

## ΟΙ ΣΚΩΡΙΕΣ ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

Από την

**Α. ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΑΚΗ**

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην περιγραφή και την προέλευση των σκωριών, ορισμένων περιοχών, στον Ελλαδικό, κυρίως, χώρο, αναφέρεται η παρούσα εργασία. Ιδιαίτερος αναφέρεται η σημασία των σκωριών, σαν βασικό στοιχείο αποκάλυψης της παλαιοτεχνολογίας στη μεταλλουργία του χαλκού. Η χημική, μικροχημική και ορυκτολογική μελέτη των σκωριών σε συνδυασμό με τη μεταλλουργική τους μελέτη (τριγωνικά διαγράμματα φάσεων, θερμοκρασία ρευστότητας των σκωριών κ.α.) συνέβαλαν στην εξαγωγή των συμπερασμάτων αυτής της εργασίας. Παράλληλα, περιγράφονται αρχαία μεταλλεία χαλκού, ως και θέσεις όπου η πυρομεταλλουργική κατεργασία χαλκούχου μεταλλεύματος έχει αποδειχθεί.

### ABSTRACT

The present paper is dealing with the description and the origin of slags in certain places, in Greece. Specially, the importance of the slags, as a fundamental "tool" helping to reveal palaeotechnology of copper metallurgy, is explained. Chemical, microchemical and mineralogical study of the slags, in combination with their metallurgical examination (quaternary phase diagrams, slag liquidus temperature etc.) contributed to the conclusions of this work. Besides, ancient copper mines are described as well as places, where, evidently, copper smelting has taken place.

Το θέμα μου αναφέρεται στις Σκωρίες και τη Μεταλλουργία του Χαλκού, κατά την Αρχαιότητα. Οι σκωρίες και η μεταλλουργία αποτελούν μία αλυσιδωτή σχέση, αφού οι σκωρίες προέρχονται από τη μεταλλουργία, δηλ. από την δια πυρός κατεργασία ενός μεταλλεύματος.

Κατά την δια πυρός κατεργασία ενός μεταλλεύματος, ή απλούστερα, κατά την τήξη του μεταλλεύματος μέσα στην κάμινο, που σκοπό έχει την εξαγωγή του κύριου μεταλλικού στοιχείου, που περιέχεται στο μέταλλευμα αυτό, δημιουργούνται δύο προϊόντα:

- α) το μεταλλικό προϊόν που αποτελεί τη μεταλλική φάση και
- β) όλα τα λοιπά υλικά που συνοδεύουν το μέταλλευμα και τετηγμένα όπως είναι, αποτελούν τη φάση των σκωριών.

Σκωρία, επομένως, είναι ένα διάλυμα που σχηματίζεται μέσα στην κάμινο κατά την τήξη του μεταλλεύματος, σε θερμοκρασίες χαρακτηριστικές του είδους του μεταλλεύματος. Μέσα στην κάμινο, η σκωρία λόγω του μικρότερου ειδικού βάρους, επιπλέει πάνω στο λουτρό του μετάλλου, που είναι βαρύτερο. Βάσει της διαφοράς του ειδικού βάρους, διαχωρίζεται η μεταλλική φάση από τη φάση των σκωριών(1).

\* Copper Slags and Copper Metallurgy, in Antiquity.

\*\* A.Papastamataki, 38, Constantinoupoleos Str., Nea Smirni, 171 21.

Διαλύματα συγγενή με τις σκωρίες μπορούν να θεωρηθούν οι mattes και τα spreiss. Τα διαλύματα αυτά σχηματίζονται κατά την πυρομεταλλουργική κατεργασία θειούχων μεταλλευμάτων, όπως θα αναφερθεί και κατωτέρω, (1).

Οι Αρχαίοι παρελάμβαναν τη μεταλλική φάση εγκαταλείποντας τη σκωρία στη θέση της καμινείας. Οι σκωρίες παρέμεναν πάντα στη θέση της καμινείας, διότι η μεταφορά τους ήταν άσκοπη και δαπανηρή(2, 3).

Η ύπαρξη σκωριών, επομένως, αποδεικνύει ότι στη θέση που βρίσκονται έλαβε χώρα κάποια μεταλλουργική εργασία (3).

Αναλόγως με τη μεγάλη ή μικρή ποσότητα του μεταλλεύματος που είχε εκκαμινευθεί, οι σκωρίες σχημάτιζαν σωρούς, ή μικρές ποσότητες που έμεναν διάσπαρτες στη στενή ή και την ευρύτερη περιοχή της καμινείας.

Οι σκωρίες που υπάρχουν σε πολλές θέσεις στην Ελλάδα, είναι το μοναδικό τεχνολογικό στοιχείο που υπάρχει σήμερα σαν μαρτυρία, σαν απόδειξη, για τις μεταλλουργικές δραστηριότητες που έλαβαν χώρα στην Ελλάδα, κατά την αρχαιότητα.

Υπάρχουν διάφορων ειδών σκωρίες, αναλόγως του είδους του μεταλλεύματος από το οποίο προέρχονται. Οι σκωρίες που προέρχονται από τη μεταλλουργία οξειδωμένου μεταλλεύματος, όπως π.χ. οξειδωμένου μεταλλεύματος χαλκού, περιέχουν οξείδια πυριτίου, σιδήρου, ασβεστίου, αργιλίου και άλλα δευτερεύοντα οξείδια. Οι σκωρίες που προέρχονται από τη μεταλλουργία θειούχων μεταλλευμάτων χαλκού, περιέχουν θειούχες ενώσεις. Δηλ. το περιεχόμενο στο μετάλλευμα θείο σχηματίζει μέσα στη κάμινο ένα ενδιάμεσο διάλυμα θειούχων μεταλλικών ενώσεων, που καλείται matte. Είναι γνωστές οι mattes του χαλκού και του νικελίου. Η καμινεία θειούχων μεταλλευμάτων απαιτεί ιδιαίτερη τεχνολογία, λόγω των τοξικών θειούχων και θειωδών αερίων, τα οποία εκλύονται κατά την καμινεία. Επομένως, δεν είναι αβάσιμη η άποψη ότι η μεταλλουργική κατεργασία θειούχων μεταλλευμάτων είναι πιθανότατα, πολύ νεώτερη, μέσα στην αρχαιότητα, μεταλλουργική δραστηριότητα.

Όταν το μετάλλευμα περιέχει αρσενικό μαζί με το σίδηρο, τότε, μέσα στην κάμινο σχηματίζονται ειδικές μεταλλικές ενώσεις που ονομάζονται spreiss, (AsFe) και έχουν μεγάλο ειδικό βάρος, περίπου 5 γρ/κ.εκ. Τα spreiss όπως και τα dross είναι διαλύματα ανάλογα προς τα mattes. Οι Ελληνικές σκωρίες προέρχονται από εκκαμινευση οξειδωμένων χαλκούχων, κυρίως, μεταλλευμάτων.

Σε ποιές περιοχές βρίσκονται οι σκωρίες στην Ελλάδα;

Σκωρίες έχουν εντοπισθεί σε πολλές θέσεις στον ηπειρωτικό και νησιωτικό Ελλαδικό χώρο. Από τις περισσότερες περιοχές έχει γίνει δειγματοληψία σκωριών και τα δείγματα έχουν υποβληθεί σε χημική, τουλάχιστον, εξέταση. Οι μεγαλύτερες ποσότητες σκωριών έχουν εντοπισθεί στις ακόλουθες θέσεις, στις οποίες και συμπεραίνεται ότι έλαβε χώρα σοβαρή μεταλλουργική δραστηριότητα. (3):

Παγγαίο: Μεγάλες ποσότητες αρσενικούχων σκωριών στην περιοχή Νικήσιανης. Εδώ, ανάμεσα στις σκωρίες απαντούν δείγματα spreiss. Οι μεταλλουργικές εργασίες άρχισαν πριν, ίσως, από την εποχή του Φιλίππου και συνεχίστηκαν μέχρι και τον 15ο αι., μ.Χ.(3). Ακόμη, σε πολλές άλλες περιοχές του Παγγαίου, όπως Λευκάδια, Αυλή, Γιαννάκη Βρύση, Βαλτούδα, Λόφος Σινά, Αντιφίλιπποι, Γούρνες, Μονή Αναλήψεως στην Πρώτη Σερρών και αλλού, όπου οι σκωρίες ήταν άφθονες, αλλά στις θέσεις αυτές λιγοστεύουν επικίνδυνα λόγω της χρήσης τους από τους ντόπιους κατοίκους σε κατασκευές αγροτικών δρόμων.

Το πλήθος των σκωριών στην περιοχή του Παγγαίου οφείλεται στο γνωστό από την αρχαιότητα, πλούσιο ορυκτό του πλούτο.

Άγγιστρο: Μεγάλες ποσότητες σκωριών. Επίσης σε Καβάλα, Θάσο, Φθιώτιδα, Εύβοια, Λάρισα, Λέσβο, Σαμοθράκη, Σέριφο, Σίφνο, Κύθνο, Κέα, Κρήτη, Χαλκιδική, Πελοπόννησο, φυσικά Λαύριο και αλλού, όπου ασφαλώς δεν έχουν ακόμη εντοπισθεί.

Παρατηρήθηκε ότι στις περιοχές που αναφέρθηκαν, η θέση της μεταλλουργικής κατεργασίας ήταν κοντά στη θέση εξόρυξης του χαλκούχου μεταλλεύματος, όπου υπήρχε και πηγή πόσιμου νερού αλλά και ξυλεία, για καύσιμη ύλη. Η μεταφορά του προς εκκαμίνευση μεταλλεύματος στη θέση της καμινείας έπρεπε να είναι εύκολη και ταχεία. Αλλά και η πηγή νερού έπρεπε να είναι κοντά για τις ανάγκες του ανθρώπινου δυναμικού αλλά και για τις ανάγκες του εμπλουτισμού (πλύσιμο) του μεταλλεύματος και της μεταλλουργικής του κατεργασίας. Η μεταφορά της ξυλείας σε σχετικά μικρές αποστάσεις δεν ήταν δαπανηρή, (3, 4).

Ο χαλκός είναι το παλαιότερο χρήσιμο μέταλλο στο ανθρώπινο γένος. Αν και η χρήση του χρυσού μπορεί να έχει προηγηθεί της χρήσης του χαλκού σε ορισμένες περιοχές, είναι απίθανο ο χρυσός να έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή εργαλείων και όπλων. Η παραγωγή του χρυσού δεν είχε επίδραση στην παλαιότερη τεχνολογία. Αλλά, όπως γράφει ο Forbes (5), η τέχνη επεξεργασίας του χρυσού βοήθησε αργότερα στη μεταλλουργία. Πάντως, η παραγωγή του χαλκού συνιστά τον παλαιότερο κλάδο της τέχνης της μεταλλουργίας, που άλλαξε την όψη του Ανθρώπινου Γένους, στη Νεολιθική Εποχή. Δικαίως, ο Childe (5) περιέγραψε τη μεταλλουργία του χαλκού ως το πλέον συγκλονιστικό άλμα στην Ιστορία του Ανθρώπινου Γένους. Η ανακάλυψη και η χρήση του μετάλλου σε κατασκευές, προσδιορίζει την αρχή της ιστορίας ενός σημαντικού πολιτισμού, του Πολιτισμού της Εποχής της Χαλκοκρατίας.

Πότε και που όμως τοποθετείται χρονολογικά η αρχή της μεταλλουργίας, στους προϊστορικούς χρόνους, σε σχέση με την εξέλιξη της τεχνολογίας;

Ορισμένοι μελετητές δέχονται σαν κέντρο μεταλλουργίας του χαλκού τη Μικρά Ασία, από την 7η χιλιετηρίδα (6). Η μεταλλουργική τέχνη εμφανίζεται στη Μεσοποταμία και την Παλαιστίνη περί το 3500 π.Χ. Είναι γνωστή η περίφημη κάμιнос της Timna στο νότιο Negev, που τοποθετείται στο τέλος, περίπου, της 4ης χιλιετηρίδας, στη Χαλκολιθική Εποχή, (7). Στην ίδια εποχή τοποθετεί ο Pleiner την αναφορά του στα σημαντικά μεταλλεία χαλκού στα Βαλκάνια (6). Αλλά, αντικείμενα που έχουν κατασκευασθεί από μεταλλουργικό χαλκό βρέθηκαν στην περιοχή Yahya του Ιράν και έχουν αποδοθεί στο 3800, π.Χ., περίπου. Τα αντικείμενα αυτά μπορούν να θεωρηθούν σαν τεκμήριο και βάσει αυτού να αποδοθεί η αρχή της μεταλλουργίας του χαλκού, στην 4η χιλιετηρίδα, στο Ιράν, (8).

Η μεταλλουργία του χαλκού μεταφέρθηκε από το Ιράν στις γειτονικές Χώρες της Μέσης Ανατολής, όπως και στην Αίγυπτο και στην Κύπρο. Αργότερα, μεταφέρθηκε στη δυτική Ευρώπη και στην Ασία. Πολύ αργότερα, στους Ιστορικούς Χρόνους, εμφανίζεται στην Αμερική, χωρίς να αποκλείεται, όμως, η χρήση αυτοφυούς χαλκού, πριν από το μεταλλουργικό χαλκό, σε όλες τις Χώρες που αναφέρθηκαν. Σαν παράδειγμα αναφέρεται ότι στην Αίγυπτο υπάρχουν ευρήματα, χάλκινα κοσμήματα και μικρά εργαλεία που έχουν κατασκευασθεί από αυτοφυή χαλκό και έχουν αποδοθεί στη χρονική περίοδο 5000-4000 π.Χ. (8).

Η τήξη του αυτοφυούς χαλκού ήταν σχετικά εύκολη, λόγω της καθαρότητας του, χωρίς την ανάγκη της προεργασίας του καθαρισμού. Οι εμπειρίες από την τήξη του αυτοφυούς χαλκού, αλλά και από την τέχνη της κεραμικής, που είχε προηγηθεί, οδήγησαν στους ανοικτούς ορίζοντες της πυρομεταλλουργικής κατεργασίας του χαλκούχου μεταλλεύματος. Ο Gowland (9) υποθέτει ότι η πρώτη τήξη μεταλλουργικού χαλκού μπορεί να έγινε σε ανοικτό χώρο. Ακολούθησε η κατασκευή και χρήση της χαμηλής καμίνου, όπως εκείνη της Timna στη Χαλκολιθική Εποχή, μέχρι να επιτευχθεί η κατασκευή της φρεατώδους καμίνου με φυσερά και οπές εξόδου των μεταλλουργικών προϊόντων. Την εποχή εκείνη η χρήση του χαλκού επεκτείνεται σε κατασκευές και άλλων αντικειμένων, εκτός από τα κοσμήματα.

Με τις εξελίξεις αυτές στην τεχνολογία της μεταλλουργίας, την Χαλκολιθική Εποχή διαδέχεται η εποχή της Χαλκοκρατίας. Κατ' αυτήν γίνεται χρήση και των κραμάτων του χαλκού, τα οποία έχουν βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες. Κατά τον Frankfort (5), νότια των Καυκασίων Ορέων υπήρχε πολύ πριν από το 3000 π.Χ. ένα μεταλλουργικό κέντρο που βρισκόταν σε επικοινωνία με τους Σουμερίους. Κατά τον ίδιο μελετητή, η τέχνη της μεταλλουργίας του χαλκού διαδόθηκε στην Ευρώπη μέσω της Ρωσικής Στέπας.

Ο Κινέζος μεταλλουργός Zhu Shoukang (10) αναφέρει ότι στην Κίνα έκαναν καμινεία και χύτευση κράματος του χαλκού με τον κασσίτερο, πριν από το 2000 π.Χ. Είναι φυσικό να θεωρηθεί ότι η μεταλλουργία του χαλκού είχε προηγηθεί της μεταλλουργίας του κράματός του. Ο Zhu Shoukang αναφέρει ένα εντυπωσιακό αντικείμενο από κράμα χαλκού με κασσίτερο, των αρχών του 16ου αι. π.Χ. Είναι ένα τεράστιο ορθογώνιο δοχείο (μαγειρικό σκεύος) που βρέθηκε στη Henan, στις ανασκαφές του 1939. Έχει βάρος 875 κιλά και ύψος 1,33 μ. Είναι το βαρύτερο μπρούντζινο αντικείμενο που έχει βρεθεί μέχρι σήμερα σε όλο τον κόσμο, (10).

Το πρώτο γνωστό κράμα ήταν του χαλκού με τον κασσίτερο ή και με αρσενικό. Το αρσενικό πιθανότατα ήταν συστατικό του χαλκούχου μεταλλεύματος, (8). Το κράμα του χαλκού με τον κασσίτερο λέγεται κρατέρωμα ή μπρούντζος, όχι ορείχαλκος, που είναι κράμα χαλκού με ψευδάργυρο. Ο ψευδάργυρος, λόγω της δύσκολης μεταλλουργίας του, έγινε γνωστός κατά το 2ο αι. π.Χ.

Η πυρομεταλλουργία είναι μία πολυδιάστατη διεργασία. Πολλοί είναι οι παράγοντες που την εκφραίζουν. Δεν είναι του παρόντος η περιγραφή τους.

Ένας βασικός παράγοντας είναι η θερμοκρασία. Η κατάλληλη θερμοκρασία σε κάθε περίπτωση, σε συνδυασμό με την κατάλληλη σύσταση του μεταλλεύματος, έχει τα καλλίτερα αποτελέσματα για την καλή λειτουργία της καμίνου. Είναι άξιο θαυμασμού γεγονός η επίτευξη θερμοκρασίας πάνω από 1000 °C με ξυλοκάρβουνα και με φουσερά.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας συνδέεται άμεσα με την προσπάθεια βελτίωσης της ποιότητας του μεταλλεύματος που θα υποβληθεί σε πυρομεταλλουργική κατεργασία. Εννοούμε τρόπους εμπλουτισμού του μεταλλεύματος και προσθήκη κατάλληλου συλλιπάζματος. Φυσικά, αυτό αποτελεί θέμα άλλης ομιλίας.

Ποία ήταν όμως, η πραγματικότητα στην Ελλάδα, κατά την αρχαιότητα, όσον αφορά στον ορυκτό πλούτο και στις μεταλλουργικές εργασίες;

Ο Ηρόδοτος έχει γράψει για την ύπαρξη χρυσού και αργύρου στο Παγγαίο, αλλά και στη Θάσο. Άλλοι κλασικοί συγγραφείς έχουν αναφερθεί στο χρυσό της Θράκης και της Σίφνου. Μήπως, η οικονομική υπεροχή του Φιλίππου, σε σύγκριση με τους χρυσούς Δαρεικούς στατήρες, δεν στηρίχθηκε στα πολύτιμα μέταλλα της Μακεδονίας; Ο Όμηρος αναφέρει συχνά χρυσά λαγήνια και χρυσά ποτήρια. Σε στίχους της Ιλιάδας αναφέρει συχνά το σίδηρο και το χάλυβα, την παραγωγή του οποίου στο Λαύριο, έχουν αποδείξει σύγχρονοι μελετητές, (11). Ιστορικές μαρτυρίες υπάρχουν και για τα αποθέματα αργύρου στο Λαύριο. Ο αξιμνηστος καθηγητής Κ. Κονοφάγος (12), αναφερόμενος στην παραγωγή αργύρου στο Λαύριο, εκφράζει την άποψη ότι είχε αρχίσει από το 2000 π.Χ., τουλάχιστον στο Θορικό. Η Ιστορία επίσης αναφέρει ότι οι 100 τριήρεις με τις οποίες ο Θεμιστοκλής κατενίκησε τους Πέρσες στη Σαλαμίνα, είχαν κατασκευασθεί με τον άργυρο της Λαυρεωτικής. Αλλά, σε κανένα ιστορικό κείμενο δεν αναφέρεται η παραγωγή χαλκού στην Ελλάδα, κατά την αρχαιότητα. Παρά ταύτα, στην Ελλάδα υπάρχουν χαλκούχες σκωρίες από μικρές ως τεράστιες ποσότητες, όπως προαναφέρθηκε. Η παρουσία των σκωριών δηλώνει ότι στη θέση που βρίσκονται έχουν λάβει χώρα μεταλλουργικές εργασίες, οι οποίες συνδέονται με την παραγωγή χαλκού, αφού οι σκωρίες αυτές είναι χαλκούχες.

Ειδικότερα μελετήθηκε η περιοχή της Φθιώτιδας, στην οποία έχουν εντοπισθεί επτά τουλάχιστον θέσεις με χαλκούχες σκωρίες, σε ολική ποσότητα μεγαλύτερη από

100.000 κ.μ. Οι περισσότερες από τις σκωρίες αυτές βρίσκονται βόρεια του κεφαλοχωρίου της Πελασγίας. Από τη μελέτη των σκωριών της Πελασγίας αποδείχθηκε ότι περιέχουν μεταλλικό χαλκό (4, 13). Η παρουσία μεταλλικού χαλκού μέσα στη μάζα των σκωριών αποτελεί αδιαμφισβήτητη απόδειξη ότι έχουν προέλθει από πυρομεταλλουργική κατεργασία χαλκούχου μεταλλεύματος για την απόληψη του χαλκού. Το χαλκούχο μέταλλευμα έχει προέλθει από τοπικά μεταλλεία χαλκού που εντοπίστηκαν 700 μ. νότια του σωρού των σκωριών.

Το πρωτογενές μέταλλευμα ήταν υδροθερμικής προέλευσης. Η παραγένεση που διαπιστώθηκε είναι χαλκοπυρίτης, ή και χαλκούχος σιδηροπυρίτης, σε χαλαζία. Στο σύνολο της η μεταλλοφορία ακολουθεί τα ρήγματα, όπου και αποτίθεται. Οι μεταλλευτικές εργασίες περιορίστηκαν μέσα στη ζώνη οξειδώσεως. Ο χαλκός υπάρχει στην οξειδωμένη μορφή των οξειδίων του, αλλά κυρίως στη μορφή των ανθρακικών του αλάτων, του μαλαχίτη και πολύ λιγότερο του αζουρίτη. Η αναζήτηση των πηγών του χαλκούχου μεταλλεύματος μας οδήγησε στην ανακάλυψη οκτώ στοών και δύο φρεάτων στην ίδια περιοχή. Δύο στοές θεωρήθηκαν σημαντικότερες και χαρτογραφήθηκαν. Η διάνοιξη των δύο φρεάτων άρχισε, (πρόκειται για μεταλλευτικά φρέατα), αλλά διακόπηκε για οικονομικούς λόγους.

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι η εκτέλεση της ερευνητικής εργασίας, στη Φθιώτιδα, έγινε με συνεργασία του γεωλόγου κ. Δ. Δημητρίου και του μηχανικού μεταλλείων, κ. Β. Ορφανού, και οι δύο υπάλληλοι του ΙΓΜΕ.. Η συνεργασία είναι απαραίτητη στην αρχαιομετρική έρευνα, για την κάλυψη όλων των τομέων των ευρημάτων. Ούτε οι αρχαιολόγοι μόνοι, ούτε οι τεχνικοί μιας μόνο ειδικότητας, μπορούν να αντιμετωπίσουν τις ανάγκες μιας έρευνας. Απαιτείται αλληλοσυμπλήρωση γνώσεων και εμπειρίας. Παντού και πάντοτε.

Η πρώτη από τις δύο σημαντικές στοές, έχει μήκος 191 μ., ύψος λίγο πιο πάνω από το ανθρώπινο ανάστημα και πλάτος 1,5 μ., περίπου. Η είσοδος της στοάς είναι χαμηλή και ίση με 0,70 μ.. Ήταν καλυμένη με πυκνή βλάστηση. Απαιτήθηκε αποψίλωση του χώρου. Τα πρώτα μας βήματα μέσα στη στοά, έρποντας τα τρία πρώτα μέτρα, μετά από χιλιάδες χρόνια εγκατάλειψης, το συναίσθημα ότι πριν από μας οι τελευταίοι που είχαν πατήσει εκείνο το χώμα ήταν αρχαίοι Έλληνες ήταν συγκλονιστικό. Και όχι μόνο γιαυτό, αλλά διότι επιτέλους τα βήματα μας ακολουθούσαν τα δικά τους στα ίχνη της δικής τους επιτυχημένης πορείας.

Πέρα από τα άφωνα ερευνητικά εγκάρσια, υπάρχουν τρία ερευνητικά πηγάδια και δύο κεκλιμένα. Η κατεύθυνση της στοάς και των εγκάρσιων ακολουθεί τις επιφάνειες των ρηγμάτων των πετρωμάτων. Κατά μήκος των ρηγμάτων και μέσα σ αυτά είχε αποθεθεί το υδροθερμικό υλικό που έφερε τη θειούχο μεταλλοφορία του χαλκοπυρίτη με το σιδηροπυρίτη. Σε ορισμένα σημεία κατά μήκος της στοάς, στα τοιχώματα και την οροφή, υπάρχουν μικρά υπόλοιπα χαλκούχων και σιδηρούχων ορυκτών.

Λίγα κεραμικά όστρακα που βρέθηκαν μέσα στη στοά, παραδόθηκαν στη 14η Εφορεία Αρχαιοτήτων, στη Λαμία.

Η δεύτερη στοά έχει μήκος 123,6 μ. ύψος 1,5 ως 2,5 μ και πλάτος από 1 ως 2 μ. Τα φαινόμενα του τεκτονισμού και της ρηγματώσης των πετρωμάτων στη στοά αυτή είναι πολύ έντονα. Στη στοά δεν υπάρχουν ερευνητικά πηγάδια. Στην οροφή της στοάς υπάρχει ένα κατακόρυφο άνοιγμα σαν πηγάδι, γεμάτο μάζα.. Πιθανό να χρησίμευε για αερισμό ή σαν έξοδος του εξορυσσόμενου μεταλλεύματος. Στα τοιχώματα της στοάς υπάρχουν θέσεις με μαλαχίτη και λειμωνίτη. Η ενλόγω στοά λειτούργησε αργότερα από την πρώτη, ή επαναλειτούργησε όπως αποδεικνύει η μεγάλη είσοδος της και η απουσία οστράκων. Εκτός των κυρίων στοών εντοπίστηκαν και άλλα δευτερεύοντα μεταλλευτικά έργα, στοές και φρέατα, στην ίδια περιοχή. Δεν θα αναφερθούμε στα έργα αυτά λόγω του περιορισμένου χρόνου. Παρόμοιες μεταλλουργικές εργασίες έχουν λάβει χώρα στην αρχαιότητα στο Αρχαίο Φθιώτιδας

(13) και στη νήσο Κέα (15). Οι μεταλλουργικές εργασίες, στην Πελασγία και στο Αρχάνι, βάσει των αρχαιολογικών ευρημάτων, τοποθετούνται χρονολογικά στον 4ο ως 3ο αι. π.Χ. Υπάρχουν ενδείξεις όμως ότι στην Πελασγία έκαναν παραγωγή χαλκού και κατά τον 11ο αι. π.Χ. Τα αρχαιολογικά στοιχεία της Κέας τοποθετούν την παραγωγή του χαλκού στα Ιστορικά Χρόνια, αλλά σε ορισμένες περιοχές και στα προϊστορικά.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 - Μούσουλος Λ.: Εξαγωγική Μεταλλουργία Τόμος 1, 1975 Αθήνα
- 2 - Παπασταματάκη, Α. Η Μελέτη των Αρχαίων Σκωριών και η Συμβολή τους στην αποκάλυψη της Παλαιότεχνολογίας στη Μεταλλουργία. Τόμος στη μνήμη του καθηγητού Ι. Παπασταματίου, ΙΓΜΕ 1984, Αθήνα
- 3 - Παπασταματάκη, Α. Ο Ορυκτός Πλούτος και οι Σκωρίες στην Αρχαία Ελλάδα, ΕΘΙΓΜΕ, 1975, Αθήνα
- 4 - Παπασταματάκη, Α., Δημητρίου Δ.: Παραγωγή Χαλκού στην Πελασγία κατά την Αρχαιότητα, ΠΑΑ 62 (1987),
- 5 - Forbes R. J. Studies in Ancient Technology, Vol. IX, Oxford 1965
- 6 - Pleiner R., Bialekova D., The Beginnings of Metallurgy on the Territory of Czechoslovakia, Institute of Archaeology of the Czechoslovak Academy of Science, Prague, 1982
- 7 - Rothenberg B., Tylecote R.F., Boydell P. J : Archaeometallurgy IAMS, Monograph No1 21 1975
- 8 - Μούσουλος Λ.: Η Μεταλλουργία του Χαλκού κατά τους Προϊστορικούς Χρόνους. Α' Σεμινάριο Αρχαιομετρίας, ΙΓΜΕ, 1985 Αθήνα
- 9 - Gowland W., J. Institute Metallurgy 1912, 7, 23 - 49
- 10- Zhu Shoukang : Early Bronze in China. General Research Institute of Non-Ferrous Metals, Beijing, People's Republic of China 1985
- 11 -Κονοφάγος Κ., Παπαδημητρίου Γ., Η Τεχνική της Παραγωγής Σιδήρου και Χάλυβος από τους Αρχαίους Έλληνες στην Αττική κατά την Κλασική Περίοδο, ΠΑΑ 1981, Αθήνα
- 12 - Κονοφάγος Κ., Το Αρχαίο Λαύριο, Εκδοτική Ελλάδος, 1980, Αθήνα
- 13 - Παπασταματάκη Α., Λεώνης Κ. et al. Αρχαιομεταλλουργικές Σκωρίες και Κάμινοι Τήξης στο Αρχάνι Φθιώτιδας, Α' Νοτιοευρωπαϊκό Συνέδριο Αρχαιομετρίας, Δελφοί, 1984
- 14 - Παπασταματάκη Α., Δημητρίου Δ., Ορφανός Β. : Αρχαία Μεταλλευτικά Έργα στην Περιοχή Πελασγίας Φθιώτιδας, ΠΑΑ 63, 1988, Αθήνα
- 15- Παπασταματάκη Α., Μεταλλουργικές Δραστηριότητες στην Κέα. Διεθνές Συνέδριο στην Κέα " Ιστορία-Αρχαιολογία Κέας - Κύθνου", 1994