

Διὰ τῆς ἀνακοινώσεως ταύτης * γνωρίζομεν ὅτι παρατηρήσαμεν καὶ ἐμελετήσαμεν εἰς τὴν Λαυρεωτικὴν ἐν ἀγνωστον μέχρι τοῦδε εἶδος ἀρχαίου πλυντηρίου ἐμπλουτισμοῦ τῶν ἀγυροῦσων μεταλλευμάτων μολύβδου.

Τὸ πλυντήριο τοῦτο ὠνομάσαμεν «ἐλικοειδὲς πλυντήριο» λόγω τῆς μορφῆς του. Εἶναι τοῦτο

ΤΑ ΕΛΙΚΟΕΙΔΗ ΠΛΥΝΤΗΡΙΑ

ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ ΕΙΣ ΤΟ ΛΑΥΡΙΟΝ

ἡ ἀπολεσθεῖσα ἀρχαία ἐλληνικὴ εφευρέσις ποσοδοῦμεν τὰ ἐλικοειδῆ πλυντήρια εἰς τὰ τέλη τοῦ 4^{ου} αἰῶνος ἢ τὰς ἀρχὰς τοῦ 3^{ου} αἰῶνος π. Χ.

Υ Π Ο

ΚΩΝΣΤ. ΚΟΝΟΦΑΓΟΥ ΚΑΙ HERMAN MUSSCHE

Τὸ ἐλικοειδὲς πλυντήριο ἀποτελεῖ μίαν ἀγωνισματικὴν εφεύρεσιν τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων ἀπὸ ἀπόψεως τόσων συλλήψεως, ὅσων καὶ ἀποδόσεων κατὰ τὴν λειτουργίαν του.

Πρόκειται περὶ μνημείου τῆς ἱστορίας τῆς τεχνικῆς, τὸ ὁποῖον εἶχε παραμείνει ἀγνωστον καὶ αἰεὶς συγγραφεύς, ἀρχαῖος ἢ νεώτερος, ἀναφέρει. Οὐδε ποτὲ εὐρέθη πλυντήριο ἀναλόγου μορφῆς, ἀρχαῖον ἢ νέον.

Τὸ πλυντήριο τοῦτο ἐμελετήσαμεν ὁ πρῶτος ἐξ ἡμῶν κυρίως ἀπὸ τεχνικῆς ἀπόψεως, ὁ δεύτερος ἀπὸ ἀρχαιολογικῆς ἀπόψεως.

Διὰ τὴν πλήρη τεχνικὴν μελέτην τοῦτου προέβημεν εἰς ἀνακατασκευὴν τοῦ πλυντηρίου εἰς ἐργαστήσιον εἰς Λαύριον καὶ εἰς τὴν λειτουργίαν τοῦτου, ὅπως ἐμφανῶς αὐτὴ προκύπτει ἐκ πολλῶν δεδομένων.

Ἡ πειραματικὴ αὐτὴ μελέτη ἀπέδειξεν ὅτι αἱ λαμβανόμεναι ἀποδόσεις εἶναι ἄριστα.

Δίδομεν περαιτέρω συντόμως τὰς βασικὰς παρατηρήσεις καὶ τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐρευνῶν μας.

* Ἀνεκοινώθη εἰς τὴν Ἀκαδημίαν Ἀθηνῶν κατὰ τὴν συνεδρίαν τῆς 27^{ης} Μαΐου 1969 ἐπὶ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Σπ. Μαργινάτου.

Διὰ τῆς ἀνακοινώσεως ταύτης * γνωρίζομεν ὅτι παρατηρήσαμεν καὶ ἐμελετήσαμεν εἰς τὴν Λαυρεωτικὴν ἓν ἄγνωστον μέχρι τοῦδε εἶδος ἀρχαίου πλυντηρίου ἐμπλουτισμοῦ τῶν ἀργυρούχων μεταλλευμάτων μολύβδου.

Τὸ πλυντήριο τοῦτο ὠνομάσαμεν «ἐλικοειδὲς πλυντήριο» λόγῳ τῆς μορφῆς του. Εἶναι τοῦτο τελείως διάφορον τῶν γνωστῶν πολυπληθῶν ἀρχαίων ἐπιπέδων πλυντηρίων, τὰ ὁποῖα εἶχεν ἀνακαλύψει τὸν προηγούμενον αἰῶνα ὁ Α. Κορδέλλας καὶ ἐμελέτησεν ὁ Φ. Νέγρης. Χρονολογικῶς τοποθετοῦμεν τὰ ἐλικοειδῆ πλυντήρια εἰς τὰ τέλη τοῦ 4^{ου} αἰῶνος ἢ τὰς ἀρχὰς τοῦ 3^{ου} αἰῶνος π. Χ.

Τὸ ἐλικοειδὲς πλυντήριο ἀποτελεῖ μίαν ἀξιοθαύμαστον ἐφεύρεσιν τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων ἀπὸ ἀπόψεως τόσοσιν συλλήψεως, ὅσον καὶ ἀποδόσεων κατὰ τὴν λειτουργίαν του.

Πρόκειται περὶ μνημείου τῆς ἱστορίας τῆς τεχνικῆς, τὸ ὁποῖον εἶχε παραμείνει ἄγνωστον καὶ οὐδεὶς συγγραφεὺς, ἀρχαῖος ἢ νεώτερος, ἀναφέρει. Οὔτε ποτὲ εὑρέθη πλυντήριο ἀναλόγου μορφῆς, ἀρχαῖον ἢ νέον.

Τὸ πλυντήριο τοῦτο ἐμελετήσαμεν ὁ πρῶτος ἐξ ἡμῶν κυρίως ἀπὸ τεχνικῆς ἀπόψεως, ὁ δεύτερος ἀπὸ ἀρχαιολογικῆς ἀπόψεως.

Διὰ τὴν πλήρη τεχνικὴν μελέτην τούτου προσέβημεν εἰς ἀνακατασκευὴν τοῦ πλυντηρίου εἰς ἐργοστάσιον εἰς Λαύριον καὶ εἰς τὴν λειτουργίαν τούτου, ὅπως ἐμφανῶς αὕτη προκύπτει ἐκ πολλῶν δεδομένων.

Ἡ πειραματικὴ αὕτη μελέτη ἀπέδειξεν ὅτι αἱ λαμβανόμεναι ἀποδόσεις εἶναι ἄρισταί.

Δίδομεν περαιτέρω συντόμως τὰς βασικὰς παρατηρήσεις καὶ τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐρευνῶν μας.

* Ἀνεκοινώθη εἰς τὴν Ἀκαδημίαν Ἀθηνῶν κατὰ τὴν συνεδρίαν τῆς 8ης Μαΐου 1969 ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Σπ. Μαρινάτου.

I. Η ΑΝΑΚΑΛΥΨΙΣ ΤΩΝ ΕΛΙΚΟΕΙΔΩΝ ΠΛΥΝΤΗΡΙΩΝ

- I-1. Τὸ 1965 ὁ πρῶτος ἐξ ἡμῶν παρατήρησεν εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Καμερέζης καὶ δὴ εἰς τὴν θέσιν «Μεγάλα Πεῦκα» ἰδιότυπον ἀρχαῖον πλυντήριο μερικῶς ἐκτὸς τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους. Ἔλαβε φωτογραφίαν τούτου (Σχῆμα 1) καὶ ἀντελήφθη ὅτι ἐπρόκειτο περὶ ἀγνώστου σπουδαίας μεθόδου ἐμπλουτισμοῦ τοῦ μεταλλεύματος τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων, ὡς πρὸς τὴν μορφήν τοῦ χρησιμοποιουμένου πλυντηρίου.
- I-2. Τὸ 1968 συνενοήθη μετὰ τοῦ δευτέρου ἐξ ἡμῶν διὰ τὴν μελέτην τοῦ ἐν λόγῳ πλυντηρίου καὶ δὴ διὰ τὴν ἀποκάλυψιν τούτου. Οἱ δύο ἀνακοινοῦντες ἀπηυθύνθησαν πρὸς τὸν Ἀκαδημαϊκὸν κ. Σ. Μαρινάτον, ὅστις ἐπέδειξεν ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον διὰ τὸ θέμα καὶ ἐφρόντισε νὰ δοθῇ ὑπὸ τῆς Ἀρχαιολογικῆς Ὑπηρεσίας ἄδεια καθαρισμοῦ τοῦ πλυντηρίου. Ἡ ἀποκάλυψις τοῦ πλυντηρίου ἐγένετο τὸ θέρος τοῦ 1968 ὑπὸ τοῦ Καθηγητοῦ Η. Mussche, παρουσίᾳ τοῦ Καθηγητοῦ Κ. Κονοφάγου καὶ τῇ ἐπιβλέψει τῆς Ἀρχαιολογικῆς Ὑπηρεσίας. Ὁ Ἀρχιτέκτων Η. Gasche ἐσχέδιασε τὸ πλυντήριο καὶ ἔλαβε τὰ ἀναγκαῖα στοιχεῖα διαστάσεων καὶ ὑψῶν.
- I-3. Κατὰ τὸ θέρος τοῦ 1968 οἱ ἀνακοινοῦντες ἠρεῦνησαν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Λαυρεωτικῆς καὶ διὰ ἄλλα τοιαῦτα ἐλικοειδῆ πλυντήρια, βοηθούμενοι καὶ ὑπὸ τοῦ κ. Ι. Σπανοῦ, τεχνικοῦ τῶν μεταλλείων, ὅστις γνωρίζει καλῶς τὴν περιοχὴν.
Κατώρθωσαν νὰ ἐντοπίσουν, πρὸς τὸ παρόν, τὸ ὅλον τρία ἀρχαῖα ἐλικοειδῆ πλυντήρια, τὰ ὁποῖα καὶ σημειοῦνται εἰς τὸν χάρτην τῆς Λαυρεωτικῆς (Σχῆμα 2). Ταῦτα εἶναι τὰ κατωτέρω :
- I. Ἐλικοειδὲς πλυντήριο εἰς τὴν θέσιν «Δημολιάκι» εἰς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ καλῶς διατηρημένον.
- II. Τὸ ἀναφερθὲν καὶ πρῶτον εὑρεθὲν ἐλικοειδὲς πλυντήριο εἰς τὴν θέσιν «Μεγάλα Πεῦκα», τὸ ὁποῖον ἀπεκαλύφθη παρ' ἡμῶν.
- III. Ἐλικοειδὲς πλυντήριο εἰς τὴν θέσιν «Μπερτσέκο», τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται εἰσέτι κεκαλυμμένον κατὰ τὸ μεγαλύτερον μέρος του.

I-4. Τὰ ἐλικοειδῆ πλυντήρια δὲν παρατήρησαν οὔτε οἱ περιγράψαντες τὰ ἐπίπεδα πλυντήρια τῆς Λαυρεωτικῆς Α. Κορδέλλας, Φ. Νέγρης καὶ F. Ardaillon, οὔτε νεώτεροι συγγραφεῖς ἢ ἀρχαιολόγοι. Ἐπίσης δὲν ἀναφέρονται εἰς τὴν ἱστορίαν τοῦ ἐμπλουτισμοῦ τῶν μεταλλευμάτων ὑπὸ τῶν ἀρχαίων συγγραφέων, τῶν συγγραφέων τοῦ Μεσαίωτος (ὡς ὑπὸ τοῦ Agricola), οὔτε ὑπὸ νεωτέρων μελετητῶν.

Τὸ ὅτι οἱ Κορδέλλας καὶ Νέγρης δὲν παρατήρησαν ταῦτα ὀφείλεται πιθανῶς εἰς τὸ ὅτι κατὰ τὰ τέλη τοῦ αἰῶνος τὰ πλυντήρια ἦσαν εἰσέτι κεκαλυμμένα ὑπὸ τῶν «ἐκβολάδων», δηλαδὴ τῶν ἀρχαίων πτωχῶν εἰς μέταλλον ἀπορριμμάτων.

Τὰ ἀπορρίμματα ταῦτα μετέφερον ἀργότερον οἱ νεώτεροι διὰ τὴν ἐκμετάλλευσίν των εἰς τὰς ἐγκαταστάσεις μεταλλουργίας τῆς «Ἑλληνικῆς Ἑταιρείας».

II. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΛΙΚΟΕΙΔΩΝ ΠΛΥΝΤΗΡΙΩΝ

II-1. Ἐλικοειδὲς πλυντήριον εἰς τὴν θέσιν «Δημολιάκι».

Τὸ πλυντήριον τοῦτο διατηρεῖται κάλλιστα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους καὶ εἰργάσθη ἐπὶ πολλὰ ἔτη, ὡς φαίνεται ἐκ τῆς φθορᾶς του. Εἶναι τὸ τυπικὸν ἐλικοειδὲς πλυντήριον, τὸ ὁποῖον καὶ ἀναπαρεστήσαμεν, ὡς ἐλέχθη, εἰς Λαύριον.

Εἰς τὸ σχῆμα 3 δίδομεν τὸ σχέδιον τοῦ πλυντηρίου.

Εἰς τὰ σχήματα 4, 5, 6 δίδονται σχετικαὶ φωτογραφίαι.

Τὸ πλυντήριον ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν ὄγκων μαρμάρων καὶ ἀσβεστολίθων καταλλήλως λαξευμένων καὶ τοποθετημένων εἰς κυκλικὴν περιφέρειαν διαμέτρου 615 cm.

Εἰς τὴν ὀριζοντίαν ἐπιφάνειαν τοῦ μαρμάρου ἐλαξεύθη ρεῖθρον μὲ ἐλλειψοειδεῖς κοιλότητος, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ καὶ ρεῖθρον (sluice)* διὰ τὸν ἐμπλουτισμὸν τῶν μεταλλευμάτων.

* Sluice «Ρεῖθρον ἐμπλουτισμοῦ μεταλλευμάτων». Πρόκειται διὰ ἀρχαιοτάτην μέθοδον, ἣτις συνίσταται εἰς τὴν ροὴν τοῦ μεταλλεύματος μεθ' ὕδατος ἐπὶ κεκλιμένου ξυλίνου ρεῖ-

Τὸ ρεῖθρον τοῦτο ἔχει συνεχῆ κλίσιν, ὡς ἀποδεικνύουν καὶ τὰ σχέδια (μέση κλίσις $0,6 \text{ cm/m}$), καὶ ὡς ἐκ τούτου ἀποτελεῖ ἑλικοειδὲς ρεῖθρον βάσεως κύκλου διαμέτρου 615 cm.

Τρία τεμάχια μαρμάρου ἔχουν μετατοπισθῆ.

Πλησίον τοῦ πλυντηρίου ὑπάρχουν αἱ δύο δεξαμεναί, αἱ ὁποῖαι ἐχρησίμευον διὰ τὴν τροφοδοσίαν εἰς ὕδωρ τοῦ πλυντηρίου τούτου.

Π-2. Ἐλικοειδὲς πλυντήριο εἰς τὴν θέσιν «Μεγάλα Πεῦκα».

Εἰς τὸ σχῆμα 7 δίδεται τὸ σχέδιον τοῦ πλυντηρίου. Εἰς τὰ σχήματα 8, 9, 10, 11 φωτογραφίαι τοῦ πλυντηρίου.

Πρόκειται διὰ πλυντήριο τῆς μορφῆς τοῦ τῆς θέσεως «Δημολιάκι».

Τὸ ρεῖθρον ὅμως δὲν ἔχει συμπληρωθῆ. Εἰς ἀκραῖα σημεῖα δὲν ἔχει καὶ λαξευθῆ (Σχῆμα 10).

Εἶναι φανερὸν ὅτι κατὰ τὴν κατασκευὴν τοῦ πλυντηρίου, τοῦτο ἐγκατελείφθη διὰ ἀγνώστους λόγους.

Αἱ κλίσεις τοῦ πλυντηρίου παρουσιάζουν ἀνωμαλίαν, εἴτε λόγῳ τοπικῆς καθιζήσεως, εἴτε διότι αὐταὶ ἐπρόκειτο νὰ ρυθμισθοῦν μετὰ τὴν περάτωσιν τῆς ἐργασίας.

Δύο τμήματα τοῦ πλυντηρίου ἔχουν μετατοπισθῆ.

Τὸ πλυντήριο ἐτροφοδοτεῖτο ὑπὸ παρακειμένων φρέατος καὶ δεξαμενῆς.

Π-3. Ἐλικοειδὲς πλυντήριο εἰς τὴν θέσιν «Μπερτσέκο».

Εἰς τὰ σχήματα 12, 13 δίδομεν φωτογραφίας τῶν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τμημάτων τοῦ πλυντηρίου τούτου.

Διὰ μέσου τοῦ πλυντηρίου εἶχε γίνεῖ κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ αἰῶνος μεταλλευτικὸς δρόμος, ὅστις μετετόπισεν εἰς ἀρκετὸν τμήμα τοὺς ἐκ μαρμάρου ὄγκολίθους τοῦ κατασκευάσματος. Φαίνεται ὅμως ὅτι τὸ τμήμα τῆς τροφοδοσίας τοῦ μεταλλεύματος εὐρίσκεται πιθανῶς ἄθικτον, καὶ τοῦτο εἶναι ἰδιαίτερος σημαντικόν.

θρου μὲ ἐμπόδια. Μεταξὺ τῶν ἐμποδίων συγκρατοῦνται οἱ βαρεῖς κόκκοι, ἐνῶ τὸ ὕδωρ παρσύρει τοὺς ἐλαφροὺς. Ἐφηρμόσθη ἀρχαιότεν διὰ τὸν ἐμπλουτισμὸν μεταλλευμάτων χρυσοῦ, ὅπως καὶ κατὰ τὰ τέλη τοῦ προηγουμένου αἰῶνος καὶ σήμερον. Ὁ μῦθος τοῦ «χρυσομάλλου δέρατος» συνδέεται μὲ τὴν τεχνικὴν ταύτην, διότι τὰ ἐμπόδια τοῦ ρεῖθρου ἀπετέλουν πολλάκις καὶ αἱ τριχωταὶ ἐπιφάνειαι δερμάτων, ὅταν τὸ μέταλλευμα ἐτρίβετο εἰς λεπτοὺς κόκκους.

Τὰ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τμήματα ἀποδεικνύουν ὅτι πρόκειται περὶ ἑλικοειδοῦς πλυντηρίου, τὸ ὁποῖον εἰργάσθη καὶ εἶναι τῆς αὐτῆς μορφῆς, ἣν ἔχει καὶ τὸ πλυντήριο τῆς θέσεως «Δημολιάκι».

III. Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΙΣ ΤΑ ΕΛΙΚΟΕΙΔΗ ΤΩΝ ΠΛΥΝΤΗΡΙΑ

III-1. Τὴν μέθοδον ταύτην εὑρομεν κατόπιν μακρᾶς καὶ ἐπισταμένης μελέτης τῆς μορφῆς τῶν ἑλικοειδῶν πλυντηρίων ἐπὶ τῇ βάσει τῶν συγχρόνων γνώσεων ἐπὶ τοῦ ἐμπλουτισμοῦ τῶν μεταλλευμάτων καὶ γνώσεων τῆς ἀρχαίας τεχνικῆς, ὡς αὕτη μᾶς εἶναι γνωστὴ ἐκ τῶν διαφόρων ἄλλων ἐργασιῶν μας ἐπὶ τῆς ἀρχαίας ἐν Λαυρίῳ μεταλλουργίας τοῦ μολύβδου καὶ ἀργύρου.

Τὴν ἀρχαίαν μέθοδον ἐπιστοποιήσαμεν καὶ διὰ τῆς πειραματικῆς μεθόδου, ὡς ἤδη ἀνεφέρομεν καὶ ὡς θὰ ἐκθέσωμεν εἰς τὸ κεφάλαιον IV. Διὰ τὴν εὐκολωτέραν ἔκθεσιν τοῦ θέματος, δίδομεν ἀμέσως καὶ συνθετικῶς τὴν ἐν λόγῳ μέθοδον.

III-2. Εἰς τὸ σχῆμα 14 δίδομεν εἰς τὸν χῶρον τὴν μορφήν τοῦ ἑλικοειδοῦς πλυντηρίου καὶ τὸν τρόπον λειτουργίας του.

Ἴδου αἱ σχετικαὶ λεπτομέρειαι :

A. Τὸ πλυντήριο ἀποτελεῖται οὐσιαστικῶς ἐξ ἑνὸς ρεῖθρου (sluice) (1) ἑλικοειδοῦς μικρᾶς κλίσεως καὶ βάσεως κύκλου διαμέτρου 500 - 700 cm. Εἶναι ἑλιξ μιᾶς σπείρας καὶ ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν ἄκρων τῆς εἶναι 10 - 30 cm.

Τὸ μετάλλευμα λειοτριβηθὲν ἐτροφοδοτεῖτο διὰ τοῦ ὕδατος εἰς τὸ ὑψηλότερον σημεῖον καὶ ἡ ἰλὺς ἔτρεχε κατὰ μῆκος τοῦ ρεῖθρου εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον του.

Κατὰ μῆκος τοῦ ρεῖθρου ἐγίνετο καὶ ἡ ταξινόμησις τοῦ μεταλλεύματος. Δηλαδή, ἐπὶ τοῦ ρεῖθρου καὶ εἰς τὴν ἀρχὴν του παρέμενε τὸ πλούσιον μετάλλευμα, οἱ βαρεῖς κόκκοι, ἐνῶ τὸ πτωχὸν μετάλλευμα, οἱ ἑλαφροὶ κόκκοι, παρεσύρετο ὑπὸ τοῦ ὕδατος πρὸς τὸ τελευταῖον τμήμα τοῦ ρεῖθρου.

B. Τὸ ρεῖθρον τῶν πλυντηρίων τούτων εἶναι εἰδικῆς ὑδροδυναμικῆς

μορφῆς, ἣτις παρατηρεῖται τὸ πρῶτον εἰς τὴν ἱστορίαν τῆς τεχνικῆς. Δίδομεν εἰς τὸ σχῆμα 15 τὴν μορφήν τοῦ ρεῖθρου τοῦ πλυντηρίου τῆς θέσεως «Δημολιάκι» καὶ εἰς τὸ σχῆμα 16 τὴν μορφήν τοῦ ρεῖθρου τοῦ πλυντηρίου τῆς θέσεως «Μπερτσέκο».

Τὸ ρεῖθρον φέρει λαξευμένας ῥοειδεῖς κοιλότητας, αἵτινες ἐπιτρέπουν τὴν ταξινομήσιν τοῦ μεταλλεύματος εἰς συνεχῆ σειρὰν ἀπὸ τῆς ἀρχῆς μέχρι τοῦ τέλους τοῦ ρεῖθρου.

Θὰ τονίσωμεν ἀμέσως ὅτι αἱ διατομαὶ * τῶν ξυλίνων εὐθύγραμμων ρεῖθρων τῶν ἀρχῶν τοῦ αἰῶνος τούτου, ὅπως καὶ αἱ παλαιότεραι γνωσταὶ (19^{ος} αἰὼν - 16^{ος} αἰὼν - Agricola), εἶναι πρωτόγονοι, ἐν σχέσει πρὸς τὴν διατομὴν τῶν ἐλικοειδῶν πλυντηρίων τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων (Σχῆμα 7).

Γ. Τὰ μεταλλεύματα πρὸ τοῦ ἐμπλουτισμοῦ τῶν ἐλειοτριβοῦντο εἰς διάστασιν κάτω τοῦ 1 mm εἰς τριβεῖα. Εἰς διάστασιν «κέγχρου», διὰ τοῦτο καὶ «κεγχρεῶνες» ὠνομάζοντο τὰ ἐργαστήρια λειοτριβήσεως καὶ ἐμπλουτισμοῦ.

Ἡ λειοτριβήσις εἰς τὴν διάστασιν κόκκων κάτω τοῦ 1 mm εἶναι ἀναγκαία διὰ τὰ μεταλλεύματα τῆς Λαυρεωτικῆς, λόγῳ τοῦ μικροκρυσταλλικοῦ τοῦ κερουσίτου ἢ τοῦ γαληνίτου, δηλαδὴ τῶν μολυβδούχων μεταλλιτῶν τῆς περιοχῆς.

Τὸ λειοτριβηθὲν μέταλλευμα (1) ἐτροφοδοτεῖτο (2) εἰς τὸ ὑψηλότερον ἄκρον τοῦ ρεῖθρου δι' ὕδατος περίπου 5 kg. ἀνὰ 1 kg. μεταλλεύματος. Τὸ ὕδωρ ἔρρεεν ἐξ ἀκροφυσίου (3) διαμέτρου 20-25 mm περίπου.

Δ. Ἡ ἴλδς (μέταλλευμα καὶ ὕδωρ) κατὰ τὴν διαδρομὴν τῆς ἐπέτρεπε τὴν κατάταξιν τῶν κόκκων τοῦ μεταλλεύματος εἰς τὰς κοιλότητας τοῦ

* Αἱ διατομαὶ τῶν ξυλίνων συγχρόνων (sluices) ρεῖθρων, ὡς ἀναφέρονται ὑπὸ τοῦ Taggart (Elements of Ore Dressing, 1951), εἶναι ὀρθογώνιοι. Ἐμπόδια ἐντὸς τῶν ρεῖθρων εἶναι εὐθύγραμμα ἐκ μικρῶν ὀρθογωνίων καθρονίων. Δίδομεν παραστατικῶς σχετικὸν σχῆμα (Σχ. 17). Τὰ εὐθύγραμμα ταῦτα ρεῖθρα ἐχρησιμοποιοῦντο κυρίως διὰ τὸν ἐμπλουτισμὸν μεταλλευμάτων αὐτοφυοῦς χρυσοῦ εἰς U.S.A. καὶ ἀλλαχοῦ.

ρείθρου (4). Κατὰ πρῶτον τῶν βαρυτέρων κόκκων, δηλαδή καθαρῶν κόκκων κερουσίτου ἢ γαληνίτου, μετὰ ταῦτα τῶν μεικτῶν, καὶ τελικῶς τῶν ἑλαφρῶν στείρων κόκκων ἐκ διαφόρων γαιωδῶν συστατικῶν. Οὕτω, κατὰ μῆκος τοῦ ρεῖθρου εἶχομεν συνεχῆ κατὰταξιν καὶ εὐκόλον ἐμπλουτισμόν. Οἱ βαρεῖς κόκκοι, δηλαδή τὸ ἐμπλουτισμένον μετάλλευμα, ἐλαμβάνοντο εἰς τὰς πρῶτας κοιλότητας τοῦ ρεῖθρου.

Ε. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ροῆς τῆς ἰλύος, ἀλλὰ καὶ μετὰ ταῦτα, ἐνῶ ἐτροφοδοτεῖτο συνεχῶς ὕδωρ, σκλάβοι (5) ἀνετάρασσαν διαρκῶς τὸ ὑλικὸν ἐντὸς τῶν κοιλοτήτων διὰ τῶν δακτύλων των. Τοῦτο ἐπέτρεπε τὴν ἐκ νέου θέσιν εἰς κατάστασιν αἰωρήσεως ἐντὸς τοῦ ὕδατος τῶν κόκκων καὶ τελειοτέραν ταξινομήσιν κατ' εἰδικὸν βᾶρος.

Ἐκ τῆς πρακτικῆς ἐφαρμογῆς ἀπεδείχθη ὅτι τοῦτο ἦτο βασικὴ ἐργασία καὶ πιστοποιεῖται, ὡς θὰ ἴδωμεν, ἐκ τῆς μονοπλεύρου (καὶ πρὸς τὰ μέσα) φθορᾶς τῶν κοιλοτήτων τῶν ρεῖθρων τοῦ πλυντηρίου τῆς θέσεως «Δημολιάκι».

Ζ. Βασικὸν χαρακτηριστικὸν τοῦ ἑλικοειδοῦς πλυντηρίου, εἰς τὸ ὁποῖον ὀφείλεται κυρίως καὶ ἡ ἀνακύλιψις αὕτη τῶν Ἀρχαίων, εἶναι ἡ εὐκόλος ἀνακυκλοφορία τοῦ ὕδατος.

Τὸ ὕδωρ εἰς τὸ τέρμα τοῦ ἑλικοειδοῦς ρεῖθρου ἔρρεεν ἐντὸς μικρᾶς δεξαμενῆς (8) πλησίον τῆς ἀρχῆς τοῦ πλυντηρίου καὶ εὐρίσκετο εἰς μικρὰν ὑψομετρικὴν διαφορὰν ὡς πρὸς τοῦτο. Ἡ ἀνακυκλοφορία του ἦτο εὐκόλος διὰ χειρῶν.

Ἐχρησιμοποιοῦντο πρὸς τοῦτο πήλινα ἢ καὶ χάλκινα δοχεῖα. Εἷς σκλάβος ἤρκει διὰ τὴν ἀνακυκλοφορίαν τοῦ ὕδατος, ὡς ἡ πειραματικὴ ἐργασία ἀπέδειξε.

Δέον νὰ ὑπενθυμίσωμεν ἐνταῦθα, ὅτι ἡ ἀποφυγὴ πάσης ἀπωλείας εἰς ὕδωρ ἦτο κύριον μέλημα τῶν ἀρχαίων μεταλλευτῶν εἰς τὸ Λαύριον.

Τὸ ὕδωρ ἦτο ὄμβριον καὶ πολύτιμον εἰς μίαν ἄνυδρον περιοχὴν.

Τὸ πτωχὸν μετάλλευμα καὶ δὴ τὸ λεπτόκοκκον παρεσύρετο ὑπὸ τοῦ ρέοντος ὕδατος εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ρεῖθρου εἰς τὴν δεξαμενὴν (8).

Τὸ ὕδωρ ὑπερχειλίζει σχετικῶς καθαρὸν εἰς τὴν δεξαμενὴν (12). Ἐτροφοδοτεῖτο συνεχῶς διὰ χειρῶν εἰς τὴν δεξαμενὴν (7).

Η. Ἡ λειτουργία τοῦ πλυντηρίου ἦτο ἀσυνεχής. Ὄταν τὸ ἥμισυ σχεδὸν τῶν κοιλοτήτων ἐπληροῦτο μεταλλεύματος καὶ ἐγένετο ἡ κατάταξις, ἔπαυεν ἡ ἀνακυκλοφορία τοῦ ὕδατος.

Τὸ ἐμπλουτισμένον μετάλλευμα μετεφέρετο ἐντὸς τοῦ πλυντηρίου (6), τὸ δὲ πτωχόν, εἴτε ἀπὸ τὰς τελευταίας κοιλοτήτας εἴτε ἐκ τοῦ ὑλικοῦ τῆς τελικῆς δεξαμενῆς, μετεφέρετο ἐκτὸς τοῦ πλυντηρίου (10).

Θ. Ἡ ἐξάτμισις τοῦ ὕδατος κατὰ τὸ θέρος περιορίζετο χάρις εἰς ξυλίνην στέγην, ἡ ὁποία ἐκάλυπτε τὸ πλυντήριο. Παρ' ὅλα αὐτὰ ὑπῆρχε ἀπώλεια ὕδατος καὶ ἐκ τῆς ὑγρασίας τοῦ ἀπομακρυνομένου μεταλλεύματος μετὰ τὸν ἐμπλουτισμόν. Τὸ ἀναγκαῖον ὕδωρ ἐλαμβάνετο ἐκ τῆς μεγάλης δεξαμενῆς (6) καὶ ἐτροφοδοτεῖτο εἰς τὴν δεξαμενὴν (7).

IV. ΑΠΟΔΕΙΞΙΣ ΤΗΣ ΟΡΘΟΤΗΤΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΨΕΩΝ ΜΑΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΙΣ ΤΑ ΕΛΙΚΟΕΙΔΗ ΠΛΥΝΤΗΡΙΑ

IV-1. Βασικὴ ἀπόδειξις τῆς ὀρθότητος τῶν ὅσων εἶπομεν εἰς τὸ προηγούμενον κεφάλαιον εἶναι πειραματικὴ πρωτότυπος ἀναπαράστασις τοῦ ἐλικοειδοῦς πλυντηρίου καὶ τῆς λειτουργίας του, γενομένη ὑφ' ἡμῶν. Κατεσκευάσαμεν ἐλικοειδὲς πλυντήριο πανομοιότυπον τοῦ πλυντηρίου τῆς θέσεως «Δημολιάκι», ἀφοῦ ἐλάβομεν διὰ γυψίνου ἐκτύπου τὰς λεπτομερείας τοῦ ρεῖθρου.

Τὸ ρεῖθρον ἐπραγματοποιήσαμεν διὰ τσιμέντου μὲ τὰς μετρηθείσας κλίσεις του.

Λίδομεν εἰς φωτογραφίας (Σχ. 18 - 19) τὴν ἀνακατασκευὴν ταύτην.

Εἰς τὰ σχήματα 20, 21, 22 δίδομεν φωτογραφίας-στιγμιότυπα ἀπὸ τὴν πειραματικὴν ἐργασίαν.

Ἐθέσαμεν εἰς λειτουργίαν τὸ πλυντήριο μὲ τὴν μέθοδον τὴν ὁποίαν ἀνεφέραμεν εἰς τὸ κεφάλαιον III.

(8) Τροφοδοσία : 60 kgs μεταλλεύματος γαληνίτου περιεκτικότητος 16% εἰς μόλυβδον.

Ἐλήφθησαν 13,5 kgs ἔμπλουτίσματος περιεκτικότητος 45 % εἰς μόλυβδον, καὶ 46,5 kgs στείου περιεκτικότητος 7,5 % εἰς μόλυβδον.

Ἡ ἀπόδοσις εἰς βάρους ἦτο λοιπὸν $R = \frac{13,5}{60} = 22,5\%$ καὶ ἡ ἀπόδοσις εἰς μέταλλον

$$Q = \frac{22,5 \times 0,45}{100 \times 0,16} = 63\%.$$

Αἱ ἀποδόσεις αὗται δεόν νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἐξαιρετικαὶ διὰ μὴ ταξινομηθὲν διὰ κοσκινίσεως, κοκκομετρικῶς, ὑλικόν.

Ἐπιστοποιήσαμεν ἐξ ἄλλου, ὅτι ἡ δυναμικότης τοῦ πλυντηρίου διὰ ἐν τοιοῦτον μετάλλευμα ἦτο 2 τόννοι τροφοδοσίας διὰ 12 ὥρας ἐργασίας.

Ἐπίσης ὅτι ἡ ἀνακυκλοφορία τοῦ ὕδατος ἦτο δυνατὴ ὑφ' ἑνὸς μόνου ἐργάτου. Εἰς τὴν ἀρχαίαν ἐποχὴν οἱ σκλάβοι ἐνηλλάσσοντο, ὥστε ἡ τροφοδοσία εἰς ὕδωρ νὰ γίνεται συνεχῶς κατὰ τὸν χρόνον τῆς λειτουργίας.

Ἡ δυναμικότης τοῦ ἐλικοειδοῦς πλυντηρίου δύναται νὰ ὑπολογισθῇ περίπου εἰς 2 τόννους μεταλλεύματος κατὰ 12 ὥρας ἐργασίας, καὶ τοῦτο ἐπὶ τῇ βάσει τῶν πειραματικῶν παρατηρήσεων.

Θεωροῦμεν περιττὸν νὰ δώσωμεν ἐνταῦθα περαιτέρω λεπτομερείας.

IV-2. Θὰ δώσωμεν τώρα κατωτέρω ἄλλας ἀποδείξεις τῶν ὄσων ἀναφέρομεν εἰς τὸ κεφάλαιον III, ὑπενθυμίζοντες ταῦτα διὰ τῶν ἀντιστοιχῶν γραμμάτων Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η, Θ.

Α. Τὸ ἐλικοειδὲς τοῦ ρεῖθρου ἀποδεικνύεται ἐκ τῶν γενομένων μετρήσεων εἰς τὸ πλυντήριον τῆς θέσεως «Δημολιάκι».

Β. Αἱ κοιλότητες τῶν ρεῖθρων ἐμετρήθησαν, καὶ ἡ μορφή των ἀποδεικνύεται ἰδιαιτέρας ἐμπειρικῆς ὑδροδυναμικῆς συλλήψεως.

Γ. Τὸ τμήμα τῆς ἐγκαταστάσεως τροφοδοσίας τοῦ μεταλλεύματος καὶ ἀνακυκλοφορίας τοῦ ὕδατος δὲν διεσώθη εἰς τὰ πλυντήρια τῶν θέσεων «Δημολιάκι» καὶ «Μεγάλα Πεῦκα». Ἴσως νὰ εὐρεθῇ ἄθικτον, ὡς ἐλέχθη, εἰς τὸ πλυντήριον τῆς θέσεως «Μπερτσέκο». Πάντως ὁ τρόπος

τροφοδοσίας θὰ εἶναι ἀνάλογος μὲ τὸν τρόπον τροφοδοσίας εἰς τὰ ἐπίπεδα πλυντήρια, ὅστις εἶναι γνωστός.

Ὁ βαθμὸς λειοτριβήσεως τῶν μεταλλευμάτων εἶναι γνωστός ἐκ τῶν εὐρεθέντων ἀρχαίων ἀπορριμμάτων.

Δ. Ἡ ταξινόμησις τῶν κόκκων κατὰ εἰδικὰ βάρη διὰ τὴν αὐτὴν διάστασιν εἶναι γνωστὴ ἐκ τῆς θεωρίας καὶ τῆς πράξεως τῶν ρεῖθρων (sluices) καὶ διεπιστώθη κατὰ τὰ πειράματα.

Ε. Εἰς τὸ ρεῖθρον τοῦ πλυντηρίου τῆς θέσεως «Δημολιάκι» διεπιστώθη φθορὰ τοῦ ρεῖθρου πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν (Φωτογραφία τοῦ σχήματος 23). Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι σκλάβοι προέβαινον ἐκ τῶν ἔνδον εἰς συνεχῆ ἀνατάραξιν τοῦ ὑλικοῦ ἐντὸς τῶν κοιλοτήτων.

Ζ. Ἡ ἀνακυκλοφορία τοῦ ὕδατος πραγματοποιεῖται εὐκόλως, ὅπως καὶ τὸ πείραμα ἀπέδειξεν.

Η. Ἡ ἀσυνεχὴς λειτουργία εἶναι ἐμφανὴς καὶ ἀποτελεῖ βασικὴν ἀρχὴν εἰς τὴν λειτουργίαν τῶν ρεῖθρων.

Θ. Τὰ πλυντήρια, ἰδιαίτερος τὸ πλυντήριο τῆς θέσεως «Μεγάλα Πεῦκα», περιβάλλονται ἐκ τριῶν πλευρῶν διὰ τοίχων. Οἱ τοῖχοι ὑπεβάσταζον τὴν ξυλίνην στέγην.

V. ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΣ ΤΩΝ ΕΛΙΚΟΕΙΔΩΝ ΠΛΥΝΤΗΡΙΩΝ ΕΙΣ ΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑΝ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΩΝ

V-1. Τὸ ἐλικοειδὲς πλυντήριο ἐφευρέθη ὑπὸ τῶν Ἀρχαίων μετὰ τὸ ἐπίπεδον πλυντήριο, τὸ ὁποῖον ἐχρησιμοποιοῦν κατὰ ἑκατοντάδας ἀπὸ τὰ τέλη τοῦ ἔκτου αἰῶνος μέχρι καὶ τοῦ δευτέρου αἰῶνος π. Χ.

Ἐλικοειδῆ πλυντήρια ἔγιναν ὀλίγα πιθανῶς κατὰ τὸν τέταρτον αἰῶνα. Δὲν εὗρομεν δυστυχῶς ὄστρακα, διὰ νὰ πιστοποιήσωμεν τοῦτο. Ἰσως εὐρεθῶσιν εἰς τὸ πλυντήριο τῆς θέσεως «Μπερτσέκο», ὅταν τοῦτο ἀνασκαφῆ.

Πάντως ἡ κατασκευὴ τοῦ ἐλικοειδοῦς πλυντηρίου εἶναι δυσκολωτέρα τῆς τοῦ ἐπιπέδου.

Ἔστι τὸ ἐλικοειδὲς πλυντήριο ἐφευρέθη μετὰ τὸ ἐπίπεδον, τοῦτο συνάγεται εὐκόλως ἐκ τῆς ἀνωτέρας συλλήψεώς του ἀπὸ ἀπόψεως τεχνικῆς σκέψεως.

Ἄλλη σπουδαία ἔνδειξις εἶναι ὅτι τὸ ἐλικοειδὲς πλυντήριο τῶν «Μεγάλων Πεύκων» δὲν ἐπερατώθη. Ἐγκατελείφθη ἀποτόμως. Διότι ἄλλως, ἐὰν ἡ ἐργασία ἐπανελαμβάνετο εἰς τὸν χῶρον τοῦτον, ἢ θὰ τὸ ἐπεράτωναν ἢ θὰ τὸ ἀντικαθίστων διὰ ἐπιπέδου πλυντηρίου. Ὁ χῶρος εἰς τὴν θέσιν ἐκείνην ἦτο πολύτιμος. Εἶναι πλήρης ἐπιπέδων πλυντηρίων. Ἄρα ἡ διακοπὴ τῆς ἐργασίας θὰ ἔγινεν ἀσφαλῶς κατὰ τὸν Πελοποννησιακὸν πόλεμον ἢ ἀργότερον εἰς ἐποχὴν ταραχώδη.

V-2. Τὸ ἐλικοειδὲς πλυντήριο ἀποτελεῖ σπουδαιοτάτην καὶ ἄγνωστον μέχρι τοῦδε ἐφεύρεσιν. Διότι παρουσιάζει συνθετικῶς συγκέντρωσιν βασικῶν καὶ διαφόρων ἀρχῶν ἐμπλουτισμοῦ εἰς τὴν αὐτὴν ἐγκατάστασιν, ὅπως τοῦτο οὐδέποτε ἐγίνετο. Συγχρόνως ἔλυε βασικὰ προβλήματα τῆς ἐποχῆς. Ἴδου αἱ ἀρχαὶ αὗται :

α) Ἐλυε κατὰ τρόπον ἰδεώδη τὸ πρόβλημα τῆς εὐκόλου ἀνακυκλοφορίας τοῦ ὕδατος διὰ χειρῶν, εἰς ἐποχὴν καθ' ἣν δὲν ὑπῆρχον ἄλλα μηχανικὰ μέσα. Ἡ λύσις αὕτη ἦτο ἀνωτέρα τῆς τῶν ἐπιπέδων πλυντηρίων.

β) Ἐχρησιμοποιοῦναι ρεῖθρον, ἀλλὰ ρεῖθρον λαξευμένον εἰς μάρμαρον, ὑδροδυναμικῆς διατομῆς, τὸ ὁποῖον δὲν συναντᾶται κατὰ τὴν ἐποχὴν μας οὔτε καὶ παλαιότερον.

γ) Ἡ κυκλικὴ μορφή τοῦ ρεῖθρου ἐπέτρεπε καὶ φαινόμενον ἐλαφρᾶς φυγοκεντρήσεως τοῦ ὕδατος, ἐκ τοῦ ὁποίου ἐνισχύεται ὁ καλὸς ἐμπλουτισμός. Ἡ ἀρχὴ αὕτη ἀνεκαλύφθη «ἐκ νέου» πρὸ 30 ἐτῶν ὑπὸ τοῦ Hamphrey εἰς U. S. A. καὶ ἐφηρμόσθη εἰς τὰς λεγομένας σπείρας τοῦ Hamphrey. Αἱ σπείραι ὅμως αὗται, ἐκτὸς τῆς φυγοκεντρήσεως, στήριζονται ἐπὶ ἄλλης ἀρχῆς καὶ ὄχι ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τοῦ ρεῖθρου.

δ) Ἡ συνεχὴς ἀνατάραξις τῶν κόκκων ἐντὸς τῶν κοιλοτήτων ἀπετέλει σπουδαιοτάτην μέθοδον διὰ τὴν ἐποχὴν. Τὸν τελευταῖον αἰῶνα ἢ

ἀνατάραξις εἰς τὰς τραπέζας Wiefley γίνεται μηχανικῶς, χάρις εἰς τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Τότε τοῦτο ἦτο ἀδύνατον. Οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες ὁμως εἶχαν πιστοποιήσει τὴν ἀνάγκην τῆς ἀναταράξεως καὶ ἐπραγματοποίησαν ταύτην μὲ τὸν μόνον τότε δυνατὸν τρόπον. Διὰ τῆς ἀναταράξεως τοῦ ὕλικου διὰ τῶν δακτύλων τῆς χειρός.

V-3. Πρόκειται λοιπὸν διὰ μεγαλειώδη σύνθεσιν τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων πολλῶν ἀρχῶν τοῦ βαρουμετρικοῦ ἐμπλουτισμοῦ τῶν μεταλλευμάτων. Πρέπει νὰ τὴν θαυμάσωμεν κυρίως ὡς σύνθεσιν.

Ἄλλὰ καὶ αἱ χρησιμοποιούμεναι ἀρχαὶ εἶναι ἀξιοθαύμαστοι.

Διότι ἡ ἀρχὴ τοῦ ρεῖθρου, γνωστὴ ἀπὸ τὴν προϊστορίαν, τελειοποιεῖται διὰ τῆς ὑδροδυναμικῆς διατομῆς τούτου. Μία τοιαύτη διατομὴ οὐδέποτε ἐπανελήφθη μέχρι σήμερον. Ἡ ἀρχὴ τῆς φυγοκεντρικῆς πορείας τοῦ ὕδατος ἐπανελήφθη μόνον κατὰ τὸν αἰῶνα μας.

Νομίζομεν ὅτι ἡ ἐφεύρεσις αὕτη, ἥτις ἐξεκίνησε μὲ σκοπὸν τὴν εὐκολωτέραν ἀνακυκλοφορίαν τοῦ ὕδατος, ὠδήγησεν εἰς τὴν ἕλικοειδῆ μορφήν τοῦ ρεῖθρου. Ὁ ἐφευρέτης ἢ οἱ ἐφευρέται παρατήρησαν, συγχρόνως, τὴν σύμπτωσιν τοῦ καλυτέρου ἐμπλουτισμοῦ ἐκ τῆς κυκλικῆς κινήσεως τοῦ ὕδατος καὶ ἐφρόντισαν διὰ τὴν τελειοποίησιν τῆς μορφῆς τῶν κοιλοτήτων τοῦ ρεῖθρου.

Ἡ σύνθεσις αὕτη τῶν Ἀρχαίων δύναται νὰ χρησιμεύσῃ ὡς βᾶσις ἐμπνεύσεως ἀναλόγου συνθέσεως εἰς τὴν ἐποχὴν μας μὲ μηχανοπνευματικὰ μέσα διὰ τὸν βαρουμετρικὸν ἐμπλουτισμὸν ὠρισμένων μεταλλευμάτων. Οὕτω, βλέπομεν ὅτι ἡ ἱστορία τῆς τεχνικῆς εἶναι μεγάλης σημασίας καὶ διὰ συγχρόνους ἀκόμη ἐφαρμογὰς.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΑΙ

Θὰ ἠθέλαμεν ἐνταῦθα νὰ ἀπευθύνωμεν τὰς εὐχαριστίας μας πρῶτον εἰς τὸν Ἀκαδημαϊκὸν κ. Σ. Μαρινᾶτον διὰ τὴν ἀνακοίνωσιν καὶ τὴν βοήθειάν του εἰς τὴν πραγματοποίησιν τῆς ἀποκαλύψεως τῶν πλυντηρίων.

Ἐπίσης νὰ εὐχαριστήσωμεν ὅσους μᾶς ἐβοήθησαν εἰς τὸ ἔργον μας. Τὸν κ. Ι. Σπανόν, διὰ τὴν ἔρευναν νέων πλυντηρίων, τὸν μηχανικὸν κ. Χ. Κακλα-

μάνην, έπιμελητήν Ε.Μ.Π., διά τήν συνεργασίαν του εις τήν άνακατασκευήν του άρχαίου πλυντηρίου, τόν χημικόν κ. Ι. Πετροήν διά τας γενομένας ύπ' αυτού αναλύσεις μολύβδου. Τέλος τόν κ. Η. Gasche διά τὰ άκριβέστατα σχέδια τών πλυντηρίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AGRICOLA : De re metallica, 1555.
ΚΟΡΔΕΛΛΑ, Α. : «Laurium», Marseille 1869.
ΝΕΓΡΗΣ, Φ. : Laveries anciennes du Laurium. Annales de mines, Paris 1881.
ΑΡΔΑΙΛΛΟΝ, F. : Les mines du Laurium dans l'Antiquité, Paris 1897.
BREMER, M. : Revue de la Societé de Penarroja, 1947.
ΚΟΝΟΦΑΓΟΣ, Κ. : Μία άγνωστος μέθοδος τών άρχαίων Έλλήνων κυπελλώσεως του άργυρούχου μολύβδου. Ανακοίνωσις εις τήν 'Ακαδημίαν 'Αθηνών 1959. Annales Géologiques des Pays Helléniques, 1959.
TAGGART, A. : Elements of Ore Dressing. Willey 1951.

R É S U M É

Les laveries hélicoïdales du Laurium. Une invention ignorée des anciens Grecs, par *C. Conophagos* et *A. Mussche* *.

Nous avons observé et puis étudié à la surface de la Lauréautique une laverie ancienne d'un genre jusqu'à maintenant inconnu. Cette laverie nous l'avons appelée laverie «hélicoïdale».

La laverie hélicoïdale est très différente de la laverie «plane» que les ingénieurs Cordellas et Négris avaient trouvé à la fin du dernier siècle.

I. La découverte des laveries hélicoïdales.

- I-1. Le P^f Conophagos avait remarqué en 1965 à l'endroit, près du village Camaresa, appelé «Mégala Pefka», une laverie d'un genre particulier qui paraissait être un «sluice» de forme circulaire. Il a pris une photo (fig. n° 1) avec l'intention de procéder plus tard à son étude.
- I-2. En 1968 il a contacté le P^f Mussche, chef de la mission Belge des fouilles à Thoricos près du Laurium, et tous les deux se sont adressés au P^f Marinatos, Académicien, chef des services Archéologiques de la Grèce. Le P^f Marinatos a été intéressé par nos intentions et il a bien voulu donner la permission du nettoyage de cette laverie. Ce qui a été fait pendant l'été de 1968 par la mission Belge sous la surveillance des services archéologiques du pays.
- I-3. En dehors de la laverie de «Mégala Pefka» nous avons pu localiser sur la surface du Laurium deux autres laveries du même genre, une à la région de «Dimoliaki» et une autre à la région de «Bertzeko». Sur le plan topographique (fig. n° 2) nous avons marqué les points de la position des cetttes laveries.

II. Description des laveries hélicoïdales.**II-1. Laverie hélicoïdale à «Dimoliaki».**

C'est une laverie hélicoïdale car il s'agit d'un sluice taillé dans des blocs de calcaire, d'un diamètre de 6,15 m, et d'une pente de 0,6 cm/m.

Le sluice a une forme spéciale avec des auges d'une forme élaborée hydrodynamique, indiquée pour la bonne concentration.

* Communication à l'Académie d'Athènes par l'Académicien Meur S. Marinatos.

La figure n° 3 donne le plan côté de cette laverie suivant un dessin détaillé de l'architecte H. Gasche de la mission Belge.

Les figures n° 4, 5, 6 sont des photos de cette laverie.

Près de la laverie existent les deux citernes qui l'alimentaient en eau.

La laverie avait été longuement en service. Ceci est prouvé par l'usure du sluice.

II-2. Laverie hélicoïdale à «Mégala Pefka».

Le plan côté de la laverie est donné à la figure n° 7.

Les photos n° 8, 9, 10, 11 donnent des vues et des détails de cette laverie.

Cette laverie est sûrement une laverie hélicoïdale du type de «Dimoliaki» mais c'est une laverie inachevée.

En effet le sluice est à peine commencé, la taille est peu avancée et dans certains endroits inexistante.

Cette laverie a été brusquement abandonnée au moment de la taille du sluice. Les pentes du sluice ne sont pas régulières à cause d'un affaissement local ou bien parce qu'on comptait les ajuster après la taille du sluice.

II-3. Laverie hélicoïdale de «Bertzeko».

Une partie de cette laverie est à la surface. Cette partie (photos des figures n° 12, 13) montre qu'il s'agit d'une laverie du type «Dimoliaki». L'usure montre que cette laverie a travaillé assez longtemps.

III. Méthode de traitement du minéral sur la laverie hélicoïdale.

III-1. La méthode de traitement que nous proposons nous l'avons vérifiée expérimentalement sur une laverie hélicoïdale reconstituée en béton que nous avons faite.

Cette reconstitution était celle de la laverie de «Dimoliaki».

III-2. À la figure n° 14 nous donnons en perspective la méthode de traitement à la laverie hélicoïdale.

Voici les détails :

A. Le minéral broyé était alimenté au début de sluice près de l'alimentation en eau. Le système d'alimentation de l'eau n'a pas été trouvé sur place. Il est présenté suivant une hypothèse.

Le long du sluice et dans les auges se faisait le classement des grains

du minerai par ordre de densité, c.-à-d. par ordre de richesse en plomb.

B. La section et le détail du sluice sont donnés à la figure n° 15, 16 pour les deux laveries de «Dimoliaki» et de «Bertzeko».

La section est très élaborée et contraste avec la section simple des sluices en bois du dernier siècle dont une forme typique est donnée à la figure n° 17.

C. Le minerai alimenté était déjà broyé à une dimension de moins de 1 mm environ. Cette dimension de broyage était nécessaire pour le minerai de Laurium pour la libération des grains de cérusite et de galène.

D. Après classement dans le sluice, dans les auges, on trouvait successivement le concentré, les mixtes et le stérile. Les «slimes» étaient entraînés avec l'eau.

E. Pendant le travail des esclaves remuaient avec les doigts le minerai dans les auges. Ceci permettait une meilleure concentration.

Il s'agit d'un trait essentiel du procédé.

F. L'eau recirculait facilement comme nous le montrons dans le dessin n° 14. En effet la dénivellation de l'eau était petite.

L'expérience montre qu'un seul homme suffit pour la recirculation de l'eau.

L'eau avant la recirculation se décantait sûrement en un ou deux petits bassins au bout du sluice. La recirculation facile de l'eau était une caractéristique principale de l'appareil.

G. Le travail était discontinu. Le concentré était déposé à l'intérieur de l'aire de la laverie. Le stérile était éloigné.

H. Une toiture en bois protégeait l'eau contre une évaporation intense en été.

IV. Les preuves de l'exactitude de nos vues.

IV-1. La meilleure preuve est l'expérience que nous avons faite sur une laverie du type «Dimoliaki» que nous avons reconstituée en béton dans une usine de Laurium. Nous avons pris un moulage du sluice du «Dimoliaki» que nous avons refait en béton. Nous avons aussi reconstitué les pentes de la laverie.

Les photos n° 18, 19 donnent cette reconstitution.

Les photos n° 20, 21 donnent des instantanés des essais dont les résultats sont les suivants :

Nous avons alimenté 60 kg de minerai de galène broyé à moins de 1 mm d'une teneur en plomb de 16 %.

On a obtenu 13,5 kg de concentré à 45 % de Pb et 46,5 kg de stérile à 7,5 % de Pb. Ceci donne :

$$\text{Rendement poids } R = \frac{13,5}{60} = 22,5 \%$$

$$\text{Rendement métal } \rho = \frac{22,5 \times 0,45}{100 \times 0,16} = 63 \%$$

Ce rendement métal pour le rendement poids obtenu est très bon. Il ne faut pas oublier que le minerai était sûrement alimenté sans aucun classement préalable par tamisage.

VI-2. Voici quelques preuves sur nos considérations données au chapitre III aux paragraphes A, B, C . . . , H.

A. La preuve a été faite par l'expérience.

Le mode de traitement donné dans le dessin n° 14 par tuyère est basé sur le système analogue que les anciens employaient aux laveries planes.

B. La forme de la section des sluices, donnée sur la base des mesures, prouve l'importance de l'admirable conception technique des anciens.

C. La dimension de broyage est prouvée par les stériles que les anciens ont laissés par millions de tonnes (7×10^6 de tonnes) à la surface de Laurium. Ces stériles trouvés en 1870 ont été retraités par les usines modernes.

D. Le classement est prouvé par l'expérience.

E. La photo n° 23 montre que la partie du sluice près des auges et vers l'intérieur, est très usée.

Ceci est dû, suivant nous, à l'usure par le remuage du minerai avec les doigts des esclaves. C'est à l'intérieur, parce que les esclaves pour ce travail étaient placés à l'intérieur.

F. La recirculation de l'eau est évidente une fois que la laverie a été prouvée comme ayant une forme hélicoïdale.

G. Le concentré était recueilli par les esclaves placés à l'intérieur, car à cette position leur déplacement est plus rapide.

H. La toiture en bois est un fait certain pour les laveries planes. Les murs de la laverie hélicoïdale de «Mégala Pefka» soutenaient une toiture en bois.

V. Importance des laveries hélicoïdales dans l'histoire de la concentration des minerais.

V-1. Il est prouvé que les laveries planes étaient utilisées par centaines depuis le VI^e siècle.

La laverie hélicoïdale est sûrement plus récente, car elle est d'une conception plus ingénieuse que la laverie plane. Elle est d'ailleurs rare.

La laverie de Bertzeko est restée inachevée, car elle a été abandonnée pour toujours, brusquement, à un moment où l'exploitation minière a été abandonnée à cette région.

Sans quoi cette laverie aurait été par la suite achevée ou remplacée par une autre. Le terrain était précieux à cet endroit et plein de laveries planes. Un puits existe à côté qui alimentait la laverie.

On doit en conclure que l'abandon de cette laverie a eu lieu pendant une guerre à la décadence d'Athènes.

Nous devons donc placer cette laverie hélicoïdale approximativement vers le quatrième siècle ou début du troisième.

Nous n'avons pas trouvé des tessons pendant la fouille pour dater exactement. On espère qu'à la fouille de la laverie de «Bertzeko» on trouvera des tessons pour donner une chronologie indiscutable.

V-2. La laverie hélicoïdale est d'une conception géniale. On rencontre en même temps plusieurs principes remarquables de la concentration gravimétrique des minerais :

1° La recirculation facile de l'eau à la main, à cause de la petite hauteur de chute de l'eau.

C'est l'idée de base de l'inventeur, mais qui a été en même temps complétée elle-même par d'autres éléments remarquables sur la concentration.

2° Le bon classement à cause d'une section du sluice en auges lisses et de forme hydrodynamique.

3° Le remuage à la main du minerai dans les auges. C'est d'un effet fondamental pour un bon rendement.

C'est même une idée équivalente à l'idée de la table à secousses qui a été inventée au dernier siècle, lorsque on a eu de nouvelles sources d'énergie et la possibilité de mouvoir la table. À l'époque ancienne la seule possibilité était de remuer le minerai pendant le classement.

4° Le classement est amélioré par un léger effet de centrifugation de l'eau qui parcourt le sluice hélicoïdal. Cette idée poussée à l'extrême comme idée de base a été reinventée ce siècle par Humphrey à l'appareil bien connu «Humphrey's spiral».

V-3. Cette synthèse antique de la laverie hélicoïdale est donc admirable.

Nous pensons même qu'elle peut être imitée dans ses principes à de nouveaux appareils modernes avec des moyens mécanopneumatiques convenablement conçus.

Remerciements.

Nous adressons nos vifs remerciements d'abord à l'Académicien Prof. Marinatos pour son aide générale et précieuse.

De même à M. M. J. Spanos, C. Caclamani, ingénieur, M. Petris, chimiste, H. Gasche, architecte, pour leurs services divers.
