

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

ΔΡ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ
ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ,
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΥΠΡΟΥ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πληθώρα αρχαίων μεταλλευτικών εργασιών και εργαλείων, αρχαία κείμενα, ναυάγια και τεράστιες ποσότητες αρχαίων σκουριών αποτελούν πειστικές μαρτυρίες για την έκταση και τη διάρκεια της παραγωγής και εμπορίας του χαλκού στην αρχαία Κύπρο. Στο νησί, περιορισμένη χρήση χαλκού άρχισε τη χαλκολιθική περίοδο όπου υπήρξε ανάπτυξη διαφόρων κλάδων πυροτεχνολογίας και έξαρση στην αναζήτηση χρωματιστών πετρωμάτων που συνέτειναν στην ανακάλυψη των επιφανειακών και με έντονα κόκκινα και κίτρινα χρώματα, των οξειδωμένων μερών των μεγάλων χαλκούχων κοιτασμάτων του Τροόδους. Οι ιδιαίζουσες γεωλογικές συνθήκες των κοιτασμάτων τους βοήθησαν να πετύχουν την πυρομεταλλουργική παραγωγή χαλκού από τα θειούχα ορυκτά του, τη σταδιακή βελτίωση των διαδικασιών και τη μεγιστοποίηση της ανάκτησης του μετάλλου. Διάφοροι γεωλογικοί παράγοντες βοήθησαν στην μεγάλη επέκταση της παραγωγής και εμπορίας του χαλκού και συνέβαλαν καθοριστικά στην ιστορική και πολιτιστική εξέλιξη του νησιού.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας από τους πιο βασικούς συντελεστές της ιστορικής και πολιτιστικής εξέλιξης της Κύπρου ήταν ο ορυκτός πλούτος, κυρίως ο χαλκός και άλλοι φυσικοί πόροι όπως το νερό και τα δάση, με τα οποία η φύση προίκισε πλουσιοπάροχα το οφιολιθικό σύμπλεγμα του Τροόδους. Επίσης, το μοναδικό φυσικό περιβάλλον της που δημιουργήθηκε με πολύπλοκες και μοναδικές γεωλογικές διεργασίες. Ασφαλώς έπαιξε πολύ μεγάλο ρόλο και η στρατηγική γεωγραφική θέση του νησιού στο σταυροδρόμι τριών ηπείρων και στο κέντρο μιας περιοχής που άκμασαν οι μεγαλύτεροι πολιτισμοί της αρχαιότητας. Το οφιολιθικό σύμπλεγμα του Τροόδους συγκαταλέγεται μεταξύ των πέντε πλουσιότερων περιοχών του κόσμου σε χαλκό, έχει το μεγαλύτερο κοίτασμα χρυσοτιλικού αμιάντου στην Ευρώπη και πλούσια κοιτάσματα εξαιρετικής ποιότητας μεταλλουργικού και πυρίμαχου χρωμίτη. Έχει επίσης μεγάλα κοιτάσματα φυσικών ορυκτών χρωμάτων όπως ούμβρες (φαιόχωμα), ώχρες και σιέννες σε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων καθώς και πράσινη γαία (terraverde).

Η εκμετάλλευση των πλούσιων κοιτασμάτων χαλκού στην Κύπρο άρχισε από τη χαλκολιθική εποχή 3500 π.Χ. αρχικά σε πολύ περιορισμένη κλίμακα. Ξαφνικά, στις αρχές της δεύτερης χιλιετηρίδας μέχρι το 500 μ.Χ. το νησί έγινε το μεγαλύτερο κέντρο παραγωγής και εξαγωγής χαλκού στον τότε γνωστό κόσμο. Έτσι, δίκαια κατέστη συνώνυμο με το χαλκό. Η εκτεταμένη εκμετάλλευση των χαλκούχων κοιτασμάτων της Κύπρου από τους αρχαίους φαίνεται από τις πολλές μεταλλευτικές εργασίες, όπως στοές, φρέατα και όλων των ειδών μεταλλευτικά εργαλεία, που βρήκαν οι γεωλόγοι και οι μηχανικοί στα 30 μεταλλεία που επαναλειτούργησαν από το 1920-1980.

Τα περισσότερα από τα αρχαία τάλαντα χαλκού που βρέθηκαν σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου όπως Παλαιστίνη, Κύπρο, Κρήτη, Ηπειρωτική Ελλάδα, Εύβοια, Κέα, Ιταλία, Σικελία και Σαρδηνία, προέρχονται από την Κύπρο και δίνουν μια εικόνα της παραγωγής και της έκτασης του εμπορίου του χαλκού, ιδιαίτερα μετά το 1500 π.Χ. Η μεγαλύτερη όμως ποσότητα τάλαντων βρέθηκε στα φορτία δύο αρχαίων ναυαγίων στο Ulu Burum και στο Ακρωτήριο της Νέας Κελαηδονίας στις νότιες ακτές της Τουρκίας,

βόρεια της Κύπρου. Το πρώτο ναυάγιο είναι του 14ου π.Χ. αιώνα και σ' αυτό βρέθηκαν πέραν των 200 ταλάντων, συνολικού βάρους πέραν των έξι τόνων χαλκού και το δεύτερο του 13ου π.Χ. αιώνα (Bass, 1987, 1967). Στην ανώμαλη πλευρά μερικών ταλάντων του ναυαγίου του Ακρωτηρίου της Νέας Κεληδονίας, υπάρχουν ενσφράγιστα σημάδια τα οποία αναγνωρίστηκαν ότι ανήκουν στο Κυπρο-Μινωϊκό συλλαβάριο (Boss, 1962). Στην ομαλή επιφάνεια άλλων ταλάντων του ίδιου ναυαγίου υπάρχουν εγχάρακτα σημάδια τα οποία πιθανόν να πιστοποιούν το μεταλλείο ή τον ιδιοκτήτη του μεταλλείου από όπου προήλθε ο χαλκός (Boss, 1967).

Η Κύπρος ως παραγωγός και εξαγωγέας χαλκού αναφέρεται στα πολύ αρχαία κείμενα της Εγγύς Ανατολής στην αρχή με το τοπωνύμιο Αλάσια. Τα πρώτα κείμενα προέρχονται από το Μαρί της Μεσοποταμίας (1782-1739 π.Χ.) και τη Βαβυλώνα (1750-1702 π.Χ.) (Muhly, 1982), ενώ κείμενα των Χετταίων του 15ου π.χ. αιώνα μιλούν για μεταφορά χαλκού από τα βουνά της Αλάσια (Goetze, 1959). Η πρώτη αναφορά σε μεταφορά χαλκού από την Αλάσια στην Αίγυπτο γίνεται σε κείμενο της εποχής του Tutmosis III το 1470 π.Χ. (Georgiou, 1979). Το μεγαλύτερο όμως εμπόριο χαλκού με την Αίγυπτο γίνεται στην περίοδο της Αμάρνα, όπως φαίνεται στις επτά επιστολές που έγραψε ο βασιλιάς της Αλάσιας στο Φαραώ Ακενάτεν (1362-1329 π.Χ.). Στην δεύτερη επιστολή αναφέρεται στην αποστολή 100 ταλάντων (περίπου τρεις τόνοι χαλκού) και λυπάται γιατί δεν έχει αρκετούς ανθρώπους για να παραγάγει και να στείλει περισσότερα. Τέλος, ο Όμηρος αναφέρεται σε πολλές περιπτώσεις στο χαλκό της Κύπρου. Αναφέρεται στην Ταμασσό και την Φουκάσα (δύο μεταλλευτικά κέντρα χαλκού) όπου οι άνθρωποι αντάλασσαν το χαλκό με άλλα προϊόντα, ενώ οι πανοπλίες και τα ξίφη του Αχιλλέα και Αγαμέμνονα ήταν κατασκευασμένα από χαλκό της Κύπρου.

Η πιο πειστική όμως μαρτυρία του μεγέθους και της διάρκειας της μεταλλευτικής βιομηχανίας του χαλκού στην αρχαία Κύπρο είναι οι σαράντα και πλέον σωροί σκουριάς, που βρέθηκαν κυρίως στην περιοχή των λαβών που αποτελούν την περιφέρεια της οροσειράς του Τροόδους. Η συνολική ποσότητα των σκουριών είναι 4 εκατομμύρια τόνοι και υπολογίστηκε ότι ήταν τα κατάλοιπα της παραγωγής 200.000 τόνων μετάλλου για μια περίοδο 3000 χρόνων.

Η ΚΥΠΡΟΣ ΣΤΗ ΧΑΛΚΟΛΙΘΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ

Η χρήση του χαλκού στην Κύπρο καθυστέρησε σε σχέση με άλλες γειτονικές χώρες, την Ελλάδα και τη νοτιοανατολική Ευρώπη. Στη Γιουγκοσλαβία (Jovanovic, 1980) και στη Βουλγαρία (Todorova, 1986) υποτυπώδης μεταλλουργία χαλκού άρχισε από το 5000 π.Χ. και γύρω στο 4300 π.Χ. παρήγαγαν χάλκινα εργαλεία προηγμένης μεταλλουργικής γνώσης, ενώ στους Σιταγρούς στη Βόρεια Ελλάδα βρέθηκαν χάλκινα αντικείμενα του 4800 π.Χ. (Renfrew, 1973).

Στο Καγυόνου Τεπεσί της Ανατολίας σφυρήλατος χαλκός χρησιμοποιήθηκε το 7000 π.Χ. αλλά χαλκός με πυρομεταλλουργική επεξεργασία παρήχθη πολύ αργότερα το 4500 π.Χ. (Muhly, 1989). Σημαντικά χάλκινα αντικείμενα της χαλκολιθικής περιόδου βρέθηκαν στη νότια Παλαιστίνη. Η συντριπτική πλειοψηφία των χάλκινων αντικειμένων βρέθηκαν στο σπήλαιο Nahal Mishmar κοντά στη Νεκρά Θάλασσα και η ηλικία τους με τη μέθοδο του ραδιενεργού άνθρακα υπολογίστηκε μεταξύ 3800 και 3500 π.Χ.

Κατά την περίοδο αυτή οι συνολικές ποσότητες χαλκού που βρέθηκαν στην Βουλγαρία και Γιουγκοσλαβία είναι μεγαλύτερες από εκείνες που βρέθηκαν στην Ανατολία, παρ' όλον ότι στην τελευταία υπάρχουν πολύ μεγαλύτερα κοιτάσματα χαλκού. Ο βασικός λόγος ήταν ότι η παραγωγή του χαλκού αρχικά προερχόταν από αυτοφυή χαλκό και αργότερα από μεταλλουργική επεξεργασία οξειδίων του χαλκού. Τα χαλκούχα κοιτάσματα της Ανατολίας ήταν θειούχα και η παραγωγή χαλκού από αυτά ήταν άγνωστη. Ένα άλλο χαρακτηριστικό στοιχείο της περιόδου αυτής ήταν ότι οι μικρές ποσότητες χαλκού που παράγονταν ικανοποιούσαν μόνο τοπικές ανάγκες και δεν παρατηρήθηκε μεταφορά ή εμπόριο του χρησιμοποιούμενου μετάλλου σε άλλες περιοχές. Εξαιρέση αποτελούν τα χάλκινα αντικείμενα του Nahal Mishmar που κατασκευάστηκαν από χαλκό με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα αρσενικού. Η μη ύπαρξη

κοιτασμάτων χαλκού στην γύρω περιοχή με τέτοια περιεκτικότητα αρσενικού υποδηλώνει ότι πιθανόν ο χαλκός να προέρχεται από την περιοχή του Καυκάσου όπου υπάρχουν τέτοια κοιτάσματα. Αντίθετα ήδη από την έβδομη π.Χ. χιλιετηρίδα της Νεολιθικής Εποχής υπήρχε καλά ανεπτυγμένη μεταφορά (εμπόριο) οψιανού του πιο χρήσιμου λίθου της εποχής αυτής που επεκτεινόταν από τη Λίμνη Βαν της Αρμενίας μέχρι τη Μεσοποταμία και από την Καππαδοκία μέσω Συροπαλαιστίνης μέχρι την Αίγυπτο και την Κύπρο (Renfrew, 1973).

Στην Κύπρο, παρόλο ότι ευλογήθηκε από τη φύση με πολλά κοιτάσματα χαλκού, η χρήση του μετάλλου αυτού στη χαλκολιθική περίοδο ήταν πολύ περιορισμένη σε σύγκριση με άλλες χώρες και η μεταλλουργία του χαλκού ήταν υποτυπώδης ή σχεδόν ανύπαρκτη. Χάλκινα αντικείμενα της περιόδου αυτής βρέθηκαν στα νοτιοδυτικά παράλια του νησιού και περιλαμβάνουν ένα ακγίστρι 3.500 π.Χ. από την Κισσόνεργα (Peltenberg, 1982), ένα κοπίδι 3.200 π.Χ. από την Ερήμη (Δίκαιος, 1936), ένα κοπίδι 2500 π.Χ. από τη Λέμπα, μια λεπίδα, μια αξίνα, ένα σκεπάρνι, και ένα κοπίδι 2.500 π.Χ. από την Κισσόνεργα (Peltenberg, 1982) και μια ελικοειδή χάντρα 2500 π.Χ. από τη Σουσκίου (Christou, 1989).

Αρχαιολογικά ευρήματα υποδηλούν ότι στα παράλια της νοτιοδυτικής Κύπρου οι χαλκολιθικοί οικισμοί είχαν ανεπτυγμένη γεωργική παραγωγή. Οι κάτοικοι των οικισμών αυτών υπήρξαν πρωτοπόροι και πιο επιδεκτικοί σε αλλαγές και πρόοδο από προηγούμενους οικισμούς στο υπόλοιπο νησί (Peltenberg, 1982). Είχαν έντονα αισθητικά ενδιαφέροντα και αναζητούσαν χρωματιστούς λίθους, όπως ώχρα για διακόσμηση κεραμικών και πρασινομπλέ πικρόλιθο για την κατασκευή σταυροειδών ειδωλίων, περιδεραίων και περιάπτων. Η ανεύρεση σ' αυτούς τους οικισμούς σάρδιου λίθου, ελαφαντόδοντου και οψιανού υποδηλώνει υπερπόντιες επαφές με Συροπαλαιστίνη, Αίγυπτο και Ανατολία αντίστοιχα. Παράλληλα σ' αυτούς αναπτύχθηκαν, διάφοροι κλάδοι πυροτεχνολογίας όπως η παραγωγή ασβέστη για επιχρίσματα για κάλυψη των δαπέδων των οικιών και παραγωγή κόκκινων και μαύρων κεραμικών με ελεγχόμενες οξειδοαναγωγικές συνθήκες στα καμίνια που έψηναν τα κεραμικά. Τέλος, σύμφωνα με τα αρχαιολογικά ευρήματα οι κάτοικοι των οικισμών της περιοχής αυτής ανέπτυξαν πολύ καλά την τεχνική της ανόρυξης φρεάτων με διάμετρο πέραν του ενός μέτρου και βάθους μέχρι οκτώ μέτρων για την ανεύρεση υπόγειου νερού για τις περιόδους ανομβρίας από την έκτη π.Χ. χιλιετηρίδα.

ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

Είναι σ' αυτή τη φάση της αναγνώρισης, της διάκρισης και της δημιουργίας τεχνικών ειδικοτήτων που εμφανίζεται ο χαλκός, αρχικά ως σφυρήλατος και αργότερα με πυρομεταλλουργική κατεργασία. Τα αρχαιολογικά όμως δεδομένα είναι πολύ περιορισμένα για την ιχνηλάτηση των αιτίων και των λεπτομερειών της ανάπτυξης αυτής της τεχνολογίας. Ο πρώτος χαλκός βρέθηκε και παράχθηκε από τις μικρές εμφανίσεις οξειδίων του χαλκού μέσα στις αλλόχθονες τριαδικές (200 εκ. χρόνια) λάβες πολύ κοντά στους οικισμούς. Αργότερα η έντονη αναζήτηση χρωμάτων, όπως ώχρας και πικρόλιθου, τους οδήγησε κατά μήκος των ποταμών προς τα βουνά του Τροόδους και στην περιοχή των αυτόχθονων κρητιδικών λαβών του (90 εκ. χρόνια), όπου βρήκαν τις οξειδώσεις των μεγάλων χαλκούχων κοιτασμάτων.

Οι αρχαίοι, όταν έφτασαν στα κοιτάσματα των λαβών του Τροόδους, βρήκαν τον αυτοφυή χαλκό και τον χρησιμοποίησαν. Περιορισμένες ποσότητες αυτοφυούς χαλκού βρέθηκαν και κατά τους νεότερους χρόνους σε διάφορα χαλκούχα κοιτάσματα καθώς επίσης στα κοιτάσματα χρωμιτών στους δουνίτες του Τροόδους. Από τους αρχαίους δεν έγινε εκμετάλλευση των χρωμιτών ούτε φυσικά του μεταλλικού χαλκού του. Στα χαλκούχα κοιτάσματα μεταλλικός χαλκός γύρω από τα καλύμματα των οξειδώσεων (gossans) ίσως σχηματίστηκε από την αναγωγή διαλύματος θεικού χαλκού σε μεταλλικό με ρητίνη του πεύκου, που βρισκόταν στο έδαφος. Το έδαφος ήταν πλούσιο σε ρητίνη, επειδή οι περιοχές των οξειδώσεων καλύπτονταν με πυκνά δάση πεύκων, των οποίων η ανάπτυξη ευνοείτο από το χαμηλό pH του εδάφους και την ψηλή περιεκτικότητα σε

σίδηρο. Τα ξύλα πεύκου που χρησιμοποιήθηκαν από τους αρχαίους για υποστύλωση μεταλλευτικών στοών και τα οποία έμειναν θαμμένα στα εγκαταλειμμένα μεταλλεία για χιλιάδες χρόνια, διατηρήθηκαν σε άριστη κατάσταση λόγω του ότι ήταν εμβαπτισμένα σε όξινο νερό πλούσιο σε θειικό σίδηρο και χαλκό. Τα ξύλα, που ήταν πλούσια σε ρητίνη, είχαν εμποτιστεί με μεταλλικό χαλκό και πολλές φορές παρατηρήθηκε ψευδομόρφωση ρητίνης από μεταλλικό χαλκό.

Τα έντονα κόκκινα και κίτρινα χρώματα των οξειδώσεων θύμιζαν στους αρχαίους τη φωτιά, αφού δεν μπορούσαν να εξηγήσουν την προέλευσή τους από χημικές αντιδράσεις. Πολύ πιθανόν να απέδωσαν το σχηματισμό του αυτοφυούς μεταλλικού χαλκού στην επίδραση της φωτιάς στο κοίτασμα και τις οξειδώσεις ως τα κατάλοιπα αυτής της διεργασίας. Γι' αυτό όταν σύντομα εξαντλήθηκαν οι περιορισμένες ποσότητες αυτοφυούς χαλκού προχώρησαν κάτω από το κάλυμμα των οξειδώσεων το πάχος των οποίων ήταν το ίδιο με το βάθος των φρεάτων που εκείνη την εποχή μπορούσαν να ανοίξουν εξερευνώντας για περισσότερο μεταλλικό χαλκό. Αντί αυτού όμως συνάντησαν το μετάλλευμα της Ζώνης δευτερογενούς εμπλουτισμού πολύ πλούσιο σε χαλκό (10-25%) που αποτελείτο κυρίως από θειούχα ορυκτά του χαλκού κυρίως χαλκοπυρίτη (CuFeS_2), βορνίτη (Cu_4FeS_5), χαλκοσύνη (Cu_2S), και κοβελλίνη (CuS). Δοκίμασαν να κάψουν το θειούχο χαλκούχο μετάλλευμα στη φωτιά επιδιώκοντας να φτάσουν τις ίδιες θερμοκρασίες στις οποίες επτύγχαναν τη μετατροπή του πηλού σε κεραμικό και του ασβεστόλιθου σε ασβέστη. Στις ίδιες περίπου θερμοκρασίες γίνεται και η φρύξη των θειούχων ορυκτών του χαλκού και μάλιστα με λιγότερη ενέργεια διότι η καύση τους είναι εξώθερμη και αυτοπαράγει ενέργεια. Με έκπληξη παρατήρησαν ότι με τη φρύξη από το χρυσοκίτρινο χαλκοπυρίτη, τον κόκκινο βορνίτη και το βαθύ μπλε χαλκοσύνη και κοβελλίνη παράγονταν οξειδία με παρόμοια χρώματα με εκείνα των οξειδωμένων καλυμμάτων των κοιτασμάτων. Ενθαρρύνθηκαν με την πρώτη επιτυχία και συνέχισαν την προσπάθεια με στόχο να πετύχουν την τήξη των οξειδίων και για το σκοπό αυτό χρησιμοποίησαν κάρβουνο. Με τη χρήση του τελευταίου πέτυχαν πιο ψηλές θερμοκρασίες και την τήξη των οξειδίων αλλά ταυτόχρονα δημιούργησαν τις αναγωγικές συνθήκες που ήταν απαραίτητες για την παραγωγή μεταλλικού χαλκού από τα οξειδία του.

Η σταδιακή εξέλιξη και βελτίωση των πυρομεταλλουργικών μεθόδων φαίνεται από τη μελέτη των μορφολογικών χαρακτηριστικών της ορυκτολογίας και της χημικής σύστασης των διαφόρων στρωμάτων των σωρών της σκουριάς. Σε διάφορα επίπεδα των σωρών βρέθηκαν πέτρες, παρμένες από τους πιο κοντινούς ποταμούς και οι οποίοι πηγάζουν από το Τρόδος, προσεκτικά επιλεγμένες που να ικανοποιούν τις ιδιαίτερες απαιτήσεις της κάθε χρήσης. Σπάνια βρέθηκαν στους εν λόγω σωρούς πυρομεταλλουργικά καμίνια. Για το σπάσιμο και τριβή του μεταλλεύματος χρησιμοποιούσαν αποκλειστικά μικροκρυσταλλικό γάββρο, ο οποίος λόγω της ορυκτολογικής υφής του αντέχει στην τριβή ενώ για την κατασκευή των καμινιών χρησιμοποιούσαν κυρίως πυρίμαχα υπερβασικά πετρώματα όπως δουνίτη και περιδοτίτη. Συγκρίνοντας τη χημική σύσταση των χαλκούχων μεταλλευμάτων με εκείνη των σκουριών είναι φανερό ότι στην εξέλιξη των μεταλλουργικών μεθόδων οι αρχαίοι χρησιμοποίησαν διάφορα συλλιπάσματα για τη μείωση της θερμοκρασίας τήξεως αλλά και τη βελτίωση του ιξώδους του τήγματος και τη μεγιστοποίηση της ανάκτησης του χαλκού. Στις παλιές σκουριές η περιεκτικότητα σε χαλκό είναι 2.5%, ενώ στις νεότερες μειώνεται στο 0.3%.

Οι γεωλογικές συνθήκες των χαλκούχων κοιτασμάτων του Τρόδους παρείχαν το κίνητρο στους αρχαίους μεταλλουργούς να δοκιμάσουν διάφορα πετρώματα γύρω από αυτά σαν πιθανές πηγές χαλκού. Τέτοια πετρώματα ήταν τα καλύμματα (gossans) που προήλθαν από την οξείδωση των κοιτασμάτων και που αποτελούνται από ζώνες με διάφορες αναλογίες υδροξειδίων του σιδήρου και άμορφο διοξείδιο του πυριτίου με έντονα κόκκινα και κίτρινα χρώματα. Κοντά στα κοιτάσματα στις πλείστες περιπτώσεις εμφανίζονται ούμβρες. Το πάχος των ιζημάτων αυτών κυμαίνεται από πέντε μέχρι είκοσι μέτρα και αποτελούνται κυρίως από άμορφο υδροξείδιο του σιδήρου και διάφορες αναλογίες άμορφο υδροξείδιο του μαγγανίου και μικρές ποσότητες άμορφο

διοξειδίο του πυριτίου σε μια μεγάλη ποικιλία χρωμάτων από καστανό μαύρο σε καφέ κίτρινο. Τέλος, σε αρκετά κοιτάσματα το μέταλλωμα καλύπτεται από ιζήματα ώχρας το πάχος των οποίων κυμαίνεται από πέντε μέχρι δεκαπέντε μέτρα και αποτελούνται κυρίως από μικροκρυσταλλικό υδροξείδιο του σιδήρου και μικρές ποσότητες άμορφο διοξειδίο του πυριτίου και ίχνη υδροξειδίου του μαγγανίου με έντονο κόκκινο πορτοκαλί και κίτρινο χρώμα. Όλα αυτά τα πετρώματα είναι μαλακά και εύθρυπτα και η εξόρυξή τους είναι εύκολη ακόμη και με πρωτόγονα μέσα. Τα πετρώματα αυτά δεν περιέχουν χαλκό αλλά όταν δοκιμάστηκαν από τους αρχαίους μεταλλουργούς, αποδείχτηκαν εξαιρετικά συλλιπάσματα που βελτιώναν τις φυσικές ιδιότητες του τήγματος των χαλκούχων μεταλλευμάτων και μεγιστοποιούσαν την ανάκτηση του χαλκού λόγω της χημικής και ορυκτολογικής τους σύστασης. Η χρήση των πετρωμάτων αυτών στην πυρομεταλλουργική επεξεργασία των χαλκούχων μεταλλευμάτων φαίνεται εύκολα από τη σύγκριση της χημικής τους σύστασης με εκείνη του μεταλλεύματος των χαλκούχων κοιτασμάτων και των σκουριών.

Η ώχρα και η ούμβρα χρησιμοποιήθηκαν επίσης εκτεταμένα σαν ορυκτά χρώματα, για διακόσμηση κεραμικών από τη χαλκολιθική περίοδο μέχρι σήμερα, καθώς και από τους αγιογράφους από τους Βυζαντινούς χρόνους μέχρι σήμερα. Χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται στους νεότερους χρόνους από τις μεγάλες βιομηχανίες χρωμάτων της Ευρώπης και της Αμερικής. Η ώχρα είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη σε μεγάλο πάχος στα κοιτάσματα Μαυροβουνίου, Σκουριώτισσας, Απλικιού και Μαθιάτη. Οι ώχρες των κοιτασμάτων αυτών περιέχουν μέχρι 80% οξειδία του σιδήρου και μικρότερες ποσότητες άμορφο διοξειδίο του πυριτίου και συνιστούν καλής ποιότητας μέταλλωμα σιδήρου. Υπήρχαν συνεπώς οι προϋποθέσεις κατά τις πυρομεταλλουργικές δοκιμές της ώχρας για παραγωγή χαλκού αντί αυτού να παραχθεί μεταλλικός σίδηρος.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΕΤΕΛΕΣΑΝ ΣΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ

Η μεγάλη ανάπτυξη της εκμετάλλευσης του χαλκού στην Κύπρο οφείλεται σε διάφορους λόγους, οι πιο πολλοί από τους οποίους έχουν σχέση με τη γεωλογία του νησιού. Ο πρώτος και κυριότερος λόγος είναι η ύπαρξη τριάντα κοιτασμάτων χαλκούχων σιδηροπυριτών, που σχηματίστηκαν στο βυθό της θάλασσας κατά την υποθαλάσσια ηφαιστειακή δράση των λαβών του Τροόδους. Τα βασικά μέταλλα των κοιτασμάτων όπως ο Cu, Fe και Zn προήλθαν από την αλμυρόλυση των υποκείμενων φλεβικών διαβασικών πετρωμάτων και βασαλτικών λαβών με θερμό θαλάσσιο νερό, που κυκλοφορούσε σε μεγάλα βάθη. Την κυκλοφορία του θαλάσσιου νερού υποβοήθησαν βαθιά τεκτονικά ρήγματα και η απαραίτητη θερμική ενέργεια προήλθε από εγκλείσματα μάγματος σε μικρά βάθη στις ζώνες διάνοιξης του ωκεάνιου φλοιού.

Ένας άλλος λόγος για την ανάπτυξη της μεταλλουργίας είναι ότι όλα τα κοιτάσματα ήταν σε μικρά βάθη. Μετά το σχηματισμό τους στο βυθό της θάλασσας τα κοιτάσματα καλύφθηκαν από νεότερες λάβες και ιζήματα συνολικού πάχους 3000 μέτρων. Η ανακάλυψη και εκμετάλλευση χαλκούχων κοιτασμάτων σε τέτοιο βάθος είναι ανέφικτη ακόμη και με τα σημερινά δεδομένα. Πολύπλοκες όμως τεκτονικές διεργασίες, που κράτησαν εκατομμύρια χρόνια με επιστέγασμα τη γεωλογικά πρόσφατη διαφορική ανύψωση του Τροόδους, προκάλεσαν αναστροφή της στρωματογραφίας και έφεραν τα κοιτάσματα κοντά στην επιφάνεια. Η διάβρωση που ακολούθησε εξέθεσε μέρος των κοιτασμάτων στην επιφάνεια, τα οποία οξειδώθηκαν και σχημάτισαν καλύμματα με έντονα κόκκινα και κίτρινα χρώματα των οξειδίων του σιδήρου. Το μεγαλύτερο μέρος του χαλκού, που περιείχετο στο οξειδωμένο κοίτασμα, κατείσδυσε στο μη οξειδωμένο κοίτασμα ως διάλυμα θεικού χαλκού και σχημάτισε δευτερογενή θειούχα ορυκτά του χαλκού και ζώνες εμπλουτισμού, τις οποίες εκμεταλλεύτηκαν οι αρχαίοι.

Ο έντονος καταθρυμματισμός του μεταλλεύματος των κοιτασμάτων της Κύπρου είναι ένας άλλος βασικός λόγος για τη μεγάλη κλίμακα εκμετάλλευση των χαλκούχων κοιτασμάτων της Κύπρου από τους αρχαίους. Τα κοιτάσματα αποτελούνται από κομμάτια συμπαγούς μεταλλεύματος σε μια πορώδη μάζα μαλακού και εύθρυπτου

υλικού, η εξόρυξη του οποίου είναι πολύ εύκολη ακόμη και με τα πιο πρωτόγονα εργαλεία. Η ανθρωποενέργεια που χρειαζόταν για την εξόρυξη ορισμένης ποσότητας μεταλλεύματος στην Κύπρο ήταν πολύ μικρότερη από εκείνη που χρειαζόταν για την εξόρυξη της ίδιας ποσότητας σε παρόμοια κοιτάσματα στη Νότια Ισπανία, Κεντρική Ανατολία, Σαουδική Αραβία, Ιράν και Ομάν. Ο καταθρυμματισμός του μεταλλεύματος σχετίζεται με υποθαλάσσια χημική και ηλεκτροχημική διάβρωση καθώς και με τεκτονισμό.

Τέλος, ένας σημαντικός παράγοντας για τη μεγάλη ανάπτυξη και διάρκεια της μεταλλευτικής βιομηχανίας του χαλκού ήταν η συνεχής προμήθεια των απαραίτητων ποσοτήτων ενέργειας. Έχει υπολογιστεί ότι για την παραγωγή 200.000 τόνων μετάλλου χαλκού χρειάστηκαν 60 εκατομμύρια τόνοι κάρβουνου ή 1.200 εκατομμύρια τόνοι ξυλείας, ή 150.000 km² πευκοδάσους. Η Κύπρος με συνολική επιφάνεια 9300 km², χρειάστηκε να αναδασωθεί 16 φορές για να καλύψει τις ανάγκες της μεταλλευτικής βιομηχανίας χαλκού για 3500 χρόνια (Constantinou, 1982). Θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη οι επιπρόσθετες μεγάλες ποσότητες ενέργειας που χρειάστηκαν για την περαιτέρω επεξεργασία μέρους του μεταλλικού χαλκού που παρήχθη για την παραγωγή και εξαγωγή όπλων, γεωργικών εργαλείων, οικιακών σκευών και άλλων χάλκινων αντικειμένων καθημερινής χρήσης, επίσης την ενέργεια που κατανάλωσαν οι ενεργοβόρες βιομηχανίες των κεραμικών και ασβέστη για να συμπληρωθεί η εικόνα της συνολικής έκτασης πευκοδάσους, που χρειάστηκε για μεταλλευτικούς και άλλους σκοπούς στην αρχαία Κύπρο. Τέλος, θα πρέπει να προστεθούν οι μεγάλες ποσότητες ξυλείας για την παραγωγή εμπορικών πλοίων για τη μεταφορά χαλκού και γεωργικών προϊόντων και των πολεμικών στόλων των διαφόρων κατακτητών του νησιού.

Η ανάδυση του Τρόόδου από το βυθό της θάλασσας δημιούργησε μια εντυπωσιακή τοπογραφία και αύξησε της ετήσιας βροχόπτωσης από 300 mm στα πεδινά σε 1200 mm στην κορυφή του Τρόόδου. Ο τεκτονισμός, που συνόδευε την ανύψωση, προκάλεσε έντονο θρυμματισμό των πετρωμάτων του Τρόόδου, τα κατέστησε υδροπερατά με αποτέλεσμα την κατείδωση νερού σε μεγάλα βάθη, τη δημιουργία υδροφορέων και την εκφόρτιση πηγών σε διάφορα υψόμετρα. Οι πηγές αυτές ήταν απαραίτητες για την ανάπτυξη οικισμών και πολιτισμού σε ένα μεσογειακό νησί που δεν βρέχει για επτά μήνες. Ο θρυμματισμός των πετρωμάτων διευκόλυνε τη διάβρωση και τη δημιουργία εύφορου εδάφους μεγάλου πάχους, που σε συνδυασμό με την ψηλή βροχόπτωση και το θερμό κλίμα διευκόλυναν τη γρήγορη ανανέωση των δασών σε 50-80 χρόνια. Έτσι το Τρόδος και η Κύπρος γενικά, εκτός από το χαλκό κατέστη συνώνυμη με τη φυσική ομορφιά, τη γονιμότητα και την αναδημιουργία, ιδιότητες της Αφροδίτης με την οποία επίσης οι αρχαίοι ταύτιζαν την Κύπρο. Και οι δύο αναδύθηκαν από τη θάλασσα και ο τόπος της ανάδυσης (γένεσης) της Αφροδίτης σύμφωνα με τη μυθολογία, και του Τρόόδου σύμφωνα με τους γεωλόγους, συμπίπτει, και είναι η Πέτρα του Ρωμιού στην Πάφο.

Με την επανάσταση της πυρομεταλλουργικής παραγωγής χαλκού από τα θειούχα ορυκτά του, έγινε κατορθωτή η εκμετάλλευση των μεγάλων θειούχων χαλκούχων κοιτασμάτων της Κύπρου αλλά και πολλών άλλων χωρών της Μεσογείου και της Εγγύς Ανατολής. Η παραγωγή χαλκού έδωσε την ευκαιρία στον άνθρωπο να παράξει σε μεγάλη κλίμακα εργαλεία για την αύξηση της γεωργικής παραγωγής, οικιακά σκεύη για τη βελτίωση των συνθηκών ζωής, αλλά και όπλα. Για πρώτη φορά ο άνθρωπος στην αναζήτηση του μετάλλου και την εμπορία του υπερνικά το φόβο της θάλασσας και αναπτύσσει μεγάλης κλίμακας υπερπόντιο εμπόριο για τον έλεγχό του. Έτσι, αρχίζουν οι πρώτες εκστρατείες και οι πόλεμοι. Η ζήτηση και η στρατηγική σημασία του χαλκού αυξανόταν συνεχώς μέχρι την ανακάλυψη του σιδήρου. Η Κύπρος ως ο μεγαλύτερος παραγωγός χαλκού αλλά και λόγω της γεωγραφικής της θέσης γίνεται κέντρο του εμπορίου και τόπος συνάντησης των διαφόρων τότε γνωστών πολιτισμών. Ο χαλκός της Κύπρου προσέλκυσε χωρίς τους Μυκηναίους εμπόρους, οι οποίοι αργότερα μετά την καταστροφή των πόλεων τους από τους Δωριείς κατέκλυσαν ως πρόσφυγες το νησί, το εξελληνισαν και συνέδεσαν άρρηκτα την ιστορική του μοίρα με εκείνη του υπόλοιπου Ελληνισμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bass, G.F., *Cape Gelidonya. A Bronze Age Shipwreck Transactions of the American Philosophical Society*, 57/8, 1967.
- Bass, G.F., «Oldest known Shipwreck Reveals Bronze Age Splendors», *National Geographic* Vol. 172/6, 1987, pp 692-733.
- Christou, D., «The chalcolithic cemetery I at Souskiou Vathyrkakas», in *Early Society in Cyprus*, Rd. by Peltenberg, Edinburgh University, 1989, p.p. 82-94.
- Constantinou, G., *Geological features and ancient exploitation of the Cupriferous Sulphide Orebodies of Cyprus in Early Metallurgy in Cyprus 4000 - 500 B.C.*, Eds J.D. Muhly - R. Maddin, - V. Karageorghis, Pierides Foundation, Nicosia 1982.
- Dikaios, P., «The excavation at Erimi 1933-1935», *Report of the Department of Antiquities of Cyprus*, 1936, p.p. 1-86.
- Georghiou, H., *Relations between Cyprus and the Near East Levant* 11, 1979, p.p. 84-100.
- Goetze, A., «The Inventory I Bo T131» in *Journal of Cuneiform Studies*, Vol. 10, 1956, p.p. 32-38.
- Jovanovic, B., «The origins of Copper Mining» in *Europe Scientific American*, 242, 1980, 152-167.
- Muhly, J.D., *The Bronze Age Setting in the Coming Age of Iron*, Yale University Press New Haven, 1980, p.p. 25-67.
- Muhly, J.D., «The Nature of Trade in the Late Bronze Age of Eastern Mediterranean. The Organization of the Metals Trade and the Role of Cyprus», in *Early Metallurgy in Cyprus 4000-500 B.C.*, Pierides Foundation, Nicosia 1982, p.251-269.
- Muhly, J.D., «Cayani Tepesi and the beginning of Metallurgy in the ancient world», in *Old World Archaeometallurgy*, 1989, p.p. 1-12.
- Peltenberg, E.J., *Early Copper work in Cyprus and the Exploitation of Picrolite. Evidence from the Lemba Archaeological Project in Early Metallurgy in Cyprus 4000-500 B.C.*, Pierides Foundation, Nicosia 1982.
- Renfrew, C. - Dixon, J.E. - Cann, J.R., «Obsidiva and Early Cultural Contact in the New East», *The Prehistoric Society*, No2, 1966.
- Renfrew, A.C., «Sitagroi and the Independent Invention of Metallurgy in Europe», in *Actes du VIII Congrès des Sciences Prehistoire et Protohistorique*, Univ. of Belgrade, Belgrade 1973.
- Todorova, H., *Kamiera Miednata Epocha v Bulgarii Sofia Nauka: Izkustvo*, 1966.

SUMMARY

CONTRIBUTION OF CYPRUS TO THE DEVELOPMENT OF COPPER METALLURGY DURING ANTIQUITY

G. KONSTANTINOY

The limited usage of native copper in the Chalcolithic Period, around 3500 B.C., was followed by a most intense exploitation of ore deposits of this metal between 2000 B.C. and 500 A.D. This rather explosive development was the result of very significant advances in pyrotechnology that made it possible to extract copper from its sulphide ores. Initial attraction to the many gossans was natural because of their intense colouration and an association with fire and burning was inevitable. It was in the vicinity of such gossans that native copper was first found. Once the linkage was made it was but a short step towards development of the extractive processes. Experimentation however was not entirely ab initio but was based on a considerable body of knowledge gained through the firing of ceramics under controlled oxidation-reduction conditions and burning of limestone for lime. In mining much was known from the sinking of wells since the Neolithic, the limitation with regards to depth being the water table. Innovation was also a charac-

teristic of the times. Most of the orebodies are found around the periphery of the igneous rocks of the Troodos Range, where deposits of umber and ochre also abound and these were soon found to be excellent fluxes lowering the melting point and making the extraction of the metal easier.

The industry was for a long time small-scale and the island passed from self-sufficiency to a surplus of the metal around 1500 BC from which time it became a major supplier. This very prominent position of Cyprus as a copper producer and exporter is born out from many ancient textual references in the ancient Near East. More convincing however are the many ancient mines encountered and the four million tons of slag that are in some forty different locations around the periphery of the Troodos mountains which yielded an estimated 200,000 tons of copper metal. Much therefore of the island's historical and cultural development is directly attributable to this trade. All of these however would have been impossible without those special circumstances so amply provided by nature and especially the Troodos Mountain Range.

Favourable conditions that are most significant are: the large number of nearsurface ore deposits topped by gossans: a relatively easily accessible zone in which the content of copper is increased manifold brecciated ores easy to mine even with Primitive tools and a ready supply of energy from the forest that covered most of the island. The amount of energy required for the extraction of the metal was very considerable and was made possible only by the ability of the forests to regenerate in a relatively short time. Regeneration is climate dependent and favoured by heavy rainfall and thick cover of soil. The Troodos Mountains, rising to 2000 meters, cut across the island from NW to SE thus forming a barrier to the moisture-laden westerlies thus causing heavy orographic precipitation. Finally the forest also supplied the timber for the ships that were to take the copper ingots throughout the Mediterranean.