στον κύκλο μιας φωτιάς ή στο καμίνι ενός κεραμέα κάποιες πέτρες από τη θερμότητα να λιώνουν και να ρέουν και μετά αφού κρύνε η φωτιά να ξαναγίνονται στερεές. Το αποτέλεσμα αυτό στην αρχή θα παραξένεψε τον άνθρωπο αλλά μετά θα αναζήτησε στη φύση αυτές τις πέτρες για να επαναλάβει και να εξερευνήσει το φαινόμενο
-

Η ΠΡΩΤΗ ΕΠΑΦΗ ΜΕ ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

- Τα πρώτα μέταλλα που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος θεωρείται ότι ήταν τα αυτοφυή, δηλαδή μέταλλα στη στοιχειακή τους μορφή, που μπορούσαν να δεχτούν μηχανική 'ψυχρή' κατεργασία
 - Τέτοια ήταν ο χαλκός και ο χρυσός → αντικείμενα έχουν βρεθεί ήδη από τη Νεολιθική εποχή
 - Οι 'πέτρες' από αυτοφυή χρυσό δεν έσπαγαν, αλλά έπαιρναν το σχήμα που έδινε ο άνθρωπος με τη σφυρηλάτηση → κοσμήματα
 - Ο δε χαλκός γινόταν και πιο σκληρός → εργαλεία: λεπίδες, αγκίστρια, αιχμές
-

ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΦΩΤΙΑ

- Παράλληλα, κάποια ορυκτά, όπως ο μαλαχίτης και ο αζουρίτης με τα λαμπερά τους χρώματα πρέπει να χρησιμοποιήθηκαν περίπου όπως οι λίθοι από τον προϊστορικό άνθρωπο – αλλά και σαν χρωστικές ουσίες
 - Η φυσική ανθρώπινη περιέργεια πρέπει να οδήγησε σε πειραματισμούς με τις πρώτες ύλες, στη συνειδητοποίηση των ιδιοτήτων των μετάλλων (π.χ. ελατότητα, πλαστικότητα, δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης) και στη σύνδεση της φωτιάς με την κατεργασία τους
 - Η άποψη ότι η ανακάλυψη της τήξης των μετάλλων συνέβη τυχαία σε κάποια ανοιχτή φωτιά για το ψήσιμο αγγείων δεν πρέπει να απέχει πολύ από την πραγματικότητα
-

ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΑ

- Εκτός από τα αυτοφυή μέταλλα που είναι σχετικά σπάνια, τα διάφορα μεταλλικά στοιχεία παρουσιάζονται στη φύση με τη μορφή ορυκτών (θειούχων, ανθρακικών, οξειδίων)
 - Η εξαγωγή του μετάλλου από τα ορυκτά είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις, πραγματοποιείται με τη βοήθεια της φωτιάς και προϋποθέτει κάποιο είδος καμίνου
 - Η τεχνολογία αυτή ήταν γνωστή ήδη από τα Νεολιθικά χρόνια → ο άνθρωπος αποκτά τη δύναμη να διαμορφώνει το φυσικό περιβάλλον
-

ΝΕΟΛΙΘΙΚΗ ΕΠΟΧΗ

- ❑ Αν και τελικό στάδιο της Εποχής του Λίθου, τα μεταλλικά αντικείμενα είναι συχνά ευρήματα από τα Βαλκάνια ως τη Μεσοποταμία
 - ❑ Η διασπορά αυτή ευρημάτων και τεχνολογιών που είχε κάποτε ερμηνευτεί ως διάχυση της μεταλλευτικής τεχνολογίας από την Ανατολή προς τη Δύση
 - ❑ Στις μέρες μας ερμηνεύεται περισσότερο ως αποτέλεσμα της αυτόνομης ανάπτυξης της μεταλλουργίας σε διάφορα ανεξάρτητα κέντρα
 - ❑ Πάντως, η ανταλλαγή εμπειριών και μεταλλευτικής τεχνογνωσίας δεν θα πρέπει να αποκλειστεί τελείως, καθώς υπήρχαν εμπορικές σχέσεις μεταξύ των κοινωνιών που και συχνές ήταν και κάλυπταν μεγάλες αποστάσεις
 - ❑ Στον ελληνικό χώρο 4 είναι τα μέταλλα που απαντώνται την εποχή αυτή: χαλκός, χρυσός, άργυρος και μόλυβδος – σε μεγαλύτερες ποσότητες και με ευρύτερη διασπορά ο χαλκός
-

Χαλκός - Cu

- Η κατεργασία του χαλκού που τήκεται στους 1083 C μαρτυρά μια προχωρημένη πυροτεχνουργική επιδεξιότητα
 - Κύρια ορυκτά μαλαχίτης, αζουρίτης, χαλκοπυρίτης, κυπρίτης
-



ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΧΑΛΚΟΥ

Η ιστορία της κατεργασίας του χαλκού μπορεί να συνοψιστεί στα ακόλουθα εξελικτικά στάδια:

- ❑ Σφυρηλάτηση – κόψιμο – λείανση αυτοφυούς χαλκού χωρίς τη χρήση φωτιάς
- ❑ Σφυρηλάτηση με χρήση φωτιάς
- ❑ Εκκαμίνευση οξυγονούχων και ανθρακούχων μεταλλευμάτων χαλκού
- ❑ Τήξη του παραγόμενου μετάλλου και χύτευση σε μήτρες
- ❑ Παρασκευή κραμάτων
- ❑ Εκκαμίνευση θειούχων μεταλλευμάτων χαλκού
- ❑ Χύτευση σε καλούπια με τη τεχνική της κηρόχυσης

Τα στάδια αυτά ορίζουν με γραμμικό τρόπο διαδικασίες που μπορεί να συνυπήρξαν ή και να μην απασχόλησαν όλες τις προϊστορικές κοινωνίες

Καμίνια



- Αρχικά το λιώσιμο των μετάλλων πρέπει να πραγματοποιούνταν σε κοιλότητες στο χώμα
- Στη συνέχεια, θα πρέπει να εφευρέθηκε ένα είδος πήλινης κατασκευής, που επέτρεπε την εισαγωγή αέρα για να ανεβαίνει η θερμοκρασία της φωτιάς
- Κάπως έτσι πρέπει να φτιάχτηκε το πρώτο καμίνι που μπορεί αρχικά να έμοιαζε με ανοιχτό πιθάρι με οπές στα τοιχώματα για να φυσάνε τη φωτιά
- Στο εσωτερικό έβαζαν στρώσεις από κάρβουνα και θρυμματισμένο μέταλλο ενώ στον πυθμένα υπήρχε μια οπή για να ρέει το λιωμένο μέταλλο
- Το παραπροϊόν της εκκαμίνευσης, οι σκωρίες, έμεναν στον πυθμένα
- Τα καμίνια ήταν συνήθως πρόχειρες εγκαταστάσεις σε υψώματα για να λαμβάνουν ισχυρά ρεύματα αέρα

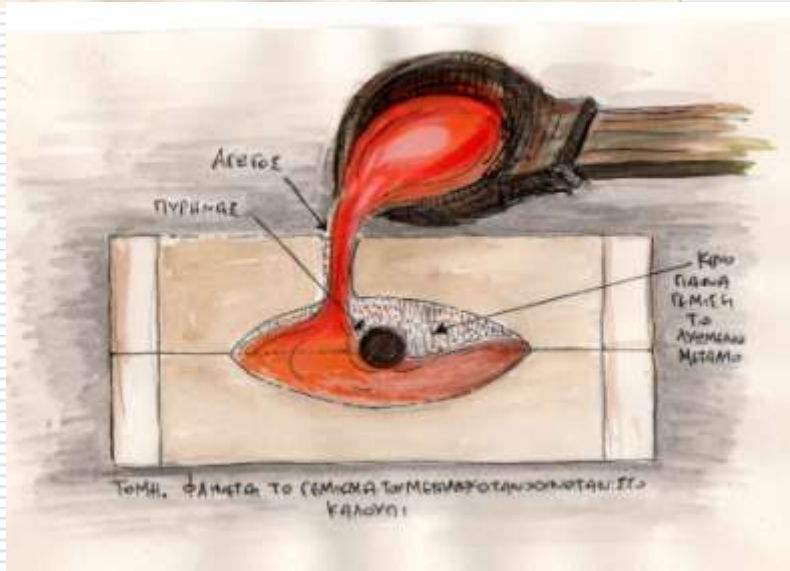


Εργαλεία της φωτιάς

- ❑ Φυσερό
- ❑ Χοάνη - χωνευτήρι
- ❑ Μήτρα - καλούπι



Χύτευση



Τάλαντα



Κράματα χαλκού

Ο χαλκός εκτός από καθαρός βρισκόταν ως το κύριο μέταλλο στα ακόλουθα κράματα:

- ❑ Χαλκός + αρσενικό σε μικρά ποσοστά → αρσενικούχος χαλκός ή μπρούτζος → το κράμα προερχόταν από την κοινή εκκαμίνευση μεταλλευμάτων χαλκού και αρσενικού → συνειδητό και σκόπιμο κράμα ή όχι;
- ❑ Χαλκός + κασσίτερος → μπρούτζος ή κρατέρωμα → πρόσθεταν στο τήγμα χαλκού μια υπολογισμένη ποσότητα κασσιτέρου (σύντηξη)
- ❑ Χαλκός + κασσίτερος + μόλυβδος → τριμερές κράμα
- ❑ Χαλκός + ψευδάργυρος → ορείχαλκος

Ορείχαλκος

- Cu + Zn
- Από τη Ρωμαϊκή εποχή και εξής
- Παραγωγή του κράματος με έμμεσο τρόπο, χωρίς να γνωρίζουν τον ψευδάργυρο
- Έβαζαν μικρά κομματάκια φύλλου χαλκού σε ένα χωνευτήρι μαζί με καλαμίνα (ZnO) και τριμμένο ξυλοκάρβουνο
- Το τοποθετούσαν σε ένα κλίβανο και όταν η θερμοκρασία έφτανε τους 800 βαθμούς ο ψευδάργυρος ελευθερωνόταν και πότιζε τα φύλλα χαλκού → επιψευδαργυρωμένος χαλκός (ασημί χρώμα)
- Μετά ανέβαζαν τη θερμοκρασία μέχρι να λιώσει το μέταλλο και να ομογενοποιηθεί το τήγμα → χρυσαφί χρώμα, μορφοποίηση σε καλούπια από πηλό ή άμμο
- Δεν υπήρχε έλεγχος ως προς το ποια ποσότητα Zn θα εισχωρήσει στο κράμα έτσι τα κράματα μπορούσαν να περιέχουν από 3% ως και 27% ψευδάργυρο
- Ο ψευδάργυρος τελικά απομονώνεται στο Βέλγιο τον 17^ο αι.

Χρυσός - Au

- ❑ Ο χρυσός τήκεται στους 1063 C
- ❑ Συναντάται στη φύση κατά 95% σε αυτοφυή κατάσταση με τη μορφή σκόνης ή ψηγμάτων στην άμμο των ποταμών ή μέσα σε χαλαζιακά κυρίως πετρώματα
- ❑ Κατά συνέπεια λαμβανόταν στη στοιχειακή του μορφή σε όλη τη διάρκεια της αρχαιότητας, είτε από τις προσχώσεις ποταμών είτε από το υπέδαφος
- ❑ Χρυσός με 20-50% Ag → ήλεκτρο, φυσικό κράμα



Μυκηναϊκά χρυσά



- ❑ Ο χρυσός είναι λαμπερός, σχετικά εύπλαστος, σπάνιος, δεν οξειδώνεται → πολύτιμο μέταλλο
 - ❑ Χρησιμοποιήθηκε κυρίως για την κατασκευή πολυτελών αντικειμένων ή αντικειμένων γοήτρου και κοσμημάτων και αργότερα στην κοπή νομισμάτων
-

Ασήμι - Ag

- ❑ Ο άργυρος τήκεται στους 960 C
- ❑ Σπάνια απαντάται σε αυτοφυή μορφή – συνήθως λαμβάνεται από το αργυρούχο γαληνίτη
- ❑ Αυτοφυής άργυρος έχει εντοπιστεί στο Λαύριο
- ❑ Η Λαυρεωτική υπήρξε χώρο πηγή αργύρου, μολύβδου αλλά και χαλκού ήδη από τα προϊστορικά χρόνια, ενώ έγινε διάσημη για το ασήμι που παρείχε στους Αθηναίους



Αρχαιολογική έρευνα στο Λαύριο

- ❑ Η ανασκαφική έρευνα σε σχέση με το μεταλλευτικό/μεταλλουργικό παρελθόν της Λαυρεωτικής έχει αποκαλύψει:
 - ➔ 20 κάμινοι τήξης μεταλλεύματος (Θορικός-ΔΕΗ, Πουνταζέζα, Λιμάνι Πασά, Μεγάλα Πεύκα)
 - ➔ 55 επίπεδα πλυντήρια
 - ➔ 4 ελικοειδή πλυντήρια
 - ➔ Πάνω από 100 δεξαμενές
 - ❑ Πρόκειται για πολυάριθμα τεχνολογικά ευρήματα που θα μπορούσαν να καταστήσουν το Λαύριο ένα συνολικό μνημείο της αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας
-

Θορικός: Στοά 3



Πλυντήρια και καμίνια



Μόλυβδος - Pb

- ❑ Ο μόλυβδος έχει χαμηλό σημείο τήξης (327 C)
- ❑ Είναι πιθανό να προηγήθηκε στην κατεργασία των μετάλλων
- ❑ Βαρύ αλλά μαλακό μέταλλο
→ χρησιμοποιήθηκε στην αρχιτεκτονική, για σταθμά κ.α.
- ❑ Κύρια ορυκτά είναι ο κερουσίτης και γαληνίτης
- ❑ Μόλυβδος από το Λαύριο εξορύχτηκε από την 3^η χιλιετία π.Χ. → αυτό επιβεβαιώνεται τόσο αρχαιολογικά όσο και αρχαιομετρικά



Σίδηρος - Fe

- ❑ Πιθανόν τα πρώτα σιδηρά αντικείμενα να ήταν φτιαγμένα από μετεωρίτες (συνήθως περιέχουν και νικέλιο ως 20%)
- ❑ Το τέταρτο πιο διαδεδομένο στοιχείο στη γη
- ❑ Σημείο τήξης: 1536 C
- ❑ Εμφανίζεται σποραδικά στη Μινωική Κρήτη και τη Μυκηναϊκή Ελλάδα σε αντικείμενα 'κύρους' (π.χ. σφραγιστικά δαχτυλίδια)
- ❑ Ως μέταλλο για την παραγωγή χρηστικών αντικειμένων εμφανίζεται από τον 11^ο αιώνα π.Χ. (Εποχή του Σιδήρου) και κυριαρχεί από τον 9^ο αι. π.Χ.



Χάλυβας

- Το κρίσιμο στάδιο για την επικράτηση του σιδήρου δεν ήταν τόσο η ελευθέρωση του από τα μεταλλεύματα του – η οποία δεν πραγματοποιήθηκε ποτέ ολοκληρωτικά, ποτέ ο αρχαίος τεχνίτης δεν έλιωσε το σίδηρο για να τον σχηματοποιήσει σε μήτρες - όσο η μετατροπή του σε χάλυβα
 - Χάλυβας → κράμα σιδήρου και άνθρακα, καθιστά το μέταλλο πιο ισχυρό → επιτυγχάνεται τον 13^ο – 14^ο αι. π.Χ. στην Ανατολία και τον 11^ο – 9^ο αι. στον ελλαδικό χώρο
 - Η ενανθράκωση του σιδήρου πραγματοποιούνταν με τη θέρμανση του μέσα σε πυρακτωμένη μάζα ξυλανθράκων → ο άνθρακας πότιζε επιφανειακά το σίδηρο, σχηματίζοντας σκληρές ενώσεις (καρβίδια του σιδήρου) → με την βύθιση του σιδήρου σε νερό ή λάδι η σκληρότητα του κράματος αυξάνει αλλά παράλληλα χάνεται η ελαστικότητα → οπότε ακολουθεί άλλη θερμική επεξεργασία στους 250 – 450 βαθμούς που καθιστά το χάλυβα πάλι ελαστικό
-

Η φωτιά ως καταλύτης του πολιτισμού

- Εκτός από την κεραμική και τη μεταλλουργία η φωτιά χρησιμοποιήθηκε και για την παραγωγή συνθετικών υλών, όπως π.χ. γυαλί και φαγεντιανή από την προϊστορική εποχή
- Η ανακάλυψη της τεχνολογίας των μετάλλων με σκοπό την παραγωγή τόσο χρηστικών όσο και διακοσμητικών αντικειμένων αποτέλεσε μια πραγματική επανάσταση και επέφερε τον μετασχηματισμό των προϊστορικών κοινωνιών ανοίγοντας το δρόμο για:

Εξειδίκευση
εργασίας

Αποδοτικότερη
εργασία

Συσσώρευση
πλούτου

Πηγές

- ❑ Τ. Ε. Levy, Journey to the Copper Age, 2007
 - ❑ Νεολιθικός Πολιτισμός στην Ελλάδα, Μουσείο Κυκλαδικής Τέχνης, 1996 (άρθρα Κ. Ζάχου και Κ. Κωτσάκη)
 - ❑ Ε. Δήμου, Αυτοφυή μέταλλα σε πετρώματα –μεταλλοφορίες της Ελλάδας και η σημασία τους, 1989, Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.
 - ❑ Γ. Βαρουφάκης, Αρχαία Ελλάδα και ποιότητα, 1996
 - ❑ Κ. Κονοφάγος, Το Αρχαίο Λαύριο, 1980
 - ❑ Κ. Τσάιμου, Α. Φραγκίσκος, Ανάδειξη και αξιοποίηση του αρχαίου μεταλλευτικού Λαυρίου, Θ' Έπιστ. Συνάντηση ΝΑ Αττικής Λαύριο, 2000
 - ❑ Χρ. Ντούμας, Η αρχαιολογία της φωτιάς, Καθημερινή, 24-5-2009
 - ❑ <http://akisgoumas-diadromes.blogspot.gr/>
-