

ΜΕΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ. — Ἐπὶ τῆς μεταλλουργίας τοῦ σιδήρου τοῦ Παρθενῶ-
νος καὶ τῆς ἐρμηνείας χρήσεως ἀρχαίας καμίνου, ὑπὸ Κωνστ.
Διβαδέως*. — Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ κ. Ἄλ. Βουρνάζου.

I. Εἰσαγωγικά

Ὁ σίδηρος τοῦ Παρθενῶνος ἐμφανίζεται ὑπὸ μορφήν γόμφων καὶ συνδέ-
σμων μορφῆς I συνεχόντων τοὺς λίθους πρὸς ἀλλήλους. Αἱ μέχρι τοῦδε γενόμε-
ναι ἔρευναι ἐπὶ γόμφων καὶ συνδέσμων ἀναφέρονται εἰς τὴν κρυσταλλικὴν ὑφήν
τοῦ ὕλικου ἕξ οὗ ἀποτελοῦνται, τὰς μηχανικὰς του ιδιότητας, τὴν χημικὴν του
σύστασιν, τὸν τρόπον τῆς διαμορφώσεώς των καὶ τέλος τὸν τρόπον τῆς πακτώ-
σεως του ἐντὸς τῶν τόρμων.

Διὰ τῆς παρουσίας σκοποῦμεν τὴν γνωμάτευσιν ἐπὶ τῆς μεταλλουργίας τοῦ
σιδήρου τοῦ Παρθενῶνος ἀναφερομένην ἐν ὀλίγοις μὲν εἰς τὴν ἐκκαμίνευσιν αὐτοῦ
ἐκ τῶν σιδηρομεταλλευμάτων, κυρίως ὅμως εἰς τὸν τρόπον καθ' ὃν οὗτος διεπο-
νεῖτο μετὰ τὴν ἐκκαμίνευσιν, ἵνα καταστῇ κατάλληλος διὰ τὴν κατασκευὴν δια-
φόρων ἀντικειμένων ἕξ αὐτοῦ.

II. Ἡ μεταλλουργία τοῦ σιδήρου τοῦ Παρθενῶνος

1. Πηγαι.

Διὰ νὰ δυνηθῶμεν νὰ ἐκφέρωμεν γνώμην ἐπὶ τῆς μεταλλουργίας τοῦ σιδή-
ρου τοῦ Παρθενῶνος βασιζόμεθα κυρίως εἰς τὰς ἀκολούθους πηγὰς:

1ον) Εἰς τὰ πορίσματα τῶν ἐκτελεσθεισῶν πειραματικῶν ἐρευνῶν ἐπὶ τμη-
μάτων γόμφων καὶ συνδέσμων τοῦ Παρθενῶνος.

2ον) Εἰς πληροφορίας παρεχομένας ἐκ τῶν κειμένων τοῦ Ἀριστοτέλους
(384 π. Χ.-;) καὶ τοῦ Θεοφράστου (372-287 π. Χ.), οἵτινες εἶναι οἱ πλησιέστε-
ρον πρὸς τὴν ἐποχὴν τῆς κτίσεως τοῦ Παρθενῶνος (447-438 π. Χ.) ζήσαντες
Ἕλληνες συγγραφεῖς καὶ πραγματευθέντες περὶ σιδήρου.

Ἡ μεταλλογραφικὴ ἡμῶν ἔρευνα γενομένη ἐπὶ δύο συνδέσμων καὶ τριῶν
γόμφων τοῦ Παρθενῶνος συμπύπτει ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὴν ἐξαγωγὴν πορισμάτων
μὲ τὴν ὑπὸ τοῦ καθηγητοῦ William Cambell¹ γενομένην τοιαύτην ἐπὶ δύο συν-

* *La metallurgie du fer du Parthénon et l'interprétation de l'usage d'un fourneau antique.*

¹ «Ancient Greek Iron» *Metal Progress*, Nov. 1931.

δέσμων καὶ ἐπιρρῶνύει τὴν ὑπόθεσιν τοῦ Blümmer¹ περὶ ἐκκαμινεύσεως τοῦ σιδήρου παρὰ τοῖς ἀρχαίοις Ἑλλησι.

Τὰ προκύπτοντα συμπεράσματα εἶναι ὅτι τὸ ὑλικὸν ἐκ τοῦ ὁποίου συνίστανται οἱ γόμφοι καὶ οἱ σύνδεσμοι παρουσιάζει ἐν γένει ἀνομοιογένειαν συστάσεως. Ὡς προκύπτει ἐκ τῆς μικρογραφικῆς ἐρεῦνης, τοῦτο κατὰ κανόνα συνίσταται μερικῶς μὲν ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ μερικῶς ἐκ χάλυβος (διαφόρου περιεκτικότητος εἰς C) καὶ σκωριῶν. Εἷς τινὰς περιπτώσεις γόμφων παρουσιάζεται τοπικῶς σχεδὸν μόνος μαλακὸς σίδηρος. Τοῦτο εἶναι ἐξαίρεσις καὶ φρονοῦμεν ὅτι ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἡ μεταλλικὴ μᾶζα ἐξ ἧς προῆλθον οἱ γόμφοι οὗτοι ἔτυχε νὰ ὑπανθρακωθῆ εἰς μέγιστον βαθμὸν κατὰ τὴν ἐκκαμίνευσιν.

2. Ἡ ἐκκαμίνευσις

Τὸ ὡς ἄνω ὑλικὸν εἶναι προϊόν τῆς ἐκκαμινεύσεως σιδηρομεταλλευμάτων, γενομένης διὰ ξυλανθράκων ὑπὸ ἀνεπαρκῆ προσφύσῃσιν ἀέρος ὀφειλομένην εἰς ἀτέλειαν τῶν συσκευῶν προσφυσήσεως. Ὡς ἐκ τούτου δὲν εἶναι δυνατὴ γενικὴ ὑπανθράκωσις τοῦ ὑλικοῦ ἀλλὰ μόνον τοπικὴ δημιουργοῦσα τὴν ἀνομοιογένειαν τοῦ ὑλικοῦ. Προσθήκη πυρομάχων λίθων καὶ μυλιῶν² συντελεῖ ἐξ ἄλλου εἰς τὴν καλυτέραν ἐξίωσιν. Δι' ἀποχωρισμοῦ τοῦ τετηκότος προϊόντος εἰς τὸν πυθμένα τῆς καμίνου παρελαμβάνετο σπογγώδης τις μᾶζα μετὰ πολλῶν σκωριῶν ἀποτελοῦσα τὸ προϊόν τῆς ἐκκαμινεύσεως τῶν σιδηρομεταλλευμάτων.

3. Τρόπος ἐπεξεργασίας τοῦ σιδήρου μετὰ τὴν ἐκκαμίνευσιν.

Ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον δὲν ἦτο γνωστὸν μέχρι σήμερον καὶ τὸ ὁποῖον προκύπτει ἐκ τῆς μελέτης κειμένου τοῦ Ἀριστοτέλους³ ἐν συνδυασμῶ μετὰ τὰ πορίσματα τῆς πειραματικῆς ἐρεῦνης εἶναι ὁ τρόπος τῆς ἀποκαθάσεως τοῦ προϊόντος τούτου διὰ μιᾶς περαιτέρω ἐπεξεργασίας καθιστώσεως τοῦτο κατάλληλον πρὸς κατασκευὴν διαφόρων ἀντικειμένων καὶ ἐπιδεκτικὸν στομώματος διὰ βαφῆς.

¹ Terminologie und Technologie, τόμος 4ος.

² ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ «Περὶ λίθων» «Ρεῖ γὰρ ἅμα τῷ ἀργύρῳ καὶ τῷ χαλκῷ καὶ σιδήρῳ καὶ ἡ λίθος ἢ ἐκ τούτων, εἰ ἂν διὰ τὴν ὑγρότητα τῶν ἐνυπαρχόντων εἴτε καὶ δι' αὐτούς. Ὡσαύτως δὲ καὶ οἱ πυρομάχοι καὶ οἱ μυλίαί ῥέουσιν οἷς ἐπιτιθέασιν οἱ καίοντες.

³ Μετεωρολογικὰ IV 383 A. 29. «Τῆκεται δὲ καὶ ὁ εἰργασμένος σίδηρος ὥστε ὑγρὸς γίγνεσθαι καὶ πάλιν πήγνυσθαι καὶ τὰ στομώματα ποιοῦσιν οὕτω ὑφίσταται γὰρ καὶ ἀποκαθαίρεται κάτω ἡ σκωρία, ὅταν δὲ πολλάκις πάθῃ καὶ καθαρὸς γένηται τοῦτο στόμωμα γίγνεται. οὐ ποιοῦσι δὲ πολλάκις αὐτὸ διὰ τὸ ἀπουσίαν γίγνεσθαι πολλὴν καὶ τὸν βαθμὸν ἐλάττω ἀποκαθαίρομενον. Ἔστι δὲ ἀμείνων σίδηρος ὁ ἐλάττω ἔχων ἀποκάθαρσιν».

Ὁ τρόπος οὗτος φρονοῦμεν ὅτι εἶναι ὁ ἀκόλουθος: Τὸ προϊὸν τῆς ἐκκαμινεύσεως θραύεται εἰς τεμάχια καταλλήλων πρὸς σφυρηλασίαν διαστάσεων καὶ ἀφοῦ θερμομανθῆ προηγουμένως διαπονεῖται σφυρηλατούμενον πρὸς ἐξαίρεσιν τῶν περιεχομένων ἀφθόνων σκωριῶν. Οὕτω δικαιολογεῖται ἡ λέξις *εἰργασμένος* ἐν τῷ κειμένῳ τοῦ Ἀριστοτέλους. Ἀκολουθῶς τὰ σφυρηλατηθέντα ταῦτα τεμάχια *κατακεράννυνται* τηκόμενα εἰς δοχεῖον, τὸ ὁποῖον καλεῖται *περίοδος* καὶ οὕτινος ἢ χρῆσις ἀναφέρεται ἀπὸ τὸν Πολυδεύκη¹ ἀλλὰ δὲν ἐδικαιολογεῖτο ὑπὸ τῶν νεωτέρων ἐρευνητῶν μὴ δυναμένων νὰ ὑπαγάγῃσι τοῦτο εἰς ἐπεξεργασίαν τινὰ τοῦ σιδήρου.

Τὸ μὴ δυνατὸν τῆς ἐπιτεύξεως ὑψηλῶν θερμοκρασιῶν εἶχεν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀτελῆ ρευστοποίησιν τοῦ περιεχομένου τῆς περιόδου ἥτοι τὴν παροχὴν μιᾶς ἡμιρεύστου ἀνομοιογενοῦς μάζης συνισταμένης μερικῶς ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ μερικῶς ἐκ χάλυβος (διαφόρου περιεκτικότητος εἰς C) καὶ σκωριῶν. Ὁ σίδηρος ὡς πλέον δύστηκτος *ὑφίσταται* καὶ ἐπὶ τούτου *ἐφίστανται* οἱ πλέον ἀνθρακοῦχοι χάλυβες ὡς εὐτηκτότεροι, λόγῳ τῆς εἰς C περιεκτικότητός των, καθὼς καὶ ἡ σκωρία.

Αὕτη ἀποχωρίζεται τετηκῦια καὶ οὕτω τὸ ὑλικὸν καθαρίζεται. Ἡ ἐπεξεργασία αὕτη ἐπαναλαμβάνεται μὲ ἀποτέλεσμα τὴν κάθαρσιν τοῦ ἐν τῇ περιόδῳ μετάλλου καὶ τὴν παραγωγὴν σιδηρουργικοῦ προϊόντος ἐπιδεκτικοῦ στομώματος διὰ βαφῆς.

Κατὰ τὴν ἐξαίρεσιν ὅμως τῆς σκωρίας *συμπαρᾶσῦρεται* καὶ τετηκῶς χάλυψ καὶ δὴ ὁ πλέον ἀνθρακοῦχος καθ' ὃ πλέον εὐτηκτος καὶ τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι ὅτι ἀφ' ἑνὸς μὲν γίνεται ἀπώλεια ὑλικοῦ, δι' ὃ καὶ ἀντενδείκνυται ἡ συχνὴ ἐπανάληψις τῆς κατεργασίας τούτου, ἀφ' ἑτέρου δὲ γίνεται ἀπόρριψις τοῦ ἀνθρακοῦχου σιδήρου, ὅπερ εἶναι μειονεκτικὸν διὰ τὴν ποιότητα τοῦ προϊόντος, διότι τοῦτο θὰ συνίσταται τότε ἀπὸ μόνον μαλακὸν σίδηρον ἥτοι ἀνεπίδεκτον στομώματος διὰ βαφῆς. Ἐνδιαφέρει δὲ ἀπολύτως τοὺς ἀρχαίους Ἕλληνας ὁ σίδηρος ὁ ἐπιδεκτικὸς στομώματος. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον ὁ καλύτερος σίδηρος ἦτο ἐκεῖνος τοῦ ὁποίου ἢ διὰ τήξεως ἀποκάθαρσις ἦτο περιορισμένη (βλ. προηγουμένην σημ. Γ).

Τὸ ἐν τῇ περιόδῳ ὑπόλειμμα πηγνύμενον ἀπετέλει σιδηρουργικὸν προϊὸν ἔτοιμον πρὸς κατασκευὴν διαφόρων ἀντικειμένων καὶ συνιστάμενον κατὰ κανόνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ χάλυβος ἐν τῇ μάζῃ διεσπαρμένου καὶ μεταβλητῆς εἰς

¹ VII. 99. «Τὸ δὲ ἀγγεῖον ἐν τῷ κατακεράννυσιν τὸν σίδηρον περίοδος καλεῖται ἐν τῷ περὶ μετάλλων εἶτε Ἀριστοτέλους ἐστὶ τὸ βιβλίον εἶτε Θεοφράστου».

άνθρακα περιεκτικότητας. Τὸ μέταλλον τοῦτο ἦτο ἐπιδεκτικὸν στομώματος διὰ βαφῆς λόγῳ ποῦ περιεχομένου χάλυβος.

III. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΧΡΗΣΕΩΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΚΑΜΙΝΟΥ

Σχετική με τὴν ἄνωτέρω περιγραφεῖσαν καταργασίαν τοῦ σιδήρου εἶναι ἡ παρατιθεμένη κατώτερω ἀγγειογραφία ἐπὶ ἀρχαίου Ἑλληνικοῦ ἀγγείου εὐρισκομένου εἰς τὸ Βρετανικὸν Μουσεῖον, παριστώσα καταργασίαν τοῦ σιδήρου ἀγνώστου ὅμως φύσεως μέχρι σήμερον.



Εἰς ταύτην ἀναπαρίσταιται κάμινος κυκλικῆς διατομῆς ἔχουσα τὴν αὐτὴν περίπου διάμετρον ἄνω καὶ κάτω καὶ ὕψος, ὅπερ δὲν δύναται ἐκ μόνης τῆς ἀγγειογραφίας νὰ καθορισθῇ. Εἰς τὸ ἄνω στόμιον φέρει ἐν δοχεῖον μετὰ καλύμματος. Ὅπισθεν δὲ τῆς καμίνου καὶ παρὰ τὴν βάσιν αὐτῆς ὑπάρχει ὁ φυσητήρ. Εἰς τοὺς τοίχους κρέμανται διάφορα ἐργαλεῖα. Δεξιὰ εἰς σιδηρουργὸς γυμνὸς καὶ ὄρθιος κρατεῖ σφύραν. Ἀριστερὰ κάθεται ἄλλος ἐργάτης φέρων τὴν ἀριστερὰν παλάμην πρὸ τῶν ὀφθαλμῶν διὰ νὰ προφυλαχθῇ ἀπὸ τῆς ἀνταγωγείας τοῦ πυρὸς καὶ διὰ τῆς δεξιᾶς κρατεῖ λαβίδα διὰ τῆς ὁποίας συγκρατεῖ τεμάχιον διαπύρου σιδήρου τὸ πρὸς σφυρηλασίαν προοριζόμενον.

Ἐκ τῶν διαφόρων ἐρευνητῶν ἄλλοι βλέπουν εἰς τὴν ἀγγειογραφίαν ταύτην μίαν ἀπλὴν χοάνην τήξεως¹, ἄλλοι² φρονοῦν ὅτι πρόκειται περὶ καμίνου εἰς τὴν ὁποίαν τὸ δοχεῖον μετὰ τοῦ καλύμματος ἀπετέλει συσκευὴν διὰ τὸ κλείσιμον τοῦ στομίου ταύτης.

¹ Gerhard καὶ de Launay, Dictionnaire Daremberg, Ferrum.

² Beck.

Ἡ γενικὴ ἀπορία τῶν ἐρμηνευτῶν τῆς ἀγγειογραφίας ἔγκειται εἰς τὸ πῶς δύναται νὰ νοηθῆ ἔργασία σφυρηλασίας παρὰ μίαν τηκτικὴν κάμινον μετάλλων, γνωστοῦ ὄντος ὅτι αἱ πρὸς θέρμανσιν τεμαχίων διὰ σφυρηλασίαν κάμινοι ἦσαν ἀνοικταὶ καὶ χαμηλαὶ¹ ἢτοι ἀνάλογοι μὲ τὰς σήμερον ἐν χρήσει ὑπὸ τῶν σιδηρουργῶν, ἄνευ ὑπερκειμένου δοχείου.

Ἡ ἀγγειογραφία αὕτη κατὰ τὴν ἡμετέραν ἐκδοχὴν παριστᾷ τὴν κατεργασίαν τοῦ σιδήρου ὡς αὕτη διευπλώθη εἰς τὴν παροῦσαν ἀνακοίνωσιν. Ἡ ἐν αὐτῇ παρισταμένη κάμινος χρησιμεύει διὰ τὴν κατεργασίαν ταύτην καὶ ἐκκληροῖ διπλοῦν προορισμόν. Ἐφ' ἐνὸς μὲν παρὰ τὴν βάσιν αὐτῆς θερμαίνονται τεμάχια σιδήρου, προϊόντα ἀρχικῆς ἐκκαμινεύσεως, ἵνα καταστῆ δυνατὴ ἡ ἐξαίρεσις τῶν πολλῶν σκωριῶν διὰ σφυρηλασίας, ἄφ' ἐτέρου δὲ ἐντὸς τοῦ ὑπερκειμένου δοχείου, ὅπερ καθ' ἡμᾶς εἶναι ἡ περίοδος, κατακεράννυνται συντηκόμενα τὰ εἰργασμένα ἐκ τῆς σφυρηλασίας τεμάχια τοῦ σιδήρου πρὸς περαιτέρω ἀποχωρισμόν τῶν ὑπολειφθεισῶν σκωριῶν. Ὁ πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἐργάτης κρατεῖ τεμάχιον ἀκατεργάστου σιδήρου καὶ θέτει τοῦτο ἐπὶ τῆς πυρᾶς, ἵνα θερμανθῆ καὶ σφυρηλατηθῆ. Ἀκολουθῶς τοῦτο ῥίπτεται ἐντὸς τῆς περιόδου θερμὸν ἔτι ὄν καὶ ἐκεῖ μετὰ τῶν ἄλλων τεμαχίων κατακεράννυνται συντηκόμενον. Οὕτως ἐξοικονομεῖται καύσιμος ὕλη. Ἐνδιέφερε δὲ τοὺς ἀρχαίους ἢ τοιαύτη οἰκονομία. Τὸ προϊόν τὸ παραλαμβανόμενον ἐκ τῆς καμίνου ταύτης μετὰ τὴν ἀποκάθαρσιν θὰ ἦτο καθ' ὅλα ὅμοιον πρὸς τὸ ἤδη περιγραφέν κατὰ τὴν διατύπωσιν τῆς γνωματεύσεως ἐπὶ τῆς μεταλλουργίας τοῦ σιδήρου τοῦ Παρθενῶνος.

R É S U M É

I. Metallurgie du fer du Parthénon.

Le fer du Parthénon se présente sous la forme de chevilles et de joints de profil 1. C'est le produit épuré du traitement des minerais de fer au fourneau par du charbon de bois avec addition de pierres réfractaires.

L'auteur, se basant principalement sur les recherches expérimentales faites sur le fer du Parthénon ainsi que sur des textes d'Aristotèle et de Théophraste, formule la conclusion de son étude sur la façon d'épuration du fer qui consiste en un martelage à chaud des morceaux de fer provenant du fourneau primitif afin d'en éliminer les scories abondantes qu'ils contiennent, et leur fusion dans un récipient, la «periodos», dont l'usage était inconnu des investigateurs modernes.

¹ Σελ. 365 καὶ 368 καὶ 368, 4ος τόμος.

Ces morceaux étaient fondus dans la «*péridos*» et les scories qui surnageaient étaient enlevées, ce qui augmentait le degré d'épuration du métal. Cette épuration ne pouvait être poussée à fond, en premier lieu à cause de la perte de matériel qui en résultait, en second lieu parce que, cette épuration supposée accomplie, le produit manquait totalement d'acier au carbon, celui-ci étant enlevé en même temps que les scories. Ce produit était désavantageux, le métal n'étant plus susceptible d'être trempé.

Le produit retiré se composait, en règle générale, partiellement de fer doux et partiellement d'acier de teneur en carbone variable; il contenait des scories et était, le plus souvent, susceptible d'être trempé.

2. Interprétation de l'usage d'un fourneau antique.

Un dessin figurant sur un vase antique grec conservé au British Museum et représentant une manière inconnue jusqu'aujourd'hui de travailler le fer, est en corrélation avec le traitement du fer préalablement cité.

L'auteur explique l'usage du fourneau représenté sur le vase comme se rapportant au traitement du fer mentionné plus haut, et comprenant, d'abord, le chauffage des produits du traitement des minerais de fer, afin d'en éliminer les scories par martelage et, ensuite, la fusion des morceaux ainsi martelés dans le récipient situé au dessus du fourneau appelé «*péridos*».

Les scories étaient enlevées du produit en fusion dans la «*péridos*» et le reste, en se solidifiant, constituait le produit métallurgique qui servait à la confection de différents objets.