

εφάμιλλον τῆς τῶν ἀρίστων πολυτεχνειῶν τῆς Εὐρώπης. Δὲν λείπουν εὐτυχῶς οἱ εἰδικοί παρ' ἡμῖν καὶ ἡ ψυχὴ τοῦ Ἔθνους μετὰ τοὺς ἐνδόξους πολέμους τοῦ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς πρακτικῆς ροπῆς τοῦ νεωτέρου πολιτισμοῦ, ζητεῖ τὴν ταχύτεραν ἀνάπτυξιν τῶν πλουτοπαραγωγικῶν δυναμέων τῆς χώρας. Δὲν ὑπάρχει κίνδυνος νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν ἄγονον μοιρολατρείαν τοῦ παρελθόντος. Βαρύνει ἄλλως τε ἐφ' ἡμῶν φορτίον παραδόσεων ὁποῖον οὐδὲν ἄλλο ἔθνος ἐπὶ γῆς ἔχει ὡς κληρονομίαν του! Ὅταν πρόχειρα ἔχομεν εἰς τὰ χεῖλη μας τὰ ὀνόματα τοῦ Πυθαγόρα, τοῦ Ἀρχιμήδους, τοῦ Μνησιλεύους, τοῦ Καλλικράτους, τοῦ Ἰκτινίου, ποῖαι εἶναι αἱ ὑποχρεώσεις μας, καθ' ἣν μάλιστα στιγμὴν ἡ μεταπολεμικὴ ζωὴ ὄχι μόνον τῆς Εὐρώπης ἀλλὰ τῆς ἀνθρωπότητος ὅλης θὰ ἐνταθῇ εἰς τὸ μέγιστον ὅπως ἀναποκριθῇ εἰς τὰς ἀμειλίχτους ἀνάγκας τοῦ περιβάλλοντος;

Α. Σ. ΣΚΙΝΤΖΟΠΟΥΛΟΣ
 Επιθεωρητὴς τῆς Βιομηχανίας

Ἡ ΗΛΕΚΤΡΟΘΕΡΜΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ

Ἡ πρώτη ἀπόπειρα τῆς ηλεκτροθερμικῆς ἀναγωγῆς τῶν μεταλλευμάτων τοῦ σιδήρου ὀφείλεται εἰς τὸν Γάλλον Pichon. Εἰς τὸ προνόμιον τοῦ 1853 ὤριξε «τὴν οικονομικὴν ἐφαρμογὴν τοῦ ηλεκτρικοῦ φωτός εἰς τὴν μεταλλουργίαν τοῦ σιδήρου πρὸς ἀναγωγὴν καὶ τῆξιν οἰουδήποτε σιδηρομεταλλεύματος». Ἡ κάμιнос του, μεγάλων διαστάσεων, εἶχε δύο ζεύγη ηλεκτροδίων ἀνθρακὸς ἐπάλληλα, τὸ δὲ μέταλλευμα ὡς κόνις ἐρρίπτετο μεταξὺ τῶν τόξων καὶ ἀναγόμενον συνέρρεεν εἰς χωνευτήριον. Ἡ πρώτη αὕτη κάμιнос ἐτροποποιήθη ἐν Ἀγγλίᾳ ὑπὸ τοῦ Johnson, ἀμφότεραι ὅμως δὲν ἐπέτυχον βιομηχανικῶς.

Τὸ 1862 ὁ Ἄγγλος Mouckton ὑπέδειξε τὴν ηλεκτρικὴν ἀνθράκισιν πρὸς παραγωγὴν τοῦ χάλυβος, τὰ μέσα ὅμως τὰ ὁποῖα τότε διετίθεντο πρὸς παραγωγὴν τῆς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας δὲν ἐπέτρεψαν νὰ ἐφαρμοσθῶσιν αἱ ἐπινοηθεῖσαι κάμινοι εἰς τὴν βιομηχανίαν. Μετὰ μίαν δεκαετασίαν ἐμφανίζονται αἱ κάμινοι τοῦ Lane, Fox, Edwards, Lontin καὶ Bertin καὶ τὸ 1879 ἡ κάμιнос Siemens ἡ ὁποία ἔξετέθη εἰς τὴν Διεθνή Ἡλεκτρικὴν Ἐκθεσιν τοῦ 1881. Ἡ κάμιнос αὕτη εἶχε δύο ηλεκτρόδια κάθετα, τὸ ἀνώτερον κινητὸν καὶ ἐξ ἀνθρακὸς, τὸ κατώτερον πάγιον καὶ ἐκ μετάλλου, ψυχόμενον διὰ κυκλοφορίας ὕδατος.

Αἱ κάμινοι τοῦ Munges, Cross, Reuleaux, αἱ ὁποῖαι ἐπενοήθησαν ἀπὸ τοῦ 1883 μέχρι τοῦ 1887, ὁμοιάζουσαι κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἦττον πρὸς τὰς σημερινὰς ὑψηλὰς κάμινους, δὲν ἔτυχον ἐφαρμογῆς. Συγχρόνως σχεδὸν ἐπενοήθη εἰς τὴν Ἰταλίαν ἡ πρώτη δι' ἐπαγωγῆς κάμιнос τοῦ Ferranti πρὸς τῆξιν τοῦ σιδήρου καὶ τοῦ χάλυβος ἔπειτα αἱ τοξο-

εἶδεις καὶ δι' ἀντιστάσεως κάμινοι τοῦ De Laval, τοῦ Urbanitzky, τοῦ Taussig διὰ τὴν κάθαρσιν τοῦ χάλυβος ἀπὸ τοῦ 1892 μέχρι τοῦ 1894. Μόλις ἐν τούτοις ἀπὸ τοῦ 1898 διαγράφεται ἡ πρώτη βιομηχανικὴ περίοδος τῆς ηλεκτρομεταλλουργίας τοῦ σιδήρου, χάρις εἰς τὰ πειράματα καὶ τὰς συσκευὰς τοῦ Stassano, Gin καὶ Lelet, Keller, Héroult πρὸς παραγωγὴν τοῦ χυτοσιδήρου καὶ τοῦ χάλυβος εἰς μεγάλα ποσά. Ἡ κάμιнос Kjellin, ἐγκατασταθεῖσα τὸ 1899 εἰς Gysinge τῆς Σουηδίας ὑπὸ τοῦ μεταλλουργοῦ Benedicks, ἐσημείωσε τὴν πρώτην βιομηχανικὴν ἐπιτυχίαν. Ἦτο κάμιнос δι' ἐπαγωγῆς, ἐξέλιξις τῆς κάμινου τοῦ Ferranti, παρήγε δὲ χάλυβα καλῆς ποιότητος.

Τὸ 1900 ὁ Γάλλος μηχανικὸς Héroult, εἰδικὸς εἰς τὰ ηλεκτρομεταλλουργικά, ἰδίως ὡς πρὸς τὸ ἀργύλλιον καὶ τὰ αἰθηροκράματα, ἐπενόησε κάμινον μὲ δύο κάθετα ηλεκτρόδια, ἥτοι χωρὶς ἀγώγιμον πυθμένα, πρὸς ἀναγωγὴν τῶν σιδηρομεταλλευμάτων καὶ παραγωγῶν χάλυβος. Ἡ Bessemer, électrique Héroult λειτουργεῖ μέχρι σήμερον ὑπὸ ἀρίστας συνθήκας εἰς πλείστα χαλυβουργεῖα, ἐπομένως ὁ Héroult δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ὁ πραγματικὸς δημιουργὸς τῆς ηλεκτροσιδηρουργίας. Μόνον μετὰ τὰ πειράματα τοῦ Héroult, ἐκτελεσθέντα εἰς τὰ μεταλλουργεῖα τῆς ηλεκτρομεταλλουργικῆς ἐταιρίας τῆς La Praz εἰς τὴν Σαβοΐαν, ἐπεχειρήσαν τὰ μεγάλα χαλυβουργεῖα τὴν ἐφαρμογὴν τῆς νέας ταύτης μεθόδου καμινείας. Σήμερον ὁ ηλεκτρικὸς χάλυψ παραγέται εἰς σημαντικὰ ποσά, χάρις εἰς τὸ ποῖον αὐτοῦ καὶ τὰ οικονομικὰ πλεονεκτήματα τῆς ηλεκτροθερμικῆς καμινείας.

Αἱ δι' ηλεκτροδίων κάμινοι τοῦ Girod, Keller, Chaplet ὡς καὶ αἱ δι' ἐπαγωγῆς κάμινοι τοῦ Röchling, Charpy, Saladin - Schneider, αἱ ὁποῖαι ἀνήκουσιν εἰς τὴν σύγχρονον περίοδον τῆς ηλεκτροσιδηρουργίας τὴν μετὰ τὸ 1900, λειτουργοῦσιν εἰς πλείστα μεταλλουργεῖα μὲ ἐξαιρέτα ἀποτελέσματα. Ἡ ηλεκτρικὴ παραγωγὴ τοῦ χάλυβος δύναται λοιπὸν νὰ θεωρηθῇ καὶ βιομηχανικῶς λελυμένον ζήτημα. Ὡς πρὸς τὸν χυτοσίδηρον, πρέπει νὰ ληφθῇ ὑπ' ὄψει ἡ γειτονία τῶν μεταλλείων πρὸς τὰ μεταλλουργεῖα καὶ ἡ ἐπάρκεια ὑδραυλικῶν πτώσεων πρὸ παραγωγῆν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ρεῦμα ἔχει πολλοὺς προορισμοὺς εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν. Χρησιμεῖ ὄχι μόνον εἰς τὴν ἀναγωγὴν καὶ τῆξιν τοῦ χυτοσιδήρου καθὼς καὶ τῆς σκωρίας ἀλλὰ καὶ εἰς τὴν δίωξιν τῆς ὑγρασίας καὶ τοῦ ἀνθρακικοῦ ὀξέος καὶ ἀκόμη εἰς τὴν ἀναπλήρωσιν τῆς δι' ἀκτινοβολίας καὶ ψύξεως ἐπιβεβλημένης τῶν ηλεκτροδίων χανομένης θερμότητος.

Ὅπως ὁποῖοτε δυνάμεθα νὰ συμπεράνωμεν ὅτι σήμερον ὑπάρχουσιν ηλεκτρικαὶ κάμινοι, ἀνάλογοι πρὸς τὰς συνήθεις ὑψηλὰς κάμινους, δυνάμεναι δὲ νὰ παραγάγωσι βιομηχανικῶς χυτοσίδηρον. Τοῦτο ἀπεδείχθη διὰ τῆς οικονομολογικῆς καὶ τεχνικῆς μελέτης τὴν ὁποῖαν τὸ 1900 εἰδικὴ ἐπιτροπὴ ἐκ Καναδᾶ ἐπεχειρήσεν εἰς τὰ μεταλλουργεῖα τῆς Γαλλίας, εἰς Livet μὲ κάμινον Héroult. Κατόπιν τῆς μελέτης

ταύτης τὰ γενόμενα εἰς τὸν Καναδᾶν πειράματα ἀπὸ τοῦ 1906 μέχρι τοῦ 1908 ἀπέδειξαν ὅτι ὑπὸ ὠρισμένης συνθήκας ἡ παραγωγή ἠλεκτρικοῦ χυτοσιδήρου εἶναι ἐξησφαλισμένη.

Τὰ Καναδικὰ πειράματα ἐξηκολούθησαν εἰς τὴν Σουηδῖαν ἀπὸ τοῦ 1907 μέχρι τοῦ 1912. Αἱ Σουηδικαὶ κάμινοι τῶν μηχανικῶν Lindblad, Stalhave καὶ Grönwall εἶναι διαφόρου τύπου τόσον ὡς πρὸς τὰς διαστάσεις ὅσον καὶ ὡς πρὸς τὸ σχῆμα καὶ τὴν διάταξιν τῶν ἠλεκτροδίων τῶν. Ὁ τελευταῖος τύπος τὸν ὁποῖον ἀπεδέχθη ἡ Jernkontoret, μεγάλη ἐταιρία Σουηδῶν μεταλλουργῶν, ἔδωκε τοιαῦτα ἀποτελέσματα ὥστε πολλαὶ ἠλεκτρικαὶ ὑψηλαὶ κάμινοι ἰδρῦθησαν ἔκτοτε εἰς πλεῖστα βιομηχανικὰ κέντρα τῆς Σουηδίας, τῆς Νορβηγίας, τῆς Ἑλβετίας καὶ τῶν Ἡνωμένων Πολιτειῶν ὅπου λειτουργοῦσι μὲ ἱκανοποιητικώτατα ἀποτελέσματα.

Ὡς πρὸς τὸν ἠλεκτρολυτικὸν σίδηρον, γνωστὸν ἀπὸ τοῦ 1860, δὲν κατέστη βιομηχανικῶς προσιτὸς εἰμὴ μετὰ τὸ 1915, χάρις εἰς τὰ πειράματα τῆς ἐταιρίας Le Fer. Δι' ὑψηλῆς τάσεως τοῦ ρεύματος κατορθώθη πράγματι ἡ οικονομικὴ παραγωγή καθαροῦ ἑλατοῦ σιδήρου. Οὕτως ἡ ἐφαρμογὴ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς τὴν μεταλλουργίαν τοῦ σιδήρου εἶτε διὰ χυτοσίδηρον, εἶτε διὰ χάλυβα ἢ ἑλατὸν σίδηρον ἐξῆλθε πλέον τῶν ὀρίων τοῦ ἐργαστηρίου, γηνομένη κτήμα τῆς μεγάλης βιομηχανίας. Φυσικὰ ἡ ἠλεκτρομεταλλουργικὴ βιομηχανία εἶναι ἀκόμη ὑπὸ ἐξέλιξιν ἡ ὁποία νέας καὶ σημαντικὰς προόδους μᾶς ἐπιφυλάσσει. Ἡ προσοχὴ τῶν μεταλλουργῶν στρέφεται ἤδη ὄχι μόνον εἰς τὴν τεχνικὴν τελειοποίησιν τῶν καμίνων ἀλλὰ καὶ εἰς τὸ σπουδαιότατον ζήτημα τῆς θερμικῆς ἀποδόσεως τοῦ ρεύματος καὶ τῆς μεταλλικῆς ἀποδόσεως τοῦ μεταλλεύματος.

1. Κάμινοι Héroult

Τὰ πειράματα τοῦ Héroult πρὸς ἠλεκτροθερμικὴν παραγωγὴν τοῦ χυτοσιδήρου ἀνέρονται εἰς τὸ 1900, αἱ πρῶται δὲ κάμινοι εἶχον κινητὰ ἀμφοτέρω τὰ ἠλεκτρόδια. Βραδύτερον ἐπενόησαν καμίνους μὲ ἀγώγιμον πυθμένα, ἔπειτα δὲ καμίνους τριφασικάς. Τὰ ἀποτελέσματα αὐτῶν, καίτοι ὄχι ἀπολύτως ἱκανοποιητικά, ἐκρίθησαν ὅμως ἐπαρκῆ πρὸς βιομηχανικὴν ἐκμετάλλευσιν. Ἡ μέθοδος ἣτις ἔδωκε τὰ καλύτερα ἀποτελέσματα συνίσταται εἰς τὴν προθέρμανσιν τοῦ μεταλλεύματος διὰ τῶν καμινερίων, τὴν μερικὴν ἀναγωγὴν του διὰ τοῦ ὀξειδίου τοῦ ἀνθρακος, τὴν τῆξιν τέλος καὶ τὴν ὀλικὴν ἀναγωγὴν διὰ προσθέτου ἀνθρακος ἠλεκτροθερμικῶς. Ἡ καμινεῖα ἦτο συνεχῆς, κενουμένης ἐκάστοτε τῆς σκωρίας καὶ τοῦ μετάλλου ὅπως εἰς τὰς κοινὰς ὑψηλὰς καμίνους.

Τὰ πειράματα τοῦ Sault-Sainte Marie εἰς τὸν Καναδᾶν ἀπέβλεπον εἰς τὰ ἐξῆς τρία σημεῖα. Πρῶτον ν' ἀντικατασταθῇ τὸ κοκ διὰ ξυλάνθρακος παραγομένου ἐξ ὑπολειμμάτων προιονιστηρίων. Δεύτερον νὰ παραχθῇ χυτοσίδηρος ἔχων ἐλάχιστον ποσὸν θείου ἐκ θειούχων σιδηρομεταλλευμάτων. Τρίτον νὰ

χρησιμοποιηθῇ ἀντὶ τοῦ συνήθους σιδηρομεταλλεύματος ὁ μαγνητίτης Fe_3O_4 ὅστις ἄγει εὐκολώτερον τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἡ πρώτη πρὸς τοὺς σκοποὺς τούτους ἐπινοηθεῖσα κάμινος ἦτο μεταλλικὸν κιβώτιον ἐπενδεδυμένον διὰ πυριμάκων πλίνθων ἔχον δὲ τὸ σχῆμα διπλοῦ κώνου. Τὸ ρεῦμα εἰσῆρχετο διὰ κινητοῦ ἠλεκτροδίου καὶ ἐξῆρχετο διὰ τοῦ πυθμένος τῆς καμίνου συνισταμένου ἐκ γραφιτάνθρακος. Ἡ κατανάλωσις ξυλάνθρακος ἀνήρχετο εἰς 450-515 γ/γ κατὰ Τ. χυτοσιδήρου, ἡ δὲ κατανάλωσις τῶν ἠλεκτροδίων εἰς 9 γ/γ. Τὸ χιλιόβατον — ἔτος παρήγε 4,5—5,7 Τ. χυτοσιδήρου.

Αἱ κάμινοι αὗτοι ἐτελειοποιήθησαν βαθμηδὸν πρὸς τὸν τύπον βιομηχανικώτερον. Αἱ νέαι διαστάσεις τῶν εἶναι ὡς ἐξῆς

Διάμετρος πυθμένος χωνευτηρίου	0,60
Ἐσωτερικὴ διάμετρος τοῦ ἀνωτέρου μέρους	0,72
» » τῆς βάσεως	0,80
Ὑψος τοῦ χωνευτηρίου	1,80
Ὀλικὸν μήκος τοῦ κινητοῦ ἠλεκτροδίου	1,80

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἀνήρχετο εἰς 225 χιλιόβαττα καὶ ἡ τάσις εἰς 50 βόλτια, τὰ πειράματα δὲ ἀπέδειξαν ὅτι μὲ τοιαύτην κάμινον ὁ χυτοσίδηρος παράγεται ὑπὸ εὐνοϊκᾶς οἰκονομολογικᾶς συνθήκας. Ἐφηρομένη ἄλλως τε ὄχι μόνον πρὸς παραγωγὴν τοῦ συνήθους χυτοσιδήρου ἀλλὰ καὶ τοῦ μετὰ νικελίου κράματος αὐτοῦ κατόπιν τῶν δοκιμῶν τῆς Ἐταιρίας Lake Superior Power Co αἱ ὁποῖαι ἔδωκαν ἱκανοποιητικώτατα ἀποτελέσματα.

Τὸ μίγμα μεταλλεύματος, κασιμίον ὕλης καὶ σιλικασμάτων παρεσκευάζετο ἐκ τῶν προτέρων κατὰ τὰς ἐξῆς ἀναλογίας διὰ διάφορα μεταλλεύματα.

Υλικὰ	Αἰματίτης	Μαγνητίτης
Μετάλλευμα	91,7	181,4
Ἀνθρακοπλίνθοι	27,2	—
Ξυλάνθραξ	—	56,7
Ἀσβεστόλιθος	22,7	15,2
Χαλαζίτης	—	2,3

Ὁ παραγόμενος χυτοσίδηρος εἶχε τὴν ἐξῆς σύστασιν.

Συστατικά	Ἐξ αἰματίου	Ἐκ μαγνητίου
Ὀλικὸς ἀνθραξ	4,640	4,400
Γραφίτης	3,800	3,870
Πυρίτιον	0,900	1,220
Μαγγάνιον	0,120	0,070
Θεῖον	0,022	0,006
Φωσφόρος	0,024	0,047

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν κατὰ προσέγγισιν ποία εἶναι ἡ τιμὴ παραγωγῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ χυτοσιδήρου κατὰ Τ. μὲ τὴν ὑπόθεσιν συνεχοῦς καμινεῖας καὶ ἡμερησίας παραγωγῆς 120 Τ. ὡς ἐξῆς.

Μετάλλευμα 55 % γ/γ 2000	Δρ. 13,00
Ξυλάνθραξ » 540	» 16,20
Πυρίμαχα ὕλικα	» 1,00
ἠλεκτρόδια	» 2,00
Ἡμερομισθία	» 5,50
ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια	» 10,70
Διάφοροι δαπάναι	» 5,00

Σύνολον κατὰ Τ. Δρ. 58,40

Διὰ τὴν ἐγκατάστασιν ἀπαιτεῖται κεφάλαιον Δρ. 3,800,000 ἐκ τῶν ὁποίων Δρ. 2,700,000 διὰ τὴν ἐγκατάστασιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας δυνάμεως 10,000 ἵππων.

2. Κάμινος Noble-Hérault

Τὰ ἀποτελέσματα τῶν δοκιμῶν αἱ ὁποῖαι ἔγιναν εἰς Sault Sainte Marie τῆς Καλιφορνίας ὠδήγησαν εἰς εὐρυτάτην μελέτην τοῦ ζητήματος διὰ καμίνων διαφόρων τύπων πρὸς τὴν καλλιτέραν ἐκμετάλλειον τοῦ ὀξειδίου τοῦ ἀνθρακος. Ἡ κάμινος Noble-Hérault ὁμοιάζει ἀρκετὰ πρὸς τὰς ὑψηλὰς ἠλεκτρικὰς καμίνους τῆς Σουηδίας περὶ τῶν ὁποίων θὰ εἴπωμεν κατωτέρω. Ἡ κάμινος αὕτη εἶναι τριφασικὴ μὲ ἕξ ἠλεκτρόδια ἔχει δὲ τὰ ἑξῆς στοιχεῖα.

Μεγίστη δύναμις ἵπποι	2,040
» » χιλιόβαττα	1,500
Ὀλικὸν ὕψος	3,30
Ἐξωτερικὴ διάμετρος τοῦ χωνευτηρίου . .	3,96
» » πυθμένος	2,80

Ἐπιφάνεια ἐξωτερικῆς ψύξεως	τ. μ. 105,5
Διάμετρος τῶν ἠλεκτροδίων	21,6

Τὰ ἠλεκτρόδια εἶναι ἐκ γραφίτου, ἔχουσι σχῆμα κυκλικὸν καὶ εἰσδύουσι βαθέως εἰς τὸν σχηματιζόμενον διὰ τῆς καθόδου τῶν πρώτων ὑλῶν κῶνον κατὰ κάθετον διεύθυνσιν. Οὕτως ἐπιτυγχάνεται τελειοτάτη ἐπαφὴ μεταξὺ τοῦ φορτίου καὶ τῶν ἠλεκτροδίων, ἐλαττοῦται δὲ ἡ φθορὰ τῶν καθ' ὅσον δὲν καίονται εἰς ἐλεύθερον γῶρον. Ἡ κάμινος λειτουργεῖ λοιπὸν δι' ἀντιστάσεως, ἐπομένως ἀπαιτεῖται μεγαλύτερα τάσις τοῦ ρεύματος.

Τὸ μετάλλευμα ἀνάμικτον μετὰ τῶν συλλιπασμάτων εἰσάγεται εἰς ὑπερκείμενον τῆς καμίνου κιβώτιον ὅπου ξηραίνεται καὶ προθερμαίνεται διὰ τῶν καμινερίων ἐκβαλλόντων εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κιβωτίου δι' εἰδικοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐκ τοῦ πώματος τοῦ κιβωτίου εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν. Ἡ καύσις τῶν καμινερίων γίνεται διὰ προσφυσωμένου ἀέρος ἀφοῦ ταῦτα διανύσωσιν ὠρισμένην πορείαν ὥστε νὰ θερμαίνωσι τὸ κατερχόμενον φορτίον. Τὸ στόμιον τῆς καμίνου κλείεται διὰ διπλοῦ πώματος.

Ἡ σύστασις τοῦ ἐκ τῆς καμίνου ταύτης παραγομένου χυτοσιδήρου φαίνεται ἐκ τοῦ ἐπομένου πίνακος.

Συστατικά	1	2	3
Ὀλικὸς ἀνθραξ	2,910	3,580	3,260
Γραφίτης	1,680	3,580	2,060
Μαγγάνιον	0,036	0,020	0,110
Πυρίτιον	1,020	3,640	0,940
Φωσφόρος	0,025	0,020	0,042
Θεῖον	0,046	0,010	0,027

3. Σουηδικὴ κάμινος

Ἡ ὑψηλὴ ἠλεκτρικὴ κάμινος τοῦ Trollhättan ἐπενοήθη διὰ τῶν πειραμάτων τοῦ 1910-1912 τὰ ὁποῖα ἔγιναν πρὸς παραγωγὴν εὐθνηοῦ χυτοσιδήρου εἰς μεγάλα ποσά. Ἐν τῶν κυριωτέρων πλεονεκτημάτων τῆς καμίνου ταύτης εἶναι ὅτι ἔχει κορμὸν

μεγάλων διαστάσεων, σχήματος ὅπως περίπου εἰς τὰς κοινὰς ὑψηλὰς καμίνους, χωρὶς τὰ εἰς τὸν πυθμένα εὐρισκόμενα ἠλεκτρόδια νὰ ὑφίστανται ἐκ τοῦ μεγάλου φορτίου ἐπικινδυνον πίεσιν, ἐνῶ ἕξ ἄλλου ἐπιτυγχάνεται ἡ ὑψίστη θερμοκρασία εἰς ἀπόστασιν τινὰ ἀπὸ τῶν παρεῖων τῆς καμίνου. Τὸ σχῆμα τῆς καμίνου ταύτης εἶναι ὡς εἶδομεν, σύνθετον ἐκ δύο κολούρων κῶνων ἠνωμένων κατὰ τὴν μεγάλην βάσιν των, εἶναι δὲ προτιμότερον τοῦ κυλινδρικοῦ διότι αὐξάνει τὴν χωρητικότητά τῆς καμίνου χωρὶς ν' αὐξήσῃ ἡ χωρητικότης τοῦ χωνευτηρίου. Τοῦτο εἰς τὰς κοινὰς ὑψηλὰς καμίνους ἔχει μικρὰν μᾶλλον διάμετρον διὰ νὰ φθάσῃ ὁ προσφυσώμενος ἀἰρ μέχρι τοῦ κέντρου, εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς ἑκασίας καμίνους ἡ διὰμέτρος του εἶναι μεγάλη πρὸς χειρισμὸν τῶν ἠλεκτροδίων.

Ὁ κύριος κορμὸς τῆς καμίνου περιβάλλεται δι' ἐλάσματος πάχους 0,011 τὸ ὁποῖον εἰς τὸ ἄνωτερον μέρος ἔχει ζωστήρα ὀκτάγωνον διὰ τοῦ ὁποῖου συνδέεται πρὸς δύο συνθέτους δοκοὺς ὕψους 1,30 καὶ μήκους 10,50 αἰτίνες εἶναι πεπακτωμέναι εἰς τοὺς τοίχους τοῦ μεταλλουργείου. Ἡ κάμινος φορτῶνεται διὰ βαγονίων κινουμένων ἐπὶ ὑπερκείμενης γραμμῆς, ἄλλο δὲ πάτωμα ὑπὸ τὰς σιδηρὰς δοκοὺς χρησιμεύει διὰ τὸν χειρισμὸν τῶν ἠλεκτροδίων. Τὰ καμινερία ἀναρροφῶνται ἐκ τοῦ ἐρμητικῶς κλειστοῦ στομίου τῆς καμίνου δι' ἠλεκτρικοῦ ἀνεμιστήρος. Ὡς πρὸς τὸ πάχος τοῦ πυριμάχου ἐπενδύματος τῆς καμίνου, τοῦτο ἐλαττοῦται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω ἀπὸ 0,45 εἰς 0,36. Τὸ χωνευτήριον στηρίζεται ἐπὶ στερεοῦ βάθρου ἐκ σκυροκονιάματος καλύπτεται δὲ διὰ σιδηροῦ θώρακος πάχους 0,015 ὅστις εἰς τὸ ἄνωτερον μέρος ὅπου ἐνεργεῖ ἡ πίεσις τοῦ θόλου τῆς καμίνου ἔχει πρόσθετον ἔλασμα ἐκ χάλυβος πάχους 0,20. Τὰ πῶμα τῆς καμίνου συστήματος Tholander μετακινεῖται δι' ἠλεκτροκινητήρος δυνάμεως 3 ἵππων.

Ἐκ τῆς καμίνου ταύτης τὰ ἀέρια ἐξέρχονται μὲ μέσση θερμοκρασίαν 200° ὅπως σχεδὸν εἰς τὰς κοινὰς ὑψηλὰς καμίνους. Πρέπει ὅμως νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψει ὅτι ἡ ὀλικὴ θερμότης τῶν καμινερίων τῶν κοινῶν ὑψηλῶν καμίνων εἰς θερμοκρασίαν 1,100° π. χ. ὑπερβαίνει τὴν θερμότητα ἡ ὁποία δύναται νὰ ἀπορροφηθῇ ὑπὸ τοῦ φορτίου ἐνῶ εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς ὑψηλὰς καμίνους αὕτη εἶναι πολὺ μικρότερα. Ἐπομένως ρυθμίζοντες τὸ προσφυσώμενον εἰς τὴν ἠλεκτρικὴν κάμινον ποσοδὸν ἀέρος δυνάμεθα ν' αὐξήσωμεν ἢ νὰ ἐλαττώσωμεν τὸ ποσοδὸν τῆς θερμότητος τῶν καμινερίων ὥστε ν' ἀπορροφᾶται κατὰ τὸν οἰκονομικώτερον τρόπον ὑπὸ τοῦ φορτίου.

Ἡ χρησιμοποίησις τῶν καμινερίων εἰς τὴν ἠλεκτρικὴν ταύτην κάμινον γίνεται ὡς ἑξῆς: Δύο σωλῆνες ἐκ τοῦ κλειστοῦ στομίου τῆς καμίνου εὐρισκόμενοι κατὰ μίαν διάμετρον αὐτοῦ ὀδηγοῦσι τὰ ἀέρια εἰς θάλαμον ὅπου ἀποχωρίζεται ἡ περισσοτέρα κόνις των. Ἐκ τοῦ θαλάμου τούτου ἀναρροφῶνται διὰ κεντρώφυγος ἀεραντλίας εἰς δύο ὁμοίους καθαριστικοὺς θαλάμους, ἐκεῖθεν δὲ μεταβαίνουν εἰς τὸν κυκλικὸν ὄχετὸν ὅστις περιβάλλει τὸν θόλον τῆς καμίνου, ἐξέρχονται δ' ἐξ αὐτοῦ διὰ τεσσάρων

ὁπῶν ὑπὸ γωνίαν 90° ἐκβάλλοντα μεταξὺ τοῦ θόλου καὶ τοῦ κατερχομένου φορτίου τῆς καμίνου ὅπου καίονται διὰ τοῦ προσφυσσμένου ἀέρος. Πρὸς τελειότερον καθαρισμὸν τῶν καμιναιερίων ἐπεινήθησαν θάλαμοι ὅπου εἰσβάλλουσι ψεκάδες ὕδατος ὡς καὶ ἀνεμιστήρες-ψεκαστήρες διὰ τῶν ὁποίων ἀφαιρεῖται τελείως ἡ κόνις.

Ὡς πρὸς τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὸ ρεῦμα εἰς Trollhättan εἶναι τριφασικὸν 10,000 βολτίων καὶ 25, περιόδων παράγεται δὲ εἰς γειτονικὸν ὑδροηλεκτρικὸν σταθμὸν ἀνήκοντα εἰς τὸ Κράτος. Πρὶν εἰσέλθῃ εἰς τὴν κάμινον μετασχηματίζεται εἰς διφασικὸν τάσεως 40-90 βολτίων. Οἱ δύο μετασχηματισταὶ συνδέονται πρὸς τέσσαρα συστήματα ἀνὰ ἕξ ἔλασματα χαλκοῦ διαστάσεων $0,220 \times 0,008$ ἕκαστον δ' ἔλασμα συνδέεται δι' ὀκτῶ καλωδίων τομῆς 0,185 πρὸς τὰ ἠλεκτρόδια διὰ σφιγκτήρων ἐκ χυτοῦ χάλυβος.

Αἱ ἀναλύσεις τοῦ παραγομένου διὰ τῆς καμίνου ταύτης χυτοσιδήρου ἀποδεικνύουσι τὴν ἐλαχίστην περιεκτικότητά αὐτοῦ εἰς θεῖον καὶ φωσφόρον. Τὸ ποσὸν τοῦ θείου κυμαίνεται περὶ τὰ 0,050% τοῦ δὲ φωσφόρου περὶ τὰ 0,020. Παρ' ὅλην τὴν μικράν του περιεκτικότητα εἰς πυρίτην καὶ μαγγάνιον, ὁ Σουηδικὸς οὗτος χυτοσίδηρος ὑφίσταται καλῶς τὴν μετακατεργασίαν του εἰς τὰς καμίνους τοῦ Μαρτίνου. Δυνάμεθα ἄλλως τε νὰ τροποποιήσωμεν τὸ ποῖόν τοῦ χυτοσιδήρου διὰ μεταβολῆς τῆς ἀναλογίας τοῦ ξυλάνθρακος. παρατηρήθη μάλιστα ὅτι ἡ διόρθωσις τοῦ χυτοσιδήρου δύναται νὰ γείνη ἐντὸς αὐτοῦ τοῦ χωνευτηρίου, εἰσαγομένου διὰ τοῦ θόλου αὐτοῦ τοῦ ξυλάνθρακος.

Ὡς πρὸς τὰ καμιναιερία, ἡ μελέτη τῆς συστάσεως καὶ τῆς θερμαντικῆς δυνάμεως αὐτῶν ἀπέδειξεν ὅτι εἶναι ἀνωτέρα τῆς τῶν καμιναιερίων τῶν κοινῶν ὑψηλῶν καμίνων. Ἡ θερμαντικὴ τῶν δύναμις εἶναι πράγματι 2,200 θερμίδων κατὰ κ. μ. ἀντὶ 900. Λαμβανομένου ὅμως ὑπ' ὄψει ὅτι εἰς τὰς κοινὰς ὑψηλὰς καμίνους παράγομεν 1,000-1,200 κ. μ. καμιναιερίων ἀνὰ Τ. χυτοσιδήρου εἰς δὲ τὰς ἠλεκτρικὰς μόνον 475 κ. μ. φθάνομεν εἰς τὴν αὐτὴν θερμικὴν περιουσίαν ἀπόδοσιν ἐκ καμιναιερίων καὶ εἰς τὰ δύο εἴδη τῶν καμίνων.

Ἐὰν ἤδη ἐξετάσωμεν τὴν ἀπόδοσιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, ὁ ὑπολογισμὸς τῆς ἀπαιτουμένης διὰ τὴν παραγωγὴν 1 Τ. χυτοσιδήρου θερμότητος καταστρώνεται ὡς ἑξῆς:

Θερμότης ἀναγωγῆς μεταλλεύματος	1,732,155
» τήξεως μετάλλου καὶ σκωρίας	549,900
» ἀποσυνθέσεως τῶν ἀνθρακ. ἀλάτ.	27,391
» ἑξαμίσεως ὑγρασίας	38,189
» τῶν ξηρῶν ἀερίων	10,361
Σύνολον θερμίδος	2,347,996

Ἐκ τοῦ ποσοῦ τούτου ὅμως πρέπει ν' ἀφαιρέσωμεν 882,683 θερμίδας παραγομένας διὰ τῆς καύσεως 28 χ/γ ἠλεκτροδίων καὶ 234 χ/γ ξυλάνθρακος, ἐπομένως ἡ διαφορά 1,465,133 θερμίδες παρέχονται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, παριστάμεναι οὕτω μὲ

1686 ὥριαία χιλιοβάττα. Ἐπειδὴ ἡ ἐνδεικνυομένη κατανάλωσις ρεύματος εἶναι 2,481 χιλιοβάττων συμπεραίνομεν ὅτι ἡ διαφορά 795 χιλιοβάττων ὀφείλεται εἰς ἀπώλειαν ρεύματος ἤτοι εἰς 32% τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ μετρητοῦ, Ἡ ἀπώλεια αὕτη προέρχεται ἐκ τῶν μετασχηματιστῶν, ἐκ τοῦ δικτύου χαμηλῆς τάσεως, ἐκ τῆς ἀκτινοβολίας τῆς καμίνου καὶ ἐξ ἄλλων τινῶν παραγόντων. Σημειωτέον ὅμως ὅτι κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη ἡ Σουηδικὴ κάμινος ἐτελειοποιήθη τόσο πολὺ ὥστε ἡ ἀπώλεια τοῦ ρεύματος νὰ περιορισθῇ εἰς 19%.

4. Κάμινος Keller

Εἰς τὰς ἐρεῦνας τοῦ Keller ὀφείλομεν τὴν παραγωγὴν τοῦ λεγομένου συνθετικοῦ χυτοσιδήρου, ἣτις ἐφαρμόζεται σήμερον εἰς πολλὰ σπουδαῖα μεταλλουργεῖα. Τὰ κυριώτερα τοιαῦτα μεταλλουργεῖα εἶναι εἰς τὸ Livet τῆς Γαλλίας ὅπου ὑπάρχει σπουδαία ὑδραυλικὴ πτώσις. Ἡ μέθοδος τοῦ Keller συνίσταται εἰς τὴν προσθήκην ἀνθρακος καὶ πυριτίου καθ' ὀρισμένα ποσὰ εἰς χωνευτήριον περιέχον τορνεύματα καὶ ὑπολείμματα ἐν γένει χάλυβος. Τὰ τορνεύματα τοῦ χάλυβος κατέρχονται εἰς τὸ χωνευτήριον δι' ἠλεκτρικῆς καμίνου συνεχοῦς λειτουργίας, ἀφοῦ πρότερον εἰσαχθῆ εἰς τὸ χωνευτήριον τὸ ἀπαιτούμενον ποσὸν ἀνθρακος καὶ πυριτίου. Τὰ τορνεύματα τήκονται διὰ τῆς μεγαλειτέρας ἢ μικροτέρας ἀνθρακίσεως αὐτῶν, τῆς ὁποίας τὸ ὄριον εἶναι 4% ἐνῶ ὡς πρὸς τὸ πυρίτιον ἔχομεν ὄριον 0,5%.

Ὁ συνθετικὸς χυτοσίδηρος ἔχει τρία πλεονεκτήματα. Πρῶτον ὅτι ἡ σύστασις του εἶναι ἀκριβῶς ὀρισμένη, δεύτερον ὅτι ἐλάχιστα ἔχγη θείου περιέχει, τρίτον ὅτι μόλις περιέχει 0,05% φωσφόρον. Τὸ σπουδαιότερον εἶναι ὅτι ἡ ἰδέα τοῦ Keller ἀνοίγει ἀπόψεις πρὸς παραγωγὴν ὄχι μόνον χυτοσιδήρου ἀλλὰ καὶ χάλυβος δι' ἑλαττώσεως τοῦ ποσοῦ τοῦ ἀνθρακος. Πρὸς τοῦτο ἐμελετήθη ἡ τήξις τῶν τορνευμάτων ἐντὸς ἠλεκτρικῶν καμίνων συνεχοῦς λειτουργίας πρὸς παραγωγὴν πρώτου χάλυβος περιεκτικότητος ὡς πρὸς ἀνθρακα καὶ πυρίτιον ἀνωτέρας τῆς ὀριστικῆς.

Ἡ παραγωγὴ τοῦ συνθετικοῦ χυτοσιδήρου εἶναι μία τῶν πολυτιμωτέρων ἐφαρμογῶν τῆς ἠλεκτρικῆς καμίνου. Ἡ ἀποφυγὴ τῆς ὀξειδώσεως ἐπιτρέπει τὴν ἀπορρόφησιν τοῦ ὀρισθέντος ποσοῦ ἀνθρακος ἀνευ οὐδεμιᾶς ἀπωλείας, ἐπομένως ἡ μεταλλουργικὴ αὕτη μέθοδος χαρακτηρίζεται διὰ τῆς θεωρητικῆς σχεδὸν ἀκριβείας τῆς. Τὰ ἀποτελέσματα τῆς καμινείας εἰς τὸ Livet, ὅπου ἑκατοντάδες τόννων παράγονται καθ' ἡμέραν, ἀποδεικνύουσι πρὸς τούτους ὅτι ἡ ἠλεκτροσιδηρουργία διήλθεν ἤδη τὸ πρῶτον στάδιόν τῆς ὡς μικρὰ βιομηχανία καὶ ἐξελιίσεται εἰς βιομηχανίαν μεγάλην, χρησιμοποιοῦσα μάλιστα εἰς τὴν προκειμένην περίστασιν ἀποκόμματα καὶ τορνεύματα μετάλλου οὐδεμιᾶς σχεδὸν χρησιμότητος.