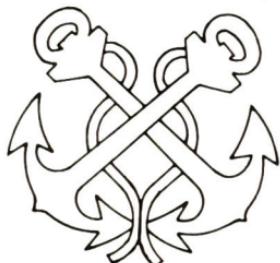




ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΜΗΧΑΝΟΥΡΠΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΝ ΚΕΙΜΕΝΟΝ
ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΣΧΟΛΩΝ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
(Διὰ Μηχανικούς)

Μαθηματικά

Πυρηνική Φυσική

Αγγλικά

Τεχνική Μηχανική

Θερμοδυναμική

Μεταλλογνωσία - Μεταλλοτεχνία

Λέβητες

Ατμομηχαναὶ (Παλινδρ. - Στρόβιλοι)

M.E.K.

Ηλεκτροτεχνία

Μηχανήματα σκάφους

Ψυκτικαὶ ἐγκαταστάσεις

Στοιχεῖα Ναυπηγίας

Καύσιμα - Λιπαντικά

Τηλεκίνησις - Αὐτοματισμὸς συγχρόνων πλοίων

Ηλεκτρονικά

Μηχανονργική Τεχνολογία

Σχέδιον

Γενικαὶ ἐπαγγελματικαὶ γνώσεις

Τεχνικὴ δρολογία πλοίου



‘Ο Εύγενιος Εύγενίδης, ίδρυτης και χορηγὸς τοῦ «Ιδρύματος Εὐγενίδου» προεῖδεν ἐνωρίτατα και ἐσχημάτισε τὴν βαθεῖαν πεποίθησιν, ὅτι ἀναγκαῖον παράγοντα διὰ τὴν πρόοδον τοῦ ἔθνους θὰ ἀπετέλει ἡ ἀρτία κατάρτισις τῶν τεχνικῶν μας ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὴν ἡθικὴν ἀγωγὴν αὐτῶν.

Τὴν πεποίθησιν τον αὐτὴν τὴν μετέτρεψεν εἰς γενναιόφρονα πρᾶξιν εὐεργεσίας, ὅταν ἐκληροδότησε σεβαστὸν ποσὸν διὰ τὴν σύστασιν Ιδρύματος, ποὺ θὰ είχε σκοπὸν νὰ συμβάλῃ εἰς τὴν τεχνικὴν ἐκπαίδευσιν τῶν νέων τῆς Ἑλλάδος.

Διὰ τοῦ *B. Διατάγματος τῆς 10ης Φεβρουαρίου 1956*, συνεστήθη τὸ “Ιδρυμα Εὐγενίδου και κατὰ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτον ἐτέθη ὑπὸ τὴν διοίκησιν τῆς ἀδελφῆς του Κυρίας Μαρ. Σίμου. Ἀπὸ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἥρχισαν πραγματοποιούμενοι οἱ σκοποὶ ποὺ ώραματίσθη ὁ Εύγενιος Εὐγενίδης και συγχρόνως ἡ πλήρωσις μιᾶς ἀπὸ τὰς βασικωτέρας ἀνάγκας τοῦ ἔθνικοῦ μας βίου.

* * *

Κατὰ τὴν κλιμάκωσιν τῶν σκοπῶν του, τὸ “Ιδρυμα προέταξε τὴν ἔκδοσιν τεχνικῶν βιβλίων τόσον διὰ λόγους θεωρητικοὺς ὅσον και πρακτικούς. Ἐκρίθη, πράγματι, ὅτι ἀπετέλει πρωταρχικὴν ἀνάγκην ὁ ἐφοδιασμὸς τῶν μαθητῶν μὲ σειρὰς βιβλίων, αἱ ὄποιαι θὰ ἔθετον ὁρθὰ θεμέλια εἰς τὴν παιδείαν των και αἱ ὄποιαι θὰ ἀπετέλουν συγχρόνως πολύτιμον βιβλιοθήκην διὰ κάθε τεχνικόν.

Εἰδικώτερον, ὅσον ἀφορᾶ εἰς τὰ ἐκπαιδευτικὰ βιβλία τῶν μαθητῶν τῶν Δημοσίων Σχολῶν Ἐμπορικοῦ Ναυτικοῦ, τὸ “Ιδρυμα ἀνέλαβε τὴν ἔκδοσιν των ἐν πλήρει και στενῇ συνεργασίᾳ μετὰ τῆς Διευθύνσεως Ναυτικῆς Ἐκπαιδεύσεως τοῦ Ὅπουργείου Ναυτιλίας - Μεταφορῶν - Ἐπικοινωνιῶν, ὑπὸ τὴν ἐποπτείαν τοῦ ὄποιου ὑπάγονται αἱ Σχολαὶ αὗται.

Ἡ ἀνάθεσις εἰς τὸ “Ιδρυμα ἐγένετο δυνάμει τῆς ὑπ' ἀριθ. 61288/5031, 9ης Αὐγούστου 1966, ἀποφάσεως τοῦ Ὅπουργοῦ Ἐμπορικῆς Ναυτιλίας, δι' ἣς συνεκροτήθη και ἡ Ἐπιτροπὴ Ἐκδόσεων.

Κύριος σκοπὸς τῶν ἔκδόσεων αὐτῶν εἶναι ἡ παροχὴ πρὸς τοὺς

μαθητὰς τῶν ναυτικῶν σχολῶν τῶν ἀναγκαίων ἐκπαιδευτικῶν κειμένων, τὰ ὅποια ἀντιστοιχοῦν πρὸς τὰ ἐν ταῖς Σχολαῖς διδασκόμενα μαθήματα.

Ἐν τούτοις ἐλήφθη πρόνοια, ὥστε τὰ βιβλία νὰ είναι γενικώτερον χρήσιμα δι' ὅλους τοὺς ἀξιωματικοὺς τοῦ Ἐμπορικοῦ Ναυτικοῦ, τοὺς ἀσκοῦντας ἡδη τὸ ἐπάγγελμα καὶ ἐξελισσομένους εἰς τὴν ἰεραρχίαν τοῦ κλάδου των.

* * *

Οἱ συγγραφεῖς καὶ ἡ Ἐπιτροπὴ Ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος καταβάλλονταν κάθε προσπάθειαν, ὥστε τὰ βιβλία νὰ είναι ἐπιστημονικῶς ἄρτια ἀλλὰ καὶ προσηρμοσμένα εἰς τὰς ἀνάγκας καὶ τὰς δυνατότητας τῶν μαθητῶν. Πρὸς τοῦτο τὰ βιβλία αὐτὰ συντάσσονται εἰς ἀπλῆν γλῶσσαν καὶ ἀνάλογον πρὸς τὴν στάθμην τῆς ἐκπαιδεύσεως, δι' ἧν προορίζεται ἑκάστη σειρά. Ἡ τιμὴ τῶν βιβλίων ὠρίσθη τόσον χαμηλή, ὥστε νὰ είναι προσιτὰ καὶ εἰς τὸν ἀπόρους μαθητάς.

Οὕτω προσφέρονται εἰς τὸ εὐρὺ κοινὸν τῶν καθηγητῶν καὶ τῶν μαθητῶν τῆς ναυτικῆς μας ἐκπαιδεύσεως ἀλλὰ καὶ εἰς ὅλους τοὺς ἀξιωματικοὺς τοῦ E.N. αἱ ἐκδόσεις τοῦ Ἰδρύματος, τῶν ὅποιων ἡ συμβολὴ εἰς τὴν πραγματοποίησιν τοῦ σκοποῦ τοῦ Εὐγενίου Εὐγενίδου ἐλπίζεται νὰ είναι μεγάλη.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ἀλέξανδρος Ι. Παππᾶς, Ὁμ. Καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.
Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης, Διπλ. Μηχ. - Ἡλ. ΕΜΠ, Ἐπίτιμος Διοικητής Ο.Τ.Ε., Ἀντιπρόεδρος.
Μιχαὴλ Γ. Ἀγγελόπουλος, Τακτικός Καθηγητής ΕΜΠ, τ. Διοικητής ΔΕΗ.
Ἐλλάδιος Σίδερης, Ὑποναύαρχος Μηχ. (ἴ.ἄ.).
Παναγώτης Λυκούδης, Πλοιάρχος Λ.Σ., Γεν. Δευθ. Ναυτ. Ἐκπ. Υ.Ε.Ν.
Σύμβουλος ἐπί τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος Κωνστ. Α. Μανάφης, Καθηγητής Φιλοσοφικῆς Σχολῆς Παν/μίου Ἀθηνῶν
Γραμματεὺς τῆς Ἐπιτροπῆς, Δημοσθένης Π. Μεγαρίτης.



Ι ΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΠΕΤΡΟΥ ΓΕΩΡΓ. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΑΘΗΝΑ
1981





ΠΡΟΛΟΓΟΣ

‘Η γνῶσις τῶν ύλικῶν, μεταλλικῶν, πλαστικῶν καὶ μή, πού χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς ποικίλας μηχανουργικάς κατασκευάς, ἀποτελεῖ σημαντικὸν παράγοντα διὰ τὴν ἐπιτυχῆ σχεδίασιν τῶν κατασκευῶν τούτων ὡς καὶ διὰ τὴν οἰκονομικώτεραν ἐκτέλεσιν αὐτῶν. Τὸ ἀνὰ χεῖρας βιβλίον, φέρον τὸν τίτλον ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ἔγραφη διὰ νὰ βοηθήσῃ τοὺς ἀναγνώστας νὰ κατανοήσουν τὴν κρυσταλλικήν δομήν, τὰς μηχανικάς καὶ λοιπάς χαρακτηριστικάς ἴδιότητας, τὰς θερμικάς κατεργασίας, ὡς καὶ τὰς βιομηχανικάς ἐφαρμογάς τῶν περισσότερον εὐχρήστων ἐκ τῶν προαναφερθέντων.

Τὸ σύγγραμμα τοῦτο ἀπευθύνεται πρὸς τοὺς μαθητὰς τῶν Δημοσίων Σχολῶν Ε.Ν. ἔγραφη δὲ συμφώνως πρὸς τὸ ἐπίσημον ἀναλυτικὸν πρόγραμμα διδاكتέας ὑλῆς τοῦ μαθήματος· θέματα μὴ ἀπαιτούμενα διὰ τὴν στάθμην τῆς διδασκαλίας εἰς τὰς ὡς ἄνω σχολάς ἐστοιχειοθετήθησαν διὰ μικροτέρων στοιχείων. Ταῦτα οὔτε ὁ διδασκαλος ὑποχρεοῦται νὰ τὰ διδάξῃ, οὔτε καὶ ὁ μαθητής νὰ τὰ ἔξετασθῇ. ‘Η διάκρισις αὐτῆς τῆς ὑλῆς ἔγένετο, χωρὶς νὰ διαταράσσεται ἡ ἀληλουχία αὐτῆς.

Κατὰ τὴν συγγραφήν κατεβλήθη προσπάθεια, ὥστε τὸ βιβλίον νὰ παραμείνῃ, κατὰ τὸ δυνατόν, αὐτοτέλες, διὰ νὰ μὴ ὑποχρεοῦνται οἱ ἀναγνῶσται νὰ καταφεύγουν καὶ εἰς ἄλλα βιβλία. ‘Ετσι, περιελήφθησαν θέματα ἐκ τῆς Χημείας, τῆς Πειραματικῆς ἀντοχῆς τῶν ύλικῶν καὶ ἄλλα. Τὰ ἀναφερόμενα εἰς τὸ σύγγραμμα τοῦτο δύνανται ούσιαστικῶς νὰ βοηθήσουν τὸ μάθημα τῶν Στοιχείων Μηχανῶν, ἀλλὰ καὶ οιονδήποτε ἄλλο τεχνολογικὸν μάθημα, ὅπου ἐκτελοῦνται ὑπολογισμοὶ καὶ ἐκλέγονται ύλικά.

Κατεβλήθη ἀκόμη φροντίς ὅπως, πρὸς πληρεστέραν κατανόησιν τῶν ποικίλων πρὸς διδασκαλίαν ἀντικειμένων, περιληφθοῦν τὰ ἀπαιτούμενα, κατὰ τὸ δυνατόν, σχήματα ἡ καὶ εἰκόνες. Πρὸς ἀποφυγὴν ἐπαναλήψεων, εἰσήχθησαν ἐπίσης παραπομπαὶ εἰς εὐρείαν ἔκτασιν.

Τὸ κείμενον διαιρεῖται εἰς δώδεκα Μέρη.

Εἰς τὸ πρῶτον δίδεται σύντομον ἱστορικὸν τῆς ἀναπτύξεως τῶν μεταλλικῶν ύλικῶν, διότι πιστεύομεν διὰ τὴν ‘Ιστορία τῆς Ἐπιστήμης, εἰς οιονδήποτε τομέα της, ἐνέχει ἔξαιρετικήν σημασίαν. ‘Ακολούθως περιέχονται ἡ δομὴ καὶ αἱ ἴδιότητες τῶν μετάλλων.

Εἰς τὸ δεύτερον ἀναπτύσσονται τὰ διμερῆ κράματα μὲ ἐμφασιν εἰς τὰ διαγράμματα θερμικῆς ισορροπίας τούτων, καθὼς ἐπίσης καὶ εἰς τοὺς κρυσταλλικούς μετασχηματισμούς ποὺ παρατηροῦνται.

Τὸ τρίτον καλύπτει τὰς μηχανικάς δοκιμασίας τῶν μετάλλων, τὸ δὲ τέταρτον τὰς ἀρχὰς τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεώς των ἐκ σχετικῶν μηχανικῶν κατεργασιῶν.

Τὸ πέμπτον περιέχει τὰ τῆς μεταλλουργίας τοῦ σιδήρου καὶ τὰ τῆς παρα-

σκευής τοῦ χάλυβος, ἐνῶ τὸ ἔκτον ἀναφέρεται εἰς τοὺς ἀνθρακούχους ἐν γένει χάλυβας.

Τὸ ἑβδομόν περιλαμβάνει τὰς θερμικάς κατεργασίας τῶν χαλύβων.

Τὸ δύδοον καλύπτει τὰ χαλυβοκράματα μὲν ίδιαιτέραν ἐμφασιν ἐπὶ τῆς ἐπιδράσεως τῶν ποικίλων προσθηκῶν εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν καὶ τὰς μηχανικὰς ἡ ἄλλας ίδιοτητάς των· ἐπίσης περιγράφει τὰς βιομηχανικὰς χρήσεις τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων, τῶν χαλυβοκραμάτων, ὡς καὶ εἰδικῶν τινων χαλυβοκραμάτων (ἀνοξείδωτοι, πυρίμαχοι χάλυβες κ.λπ.). Πρέπει ἐδῶ νὰ τονισθῇ ίδιαιτέρως, ὅτι πρὸς εὔκολιάν ἐπιλογῆς ἀνθρακούχων χαλύβων, ὡς καὶ χαλυβοκραμάτων κατὰ τὰς ἐφαρμογάς εἰς τὴν πρᾶξιν, ἔχει καταρτισθῇ μέγας ἀριθμὸς σχετικῶν πινάκων, εἰς τοὺς δόποιους ἀναφέρονται ἡ χημικὴ σύνθεσις, αἱ μηχανικαὶ ίδιοτητες, αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι, ὅπου ἀπαιτοῦνται, ὡς καὶ αἱ συνιστώμεναι βιομηχανικαὶ χρήσεις. Τὸ αὐτὸν ἔχει ἐφαρμοσθῇ καὶ διὰ τὰ βασικώτερα ἐν χρήσει μὴ σιδηροῦχα κράματα (δέκατον Μέρος).

Εἰς τὸ ἔνατον περιγράφονται οἱ χυτοσίδηροι ἀπὸ ἀπόψεως κρυσταλλικῆς δομῆς, μηχανικῶν ίδιοτήτων καὶ βιομηχανικῆς χρήσεως, ὁμοίως δὲ εἰς τὸ δέκατον Μέρος τὰ μὴ σιδηροῦχα μέταλλα καὶ κράματα (χαλκός, ἀργίλιον, νικέλιον κ.λπ., ὡς καὶ τὰ κράματά των).

Εἰς τὸ ἐνδέκατον δίδονται βασικὰ στοιχεῖα περὶ τῆς Κονιομεταλλουργίας, περὶ τῶν φάσεων παραγωγῆς τῶν προϊόντων της, ὡς καὶ περὶ τῶν ἐφαρμογῶν τούτων, ίδιαιτέρως δὲ τῶν σκληρομεταλλων.

Τέλος, τὸ δωδέκατον Μέρος, περὶ τῶν πλαστικῶν, συνεγράφῃ ὑπὸ τοῦ κ. Γεωργίου Χρίστου Κόντου, Χημικοῦ μηχανικοῦ, Δρος Ε.Μ.Π. Τοῦτο περιλαμβάνει ἐν συντομίᾳ τὰ κυριώτερα τῶν χρησιμοποιουμένων σήμερον διὰ μηχανουργικὰς κατασκευὰς πλαστικῶν, τὰς ίδιοτητας καὶ τοὺς ἐπὶ μέρους τομεῖς ἐφαρμογῶν τούτων, καθὼς ἐπίσης καὶ τὰς μεθόδους μορφοποιήσεώς των. 'Η συγγραφὴ τοῦ μέρους τούτου ἐκριθῇ ἀναγκαία, λόγω τῆς ὀλονέν μεγαλυτέρας οἰκονομικῆς καὶ τεχνικῆς σημασίας, τὴν δόποιαν ἀποκτᾶ ἡ ἐφαρμογὴ τῶν πλαστικῶν εἰς τὰς μηχανουργικὰς ἐν γένει κατασκευάς.

'Ως ἐκ τοῦ περιεχομένου του νομίζομεν, ὅτι τὸ βιβλίον είναι χρήσιμον καὶ διὰ πάντα περὶ τὰς ίδιοτητας τῶν μετάλλων καὶ τὴν δομὴν αὐτῶν ἀσχολούμενον.

Μὲ τὴν ἐλπίδα ὅτι τὸ σύγγραμμα αὐτὸν θὰ ἀνταποκριθῇ τοῦ σκοποῦ, διὰ τὸν ὄποιον ἐγράφη, εύχαριστῷ θερμῷ τὴν 'Ἐπιτροπὴν 'Ἐκδόσεως τοῦ 'Ιδρυμάτος Εύγενίδου, καθὼς ἐπίσης καὶ τὸ Τμῆμα 'Ἐκδόσεων διὰ τὰς καταβληθείσας προσπαθείας, τόσον κατὰ τὴν συγγραφήν, δόσον καὶ διὰ τὴν ἀρτίωτέραν ἐμφάνισιν τοῦ παρόντος.

'Ο συγγραφεὺς

ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Κ Ε Φ. 1	Σύντομον ιστορικὸν	1
----------	--------------------	---

Κ Ε Φ. 2	'Ιδιότητες καὶ δομὴ τῶν μετάλλων	
----------	----------------------------------	--

Παράγρ.		Σελίς
2 - 1	Μόρια καὶ ἀτομα	5
2 - 2	'Η δομὴ τοῦ ἀτόμου	6
2 - 3	Σχηματισμὸς τῶν χημικῶν ἐνώσεων. Ἀτομικοὶ δεσμοὶ	8
2 - 4	'Ορισμὸς καὶ ίδιότητες τῶν μετάλλων	12
2 - 5	'Η κρυσταλλικὴ δομὴ τῶν μετάλλων	13

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ

Κ Ε Φ. 3	Όρισμοὶ - Γενικότητες	
----------	-----------------------	--

3 - 1	Τὸ κρᾶμα	21
3 - 2	Τὸ στερεὸν διάλυμα	23
3 - 3	Τὸ εὐτηκτικὸν κρᾶμα ἢ εὐτηκτική	24
3 - 4	Αἱ μεσομεταλλικαὶ ἐνώσεις	25

Κ Ε Φ. 4	Τὸ θερμικὸν διάγραμμα ισορροπίας τοῦ κράματος	
----------	---	--

4 - 1	Γενικό	26
4 - 2	Κατασκευὴ τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος ισορροπίας τοῦ κράματος	27
4 - 3	Μεταβολαὶ εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος	29

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΑΙ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Κ Ε Φ. 5	Μέθοδοι δοκιμασιῶν	36
----------	--------------------	----

Κ Ε Φ. 6	'Η δοκιμασία ἐφελκυσμοῦ καὶ θλίψεως	38
----------	-------------------------------------	----

Κ Ε Φ. 7	'Η δοκιμασία σκληρότητος	
----------	--------------------------	--

7 - 1	'Η μέθοδος Brinell	41
-------	--------------------------	----

7 - 2	'Η μέθοδος Vickers	45
7 - 3	'Η μέθοδος Rockwell	46
7 - 4	'Η μέθοδος Shore	47

Κ Ε Φ. 8	'Η δοκιμασία εἰς κροῦσιν (δοκιμασία δυσθραυστότητος)	50
-----------------	---	----

Κ Ε Φ. 9	'Η δοκιμασία κοπώσεως	52
-----------------	------------------------------	----

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

Η ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΕΚ ΜΗΧ. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ - ΣΚΛΗΡΩΣΙΣ - ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΙΣ

Κ Ε Φ. 10	'Η σκλήρωσις	55
------------------	---------------------	----

Κ Ε Φ. 11	'Ο μηχανισμός τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως	57
------------------	--	----

Κ Ε Φ. 12	Ψυχρηλασία τῶν μετάλλων καὶ κραμάτων - 'Ανακρυστάλλωσις	62
------------------	--	----

Κ Ε Φ. 13	Θερμηλασία τῶν μετάλλων	64
------------------	--------------------------------	----

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟΝ

Η ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΟΣ

Κ Ε Φ. 14	Σιδηρομεταλλεύματα	66
------------------	---------------------------	----

Κ Ε Φ. 15	'Η μεταλλουργία τοῦ σιδήρου
------------------	------------------------------------

15 - 1	Γενικά	68
--------	--------------	----

15 - 2	Παρασκευὴ χυτοσιδήρου	69
--------	-----------------------------	----

15 - 3	Παρασκευὴ τοῦ σφυρηλάτου σιδήρου καὶ τοῦ χάλυβος	74
--------	--	----

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟΝ

ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ

Κ Ε Φ. 16	'Αλλοτροπίαι τοῦ σιδήρου	79
------------------	---------------------------------	----

Κ Ε Φ. 17	Τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας τῶν κραμάτων σιδήρου καὶ ἄνθρακος
------------------	---

17 - 1	Τὸ πλῆρες διάγραμμα	82
--------	---------------------------	----

17 - 2	'Η περιοχὴ τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων	85
--------	--	----

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΘΕΡΜΙΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΙ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ

ΚΕΦ. 18 Γενικά ἀπὸ τὴν θεωρίαν τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν

18 - 1	'Ορισμός, σημασία καὶ εἰδή θερμικῶν κατεργασιῶν	92
18 - 2	'Επίδρασις τῆς ταχύτητος ἀποφύξεως	94
18 - 3	Συνδυασμὸς τῶν καμπυλῶν ἀποφύξεως χάλυβος καὶ τοῦ διαγράμματος Χ - Θ - Μ	100

ΚΕΦ. 19 Αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι τῶν χαλύβων εἰς τὴν πρᾶξιν

19 - 1	Μέτρησις τῆς θερμοκρασίας	103
19 - 2	Πλήρης ἀνόπτησις ἢ ἀνόπτησις	110
19 - 3	'Εξομάλυνσις	114
19 - 4	'Ανόπτησις σφαιροποιήσεως σεμεντίτου	117
19 - 5	'Ανόπτησις δι' ἀνακρυστάλλωσιν	118
19 - 6	'Αποτατική ἀνόπτησις	118
19 - 7	Βαφή	119
19 - 8	'Επαναφορά	127
19 - 9	'Επιφανειακή σκλήρωσις τῶν χαλύβων	135
19 - 10	Κλίβανοι θερμικῶν κατεργασιῶν	150
19 - 11	Θερμικαὶ κατεργασίαι χαλυβοκραμάτων	155

ΜΕΡΟΣ ΟΓΔΟΟΝ

ΧΑΛΥΒΟΚΡΑΜΑΤΑ

ΚΕΦ. 20 Γενικὰ περὶ χαλυβοκραμάτων

20 - 1	Τὰ μειονεκτήματα τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων	160
20 - 2	'Επίδρασις τῶν προσθηκῶν. Εἰδὴ χαλυβοκραμάτων	161
20 - 3	Αἱ ἀκαθαρσίαι τῶν χαλύβων	178

ΚΕΦ. 21 Βιομηχανικαὶ χρήσεις τῶν χαλύβων

21 - 1	Τυποποίησις τῶν χαλύβων	182
21 - 2	Χάλυβες κατασκευῶν	185
21 - 3	Χάλυβες ἐργαλείων	189
21 - 4	Ειδικὰ χαλυβοκράματα	198

ΜΕΡΟΣ ΕΝΑΤΟΝ

ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

ΚΕΦ. 22 Γενικὰ περὶ χυτοσιδήρων

206

Κ Ε Φ. 23 Λευκοὶ καὶ φαιοὶ χυτοσίδηροι

23 - 1	Λευκοὶ χυτοσίδηροι	209
23 - 2	Φαιοὶ χυτοσίδηροι	210

Κ Ε Φ. 24 Μαλακτικοποιημένοι χυτοσίδηροι

213

Κ Ε Φ. 25 Χυτοσίδηροι σφαιροειδοῦς γραφίτου

217

Κ Ε Φ. 26 Εἰδικοὶ χυτοσίδηροι

219

ΜΕΡΟΣ ΔΕΚΑΤΟΝ**ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ****Κ Ε Φ. 27 Ὁ χαλκὸς καὶ τὰ κράματά του**

27 - 1	Ὁ χαλκός	221
27 - 2	Τὰ κράματα τοῦ χαλκοῦ	222

Κ Ε Φ. 28 Τὸ ἀργύριον καὶ τὰ κράματά του

28 - 1	Τὸ ἀργύριον (ἀλουμίνιον)	228
28 - 2	Τὰ κράματα τοῦ ἀργυρίου	230

Κ Ε Φ. 29 Τὸ μαγνήσιον καὶ τὰ κράματά του

29 - 1	Τὸ μαγνήσιον	238
29 - 2	Τὰ κράματα τοῦ μαγνησίου	238

Κ Ε Φ. 30 Ὁ ψευδάργυρος καὶ τὰ κράματά του

30 - 1	Ὕψηδάργυρος	241
30 - 2	Τὰ κράματα τοῦ ψευδαργύρου	241

Κ Ε Φ. 31 Ὁ μόλυβδος καὶ τὰ κράματά του

31 - 1	Ὕψηδάργυρος	243
31 - 2	Τὰ κράματα τοῦ μολύβδου	243

Κ Ε Φ. 32 Τὸ νικέλιον καὶ τὰ κράματά του

32 - 1	Τὸ νικέλιον	245
32 - 2	Τὰ κράματα τοῦ νικελίου	246

Κ Ε Φ. 33 Ἀντιτριβικὰ κράματα ἢ κράματα ἐδράνων ὀλισθήσεως

33 - 1	Γενικά	249
33 - 2	Ἀντιτριβικὰ κράματα μὲ βάσιν τὸν χαλκόν	250
33 - 3	Λευκὰ μέταλλα	251

ΜΕΡΟΣ ΕΝΔΕΚΑΤΟΝ

ΚΟΝΙΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ

Κ Ε Φ. 34

Γενικά

253

Κ Ε Φ. 35 Αἱ φάσεις τῆς Κονιομεταλλουργίας

35 - 1	Ἡ παραγωγὴ τῶν κόνεων	256
35 - 2	Ἄναμμῖξις τῶν συστατικῶν	257
35 - 3	Συμπίεσις.....	257
35 - 4	Πυροσυσσωμάτωσις	259
35 - 5	Δευτερεύουσαι φάσεις τῆς κονιομεταλλουργίας	260

Κ Ε Φ. 36 Ἐφαρμογαὶ τῆς Κονιομεταλλουργίας

36 - 1	Τὰ σκληρομέταλλα μὲ καρβίδια ἢ σκληρομέταλλα	262
36 - 2	Ἄλλαι ἐφαρμογαὶ τῆς Κονιομεταλλουργίας	267

ΜΕΡΟΣ ΔΩΔΕΚΑΤΟΝ

ΣΥΝΘΕΤΙΚΑΙ ΥΛΑΙ (ΠΛΑΣΤΙΚΑ)

Κ Ε Φ. 37

Αἱ συνθετικαὶ ύλαι

37 - 1	Γενικά	269
37 - 2	Ὕποδιαίρεσις τῶν συνθετικῶν ύλῶν	270
37 - 3	Διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῶν συνθετικῶν ύλῶν	274

Κ Ε Φ. 38 Αἱ συνθετικαὶ ύλαι διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς

38 - 1	Ὕποδιαίρεσις τῶν συνθετικῶν ύλῶν, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς	276
38 - 2	Ἀναγνώρισις τοῦ εἶδους μιᾶς συνθετικῆς ύλης	276
38 - 3	Ίδιότητες τῶν συνθετικῶν ύλῶν	277
38 - 4	Διάδοσις τῶν συνθετικῶν ύλῶν	280
38 - 5	Τὰ κυριώτερα θερμοπλαστικὰ διὰ τὰς μηχανολογικὰς κατασκευάς	283

Κ Ε Φ. 39 Ἐφαρμογαὶ τῶν πλαστικῶν

39 - 1	Μορφοποίησις τῶν πλαστικῶν διὰ μηχανολογικούς σκοπούς	286
39 - 2	Χρησιμοποιούμενα μηχανήματα κατεργασίας	286
39 - 3	Κυριώτερα κατασκευαζόμενα στοιχεῖα μηχανῶν	291
39 - 4	Κατασκευὴ μεγάλων ἀντικειμένων ἐκ θερμοπλαστικῶν	299
	Εύρετήριον	300



ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι

ΣΥΝΤΟΜΟΝ ΙΣΤΟΡΙΚΟΝ

‘Η χρησιμοποίησις τῶν μετάλλων συνδέεται στενά μὲ τὴν ίστορίαν τοῦ ἀνθρωπίνου πολιτισμοῦ, διότι, λόγω τῶν ἔξαιρετικῶν των μηχανικῶν ιδιοτήτων, ὁ ἀνθρωπος τὰ ἔχρησιμοποίησε διὰ νὰ καλύψῃ τὰς ἀνάγκας του εἰς ἐργαλεῖα καὶ ὅπλα, ἀργότερα δὲ καὶ ἄλλας βασικάς του ἀνάγκας.

Μελετῶντες τὴν ίστορίαν παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ἀνθρωπος καθυστέρησε πολὺ νὰ ἀντιληφθῇ τὴν ἀξίαν τῶν μετάλλων: ἡρχισε νὰ τὰ χρησιμοποιῆ, στοιχειωδῶς μόνον, μόλις πρὸ δόκτω περίπου χιλιετρίδων. Μέχρι τότε, ἀλλὰ καὶ ἀργότερον, τὰς ἀνάγκας του εἰς ἐργαλεῖα καὶ ὅπλα ἐκάλυπτε μὲ ξύλα, λίθους ἢ ὅστα καταλλήλως ἐπεξειργασμένα.

Φαίνεται ὅτι τὰ αὐτοφυῆ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς μέταλλα, δηλαδὴ ὁ χρυσός, ὁ χαλκὸς καὶ ὁ ἄργυρος, καθὼς ἐπίσης καὶ ὁ σίδηρος, ὁ προερχόμενος ἀπὸ πτῶσιν μετεωριτῶν, ἀπετέλεσαν τὰ πρῶτα μέταλλα, μὲ τὰ ὅποια ἥλθεν εἰς ἐπαφὴν ὁ ἀνθρωπος. ‘Ο μὲν χρυσὸς ὅμως, ἐπειδὴ εἶναι πολὺ μαλακός, ἔχρησιμοποιεῖτο ἀρχικῶς διὰ τὴν κατασκευὴν κοσμημάτων, ὁ δὲ σίδηρος ἐκ μετεωριτῶν δὲν προσεφέρετο διὰ κατεργασίαν λόγω τῆς σκληρότητός του.

‘Αργότερα ὁ ἀνθρωπος τυχαίως ἀνεκάλυψεν, ὅτι ἀπὸ ὡρισμένους λίθους καὶ μὲ ὡρισμένον τρόπον δύναται νὰ παραγάγῃ μέταλλα (παράγρ. 2 · 4), κατόπιν δὲ καὶ κράματα (παράγρ. 3 · 1).

‘Ἐπειδὴ ἡ σημασία τῶν μετάλλων διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ πολιτισμοῦ εἶναι μεγάλη, ὁ ἀνθρωπος κατέβαλε καὶ καταβάλλει κατὰ τὴν μακρὰν ἐπὶ τῆς Γῆς πορείαν του μεγάλας προσπαθείας καὶ κόπου πολύν διὰ τὴν συνεχῆ καὶ ἀδιάλειπτον μελέτην καὶ ἔρευνάν των, μὲ ἀποτέλεσμα συνεχῶς νὰ ἀνακαλύπτωνται νέα μέταλλα καὶ κράματα μὲ σημαντικὰς ιδιότητας, ποὺ πληθαίνουν τὰς ἐφαρμογάς των.

Είναι χαρακτηριστικὸν ὅτι αἱ ἐποχαὶ τοῦ ἀνθρωπίνου πολιτισμοῦ ἔλαβον τὴν ὄνομασίαν τῶν ἀπὸ τὸ ἐκάστοτε χρησιμοποιούμενον μέταλλον. Διὰ τὴν περιοχὴν τῆς Εύρωπης καὶ τῆς Μεσογείου, μετὰ τὴν νεολιθικὴν ἐποχὴν (7000 π.Χ. ἔως 5000 π.Χ.), αἱ ἐποχαὶ αὐταὶ εἰναι αἱ ἔξῆς:

Ἐποχὴ τοῦ χαλκοῦ: 5000 π.Χ. ἔως 3000 π.Χ.

Ἐποχὴ τοῦ κρατερώματος: 3000 π.Χ. ἔως 1000 π.Χ.

Ἐποχὴ τοῦ σιδήρου: 1000 π.Χ. ἔως σήμερον

Ο αὐτοφυὴς χαλκός, ποὺ ἀρχικῶς εύρισκετο εἰς μεγάλας ποσότητας ἐπὶ τῆς Γῆς, προσείλκυσε τὴν προσοχὴν τοῦ ἀνθρώπου. Είναι μέταλλον πλαστικὸν καὶ δύναται νὰ διαμορφωθῇ μὲ σφυρηλασίαν, χωρὶς νὰ παρουσιάζῃ ρωγμὰς καὶ μάλιστα, ἀνὴρ διαμόρφωσίς του αὐτὴ γίνη ἐν ψυχρῷ, χωρὶς δηλαδὴ νὰ θερμανθῇ, τότε γίνεται σκληρότερον. Αἱ ιδιότητες αὐταὶ τοῦ χαλκοῦ τὸν καθιστοῦν χρήσιμον εἰς τὸν ἀνθρωπὸν διὰ τὴν κατασκευὴν ὅπλων καὶ ἐργαλείων.

Μὲ τὴν πάροδον τῶν ἐτῶν, τυχαία πυρκαϊὰ δάσους ἵσως νὰ εἶχεν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν πρώτην ἔντασιν χαλκοῦ μὲ τῆξιν δξειδίων τοῦ χαλκοῦ καὶ ἀναγωγὴν (ἀναγωγὴ εἰναι ἡ ἀπόσπασις δξυγόνου ἀπὸ χημικὰς ἐνώσεις του).

Ο ἀνθρωπὸς κατόπιν ἀνεκάλυψε, τυχαίως καὶ πάλιν, ὅτι μὲ τῆξιν ὥρισμένων λίθων (μεταλλευμάτων) δύναται νὰ λάβῃ νέον εἶδος χαλκοῦ, τὸ κρατέρωμα [κράμα χαλκοῦ καὶ κασσιτέρου, παράγρ. 27 · 2 (Β)], τὸ ὅποῖον παρουσιάζει καλυτέρας μηχανικὰς ιδιότητας ἀπὸ τὸν χαλκόν.

Ἐτσι, μὲ τὴν ἀναγωγὴν κασσιτέρου ἀπὸ κασσιτεροῦχα μεταλλεύματα (περὶ τὸ 1500 π.Χ.) λαμβάνεται πλέον τὸ κρατέρωμα συστηματικῶς μὲ τῆξιν καὶ ἀνάμιξιν τῶν δύο μετάλλων, δηλαδὴ τοῦ χαλκοῦ καὶ τοῦ κασσιτέρου (κραματοποίησις, παράγρ. 3 · 1). Ἀπὸ κρατέρωμα κατεσκευάσθησαν ἐργαλεῖα καὶ ὅπλα κατὰ πολὺ ἀνώτερα ποιοτικῶς ἐκείνων ποὺ κατεσκευάζοντο ἀπὸ χαλκόν. Τὰ ὅπλα τοῦ Τρωϊκοῦ πολέμου καὶ τὰ πρῶτα ὅπλα τῶν Ρωμαίων ἦσαν ἀπὸ κρατέρωμα. Κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον, ὅπως βλέπομεν, τὸ κρατέρωμα ταχέως ἀντικατέστησε τὸν χαλκόν.

Ο ἀνθρωπὸς φάίνεται, ὅτι κατὰ πρῶτον ἔλαβε τὸν σίδηρον ἀπὸ τοὺς μετεωρίτας. Ἡ παραγωγὴ σιδήρου μὲ τῆξιν καὶ ἀναγωγὴν μεταλλευμάτων σιδήρου θὰ πρέπει νὰ τοποθετηθῇ εἰς τὸ ἔτος 3000 π.Χ.

περίπου. Πρέπει νὰ σημειωθῇ ἐδῶ ὅτι ἡ παραγωγή, ἀλλὰ καὶ ἡ χρησιμοποίησις τοῦ σιδήρου, συνήντησε δυσκολίας, διότι τὸ σημεῖον τῆξεως τοῦ σιδήρου (1537⁰ C) εἶναι κατὰ πολὺ ὑψηλότερον ἀπὸ τὸ σημεῖον τῆξεως τοῦ χαλκοῦ (1083⁰ C). Ἡ ὑψηλὴ αὐτὴ θερμοκρασία τῶν 1537⁰ C δυσκόλως ἥτο δυνατὸν νὰ ἐπιτευχθῇ μὲ τὰ τότε διατιθέμενα μέσα. Ἐξ ἄλλου καὶ ἡ θερμοκρασία σφυρηλασίας τοῦ σιδήρου εἶναι μεγαλυτέρα ἐκείνης τοῦ χαλκοῦ ἢ τοῦ κρατερώματος. Εἰς τοὺς λόγους αὐτούς ὀφείλεται, κατὰ πᾶσαν πιθανότητα, ἡ καθυστέρησις τῆς χρησιμοποιήσεως τοῦ σιδήρου ἀπὸ τὸν ἄνθρωπον.

Εἰς τὸ ἔτος 1300 π.Χ. περίπου τοποθετεῖται ἡ πρώτη παραγωγὴ τοῦ χάλυβος, κράματος σιδήρου καὶ ἄνθρακος, καθὼς ἐπίστης καὶ ἡ βαφὴ του (παράγρ. 19. 7), διὰ τῆς ὁποίας ἀποκτᾶ μεγάλην σκληρότητα. Ἡ ἀνακάλυψις τοῦ χάλυβος ἀποτελεῖ μίαν ἀπὸ τὰς μεγαλυτέρας κατακτήσεις τῆς Μεταλλογνωσίας.

Περὶ τὸ ἔτος 500 π.Χ. ὁ σίδηρος χρησιμοποιεῖται εἰς εὔρειαν ἔκτασιν. Μέχρι τὸ ἔτος 100 μ.Χ. εἶναι γνωστὰ τὰ ἔξης μέταλλα:

‘Ο χρυσός, ἄργυρος, χαλκός, κασσίτερος, μόλυβδος, σίδηρος καὶ ὑδράργυρος, καθὼς ἐπίστης καὶ μερικά κράματά των.

Κατὰ τὸ 1300 μ.Χ. (Μεσαίων) ἐμφανίζεται ἡ Ἀλχημεία, μὲ τὴν ὁποίαν ὑπεστηρίζετο, ὅτι ἥτο δυνατὸν νὰ γίνῃ μετουσίωσις τῶν μετάλλων, νὰ παραχθῇ δηλαδὴ χρυσὸς καὶ ἄργυρος ἀπὸ εὔτελέστερα μέταλλα. Τοῦτο θὰ ἐπραγματοποιεῖτο μὲ τὸ θαυματουργὸν ἀντιδραστήριον, τὸ ὁποῖον καὶ ἀνεζήτουν, δηλαδὴ μὲ τὴν φιλοσοφικὴν λίθον. Αἱ μέθοδοι τῆς Ἀλχημείας ὑπῆρχαν πειραματικαὶ καὶ ἀπὸ αὐτὸν καταφίνεται ἡ σημαντικὴ συμβολὴ της εἰς τὴν μετέπειτα ἀνάπτυξιν τῆς Χημείας. Ἔτσι ὁ μέγας Ἀλχημιστὴς Albertus Magnus ἀνεκάλυψε τὸ ἀρσενικὸν καὶ ὁ Βασίλειος Βαλεντīνος τὸ ἀντιμόνιον καὶ τὸ βισμούθιον.

Μέχρι τοῦ 1800 μ.Χ. ἔχουν ἀνακαλυφθῆ νέα μέταλλα: τὸ κοβάλτιον, νικέλιον, μαγγάνιον, μολυβδαίνιον, τελλούριον, βιολφράμιον, τιτάνιον, ζιρκόνιον καὶ χρώμιον.

‘Ολόκληρος ὁ 19ος αἰώνων χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἐκπληκτικὴν ἀνάπτυξιν τῆς ἔξαγωγικῆς μεταλλουργίας καὶ τῆς μεταλλογνωσίας.

[Ἐξαγωγικὴ μεταλλουργία εἶναι ἡ ἐπιστήμη, ποὺ μελετᾷ τὰς μεθόδους ἔξαγωγῆς τῶν μετάλλων ἀπὸ τὰ μεταλλεύματα καὶ τὰς μεθόδους καθάρσεώς των. (Μεταλλεύματα εἶναι φυσικαὶ ὄλαι, ποὺ περιέ-

χουν μέταλλα εἰς ποσοστὸν ἵκανόν, ὥστε ἡ παραγωγὴ των μὲ βιομηχανικὰς μεθόδους, νὰ είναι οίκονομοτεχνικῶς συμφέρουσα).

Μεταλλογνωσία είναι ἡ ἐπιστήμη, ποὺ μελετᾶ τὴν φύσιν, τὴν δομὴν καὶ τὰς ιδιότητας τῶν μετάλλων καὶ κραμάτων].

Σημαντικὴ ἀνακάλυψις τῆς περιόδου αὐτῆς είναι ἡ παραγωγὴ χάλυβος μὲ τὴν μέθοδον Bessemer (παράγρ. 15 · 3), μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ἐκπληκτικὴν ἀνάπτυξιν τῆς βιομηχανίας τοῦ χάλυβος.

Περὶ τὰ τέλη τοῦ 19ου αἰῶνος ἀνεκαλύφθη τὸ ἐλαφρὸν μέταλλον ἀργίλιον (ἀλουμίνιον), τὸ ὄπιον, ὡς ἀπεδείχθη ἀργότερον, ἔχει μεγάλην σημασίαν ως ύλικὸν κατασκευῶν εἰς τὴν βιομηχανίαν ἐν γένει.

Κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετίας ἡ χρησιμοποίησις τῶν εἰδικῶν χαλύβων, τῶν κραμάτων ἀργίλου, τιτανίου, μαγνησίου, πυριτίου, ώς καὶ τῶν προϊόντων τῆς κονιομεταλλουργίας (Κεφάλ. 34), ὡδήγησεν εἰς τὰ ἐκπληκτικὰ ἐπιτεύγματα τῆς Ἐπιστήμης τοῦ Διαστήματος διὰ τὴν κατάκτησίν του.

‘Η ἐπιστημονικὴ ἔρευνα συνεχίζεται ἀδιαλείπτως εἰς τὸν τομέα τῶν μετάλλων καὶ κραμάτων μὲ ἀντικειμενικὸν πάντοτε σκοπὸν τὴν ἀνάπτυξιν νέων μεθόδων καὶ μέσων παραγωγῆς πρὸς θεραπείαν τῶν ποικίλων ἀναγκῶν τῆς τεχνικῆς.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Θεωροῦμεν σκόπιμον, πρὸς καλυτέραν κατανόησιν τῶν ἴδιοτήτων τῶν μετάλλων καὶ τῆς κρυσταλλικῆς των δομῆς, νὰ ἀναφέρωμεν ὀλίγα ἀπὸ τὴν ἀτομικὴν θεωρίαν.

2.1 Μόρια καὶ ἄτομα.

Τὰ ύλικὰ σώματα, ὅπως εἰναι γνωστὸν ἐκ τῆς Χημείας, διαιροῦνται εἰς ἀπλᾶ καὶ εἰς σύνθετα (χημικαὶ ἐνώσεις). Τὰ ἀπλᾶ σώματα καλοῦνται καὶ χημικὰ στοιχεῖα ἢ ἀπλῶς στοιχεῖα.

Τὰ μικρότερα τεμαχίδια τῆς ὑλῆς, τὰ ὅποια δὲν εἰναι δυνατὸν νὰ ὑποδιαιρεθοῦν περαιτέρω μὲ μηχανικὰ μέσα, ὀνομάζονται μόρια. Τὰ μόρια ἐνὸς σώματος εἰναι ἐντελῶς ὅμοια μεταξύ των καὶ ἔχουν τὰς αὐτὰς φυσικὰς καὶ χημικὰς ἴδιότητας μὲ τὸ ἀρχικὸν σῶμα, ἀπὸ τὸ ὅποιον προέρχονται. Ἐπὶ πλέον, ἐνῶ τὰ μόρια τοῦ αὐτοῦ σώματος εἰναι ὅμοια μεταξύ των, δὲν ὅμοιάζουν μὲ τὰ μόρια ἄλλου σώματος.

Μὲ χημικὰ μέσα εἰναι δυνατὸν τὸ μόριον ἐνὸς στοιχείου νὰ διαχωρισθῇ ἀκόμη περισσότερον. Τὰ ἐλάχιστα τεμαχίδια τῆς ὑλῆς, εἰς τὰ ὅποια διαιρεῖται τὸ μόριον ἐνὸς στοιχείου, μὲ χημικὰ ὅμως μέσα, ὀνομάζονται ἄτομα. Τὰ μόρια τῶν συνθέτων σωμάτων διασπῶνται εἰς τὰ ἄτομα τῶν στοιχείων, ἐκ τῶν ὅποιών ἀποτελεῖται τὸ σύνθετον σῶμα.

Τὰ ἄτομα τοῦ αὐτοῦ στοιχείου, ὅπως π.χ. τοῦ σιδήρου, τοῦ θείου, τοῦ ἄνθρακος κ.λπ., εἰναι ὅμοια μεταξύ των, κάθε δὲ στοιχείου ἔχει ἄτομα, ποὺ διαφέρουν ἀπὸ τὰ ἄτομα οίουδήποτε ἄλλου στοιχείου.

Τὰ μέχρι σήμερον γνωστὰ χημικὰ στοιχεῖα εἰναι 102, ἐκ τῶν ὅποιών τὰ 88 συναντῶνται εἰς τὴν φύσιν καὶ τὰ 14 παράγονται τεχνητῶς.

Τὰ μόρια κάθε στοιχείου ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὅμοια μεταξύ των ἄτομα, ὅπως π.χ. τὸ μόριον τοῦ ὀξυγόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἄτομα ὀξυγόνου, ἐνῶ τὸ μόριον τοῦ θείου ἀπὸ ὀκτὼ ἄτομα θείου. Τὰ μόρια ὅμως τῶν συνθέτων σωμάτων (χημικῶν ἐνώσεων) ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἄτομα τῶν στοιχείων, ποὺ λαμβάνουν μέρος εἰς τὴν χημι-

κήγη ἔνωσιν. Ἔτσι, τὸ μόριον τοῦ ὕδατος περιλαμβάνει ἔνα ἄτομον ὀξυγόνου και δύο ἄτομα ὑδρογόνου, τοῦ δὲ θειούχου σιδήρου ἔνα ἄτομον σιδήρου και ἔνα ἄτομον θείου.

2 · 2 Ἡ δομὴ τοῦ ἄτομου.

Συμφώνως πρὸς τὰ στημερινὰ ἐπιστημονικὰ δεδομένα, τὸ ἄτομον οίουδήποτε στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν πυρῆνα, ποὺ καταλαμβάνει τὸ κέντρον τοῦ ἄτομου και ἀπὸ τὰ πλανητικὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ διαγράφουν γύρω ἀπὸ τὸν πυρῆνα ἐλλειπτικὰς τροχιάς.

Τὸ ἄτομον κάθε στοιχείου, ἀν τοῦτο θεωρηθῇ ἐλεύθερον, δηλαδὴ χωρὶς νὰ δέχεται ἐπιδράσεις ἀπὸ τὸ περιβάλλον, περιλαμβάνει ὥρισμένον ἀριθμὸν ἡλεκτρονίων. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἡλεκτρονίων αὐτῶν καλεῖται ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου.

‘Ο πυρῆν ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο εἰδῶν σωματίδια, τὰ πρωτόνια και τὰ νετρόνια ἢ οὐδετερόνια. Τὰ δύο μαζὶ ὀνομάζονται νουκλεόνια.

‘Ο ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων τοῦ ἄτομου εἶναι ἵσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ἡλεκτρονίων του.

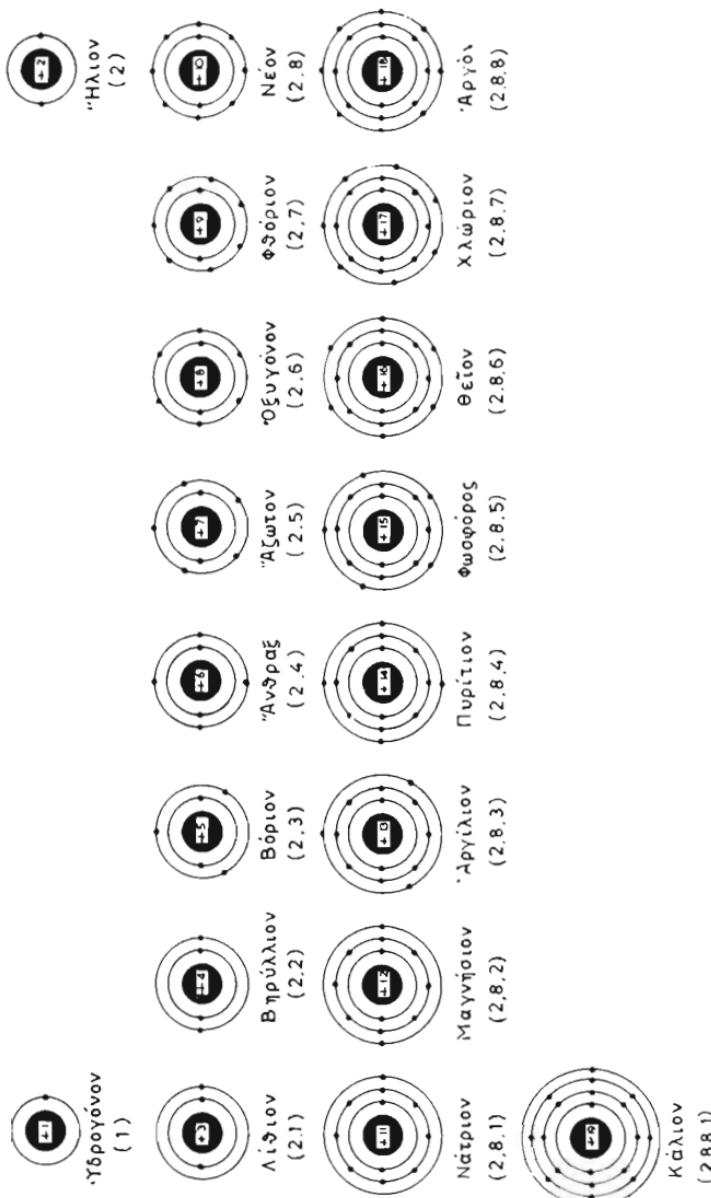
‘Ο ἀριθμὸς τῶν νουκλεονίων τοῦ ἄτομου ὀνομάζεται μαζικὸς ἀριθμὸς αὐτοῦ.

Εἰς τὴν φύσιν, πολλὰ ἀπὸ τὰ στοιχεῖα εἶναι *ἰσότοπα*. Τὰ ισότοπα τοῦ αὐτοῦ στοιχείου ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν μὲ αὐτό, διαφορετικὸν ὅμως μαζικὸν ἀριθμόν. Κατὰ συνέπειαν ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν ἡλεκτρονίων και ὡς ἐκ τούτου τὰς αὐτὰς ἀκριβῶς χημικὰς ιδιότητας. Ἐπίστης ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτονίων, δλλὰ διαφορετικὸν ἀριθμὸν νετρονίων.

‘Η μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι πολὺ μικρά, ἀν συγκριθῇ μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου ἢ τοῦ νετρονίου (1 : 1836). Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἄτομου εἶναι συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρῆνα του, εἶναι δὲ τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου εἶναι μεγαλύτερος. ‘Η μᾶζα τοῦ πρωτονίου ἐν ἡρεμίᾳ εἶναι $1,672 \cdot 10^{-24}$ g.

Τὸ ἡλεκτρόνιον φέρει τὸ στοιχειῶδες εἰς τὴν φύσιν ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον ($1,6 \cdot 10^{-19}$ κουλόμ), τὸ πρωτόνιον φέρει τὸ στοιχειῶδες θετικὸν φορτίον (ἴσον και ἀντίθετον ὡς πρὸς τὸ φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου), τὸ δὲ νετρόνιον οὐδὲν ἡλεκτρικὸν φορτίον φέρει (εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερον).

‘Αφοῦ δὲ ἀριθμὸς τῶν ἡλεκτρονίων ἐνὸς ἄτομου ίσοῦται μὲ τὸν



Σχ. 2.2.

Παραστατική διάταξης των ήλεκτρονίων και πρωτονίων των στοιχείων. Οι έντος παρενθέσεως άριθμοι δεικνύουν την άριθμη των ήλεκτρονίων καθε ήλεκτρονικού φλοιού του μπόμου, όπως π.χ. το άργιλον (2.8.3) έχει δύο ήλεκτρά εις την έσωτατον ήλεκτρονικού φλοιού, δύτικα ήλεκτρά εις την έσωτατον ήλεκτρονικού φλοιού.

ἀριθμὸν πρωτονίων τοῦ αὐτοῦ ἀτόμου, ἔπειται ὅτι τὸ ἄτομον, ὅταν εύρισκεται ἐλεύθερον, παρουσιάζεται ὡς ἡλεκτρικῶς οὐδέτερον.

Τὸ ὑδρογόνον, τὸ ἐλαφρότερον ἀπὸ ὅλα τὰ στοιχεῖα, ἔχει τὸ ἀπλούστερον ἄτομον. Ὁ πυρῆν τοῦ ἀτόμου του ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα πρωτόνιον, ἐνῷ γύρω ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν, συγκριτικῶς πρὸς τὰς διαστάσεις του, περιστρέφεται εἰς ἐλειπτικὴν τροχιάν ἐνα ἡλεκτρόνιον.

Τὸ οὐράνιον, τὸ βαρύτερον ἀπὸ ὅλα τὰ στοιχεῖα, ἔχει πυρῆνα μὲ 92 πρωτόνια καὶ 146 νετρόνια. Γύρω ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ εἰς ἐπτὰ ἡλεκτρονικοὺς φλοιοὺς περιστρέφονται 92 ἡλεκτρόνια.

Εἰς τὸ σχῆμα 2 · 2 φαίνεται ἡ συγκρότησις ἀτόμων ὡρισμένων στοιχείων.

2 · 3 Σχηματισμὸς τῶν χημικῶν ἐνώσεων. Ἀτομικοὶ δεσμοί.

‘Ως γνωστόν, τὰ διάφορα ἀπλᾶ στοιχεῖα ἀντιδροῦν μεταξύ των ὑπὸ συνθήκας καταλλήλους καὶ σχηματίζουν νέα σώματα, ποὺ ὁνομάζομεν χημικὰς ἐνώσεις. Ἐξαίρεσιν ἀποτελοῦν τὰ εὔγενη ἀέρια, ὅπως είναι τὸ ἥλιον, τὸ νέον, τὸ ἀργὸν καὶ ἄλλα, τὰ ὅποια είναι χημικῶς ἀδρανῆ, δηλαδὴ δὲν σχηματίζουν χημικὰς ἐνώσεις. Ἐξ ἄλλου τὰ εὔγενη ἀέρια φέρουν εἰς τὸν ἔξωτατον ἡλεκτρονικὸν φλοιόν των ὀκτὼ ἡλεκτρόνια (σχ. 2 · 2) μὲ ἔξαίρεσιν μόνον τὸ ἥλιον, τὸ ὅποιον φέρει δύο ἡλεκτρόνια. Πιστεύεται ὅτι ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀκτὼ ἡλεκτρονίων τοῦ ἔξωτάτου ἡλεκτρονικοῦ φλοιοῦ ἀποτελεῖ τὸ αἴτιον, ποὺ ἔξασφαλίζει τὴν σταθερότητα τῶν στοιχείων αὐτῶν ἀπὸ ἀπόψεως χημικῆς συμπεριφορᾶς. Ἐπειταὶ συνεπῶς ὅτι διὰ νὰ γίνῃ μία χημικὴ ἐνώσις, θὰ πρέπει ὁ ἔξωτατος ἡλεκτρονικὸς φλοιὸς τῶν ἀτόμων, τὰ ὅποια πρόκειται νὰ ἀντιδράσουν, νὰ μὴ ἔχῃ τὴν διαμόρφωσιν τῶν εὐγενῶν ἀερίων, δηλαδὴ ὀκτὼ ἡλεκτρόνια. Ὅταν ὅμως τὰ ἄτομα ἀποκτήσουν ὀκτὼ ἡλεκτρόνια εἰς τὸν ἔξωτατον ἡλεκτρονικὸν φλοιόν των, τότε διακόπτεται κάθε περαιτέρω ἀντίδρασις μεταξύ των.

Αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων κατὰ συνέπειαν ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν ἡλεκτρονίων, ποὺ φέρει ὁ ἔξωτατος ἡλεκτρονικὸς φλοιός των· καὶ τοῦτο, διότι τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ είναι καὶ τὰ ὀλιγώτερον δεσμευμένα ἀπὸ τὸν πυρῆνα, ἔρχονται δὲ πρῶτα εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν ἡλεκτρονίων τῶν ξένων ἀτόμων. Ὁ ἔξωτατος ἡλεκτρονικὸς

φλοιὸς ὀνομάζεται φλοιὸς σθένους τοῦ στοιχείου, τὰ δὲ ἡλεκτρόνια τοῦ φλοιοῦ αὐτοῦ ἡλεκτρόνια σθένους.

Κατὰ τὰς διαφόρους ἀντιδράσεις, τὸ ἄτομον προσλαμβάνει ἥ ἀποβάλλει ἡλεκτρόνια, μέχρις ὅτου ὁ φλοιὸς σθένους του συμπληρωθῇ μὲ δόκτω ἡλεκτρόνια, ὅπότε τὸ ἄτομον ἐμφανίζεται ὡς ίόν.

Τὰ στοιχεῖα, ποὺ ἔχουν τάσιν νὰ προσλαμβάνουν ἡλεκτρόνια (ἐκεῖνα ποὺ φέρουν εἰς τὸν φλοιὸν σθένους 7, 6, 5 ἥ καὶ 4 ἐνίστε ἡλεκτρόνια) καὶ νὰ γίνωνται ἀρνητικὰ ίόντα, ὀνομάζονται ἡλεκτραρνητικά.

Τὰ στοιχεῖα, ποὺ ἔχουν τάσιν νὰ ἀποβάλλουν ἡλεκτρόνια (ἐκεῖνα, ποὺ φέρουν εἰς τὸν φλοιὸν σθένους 1, 2, 3 ἥ καὶ 4 ἐνίστε ἡλεκτρόνια) καὶ νὰ παρουσιάζωνται ὡς θετικὰ ίόντα, ὀνομάζονται ἡλεκτροθετικά.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ὕσων ἀνεφέραμεν, παρατηροῦμεν ἐν γένει ὅτι τὰ ἄτομα συνδέονται μεταξύ των κατὰ τρεῖς τρόπους, δημιουργοῦνται δηλαδὴ τρία εἰδη ἀτομικῶν δεσμῶν, ὅπως λέγομεν:

- α) 'Ο ἑτεροπολικὸς ἥ ιοντικὸς δεσμός.
- β) 'Ο όμοιοπολικὸς δεσμός.
- γ) 'Ο μεταλλικὸς δεσμός.

1) 'Ο ἑτεροπολικὸς ἥ ιοντικὸς δεσμός.

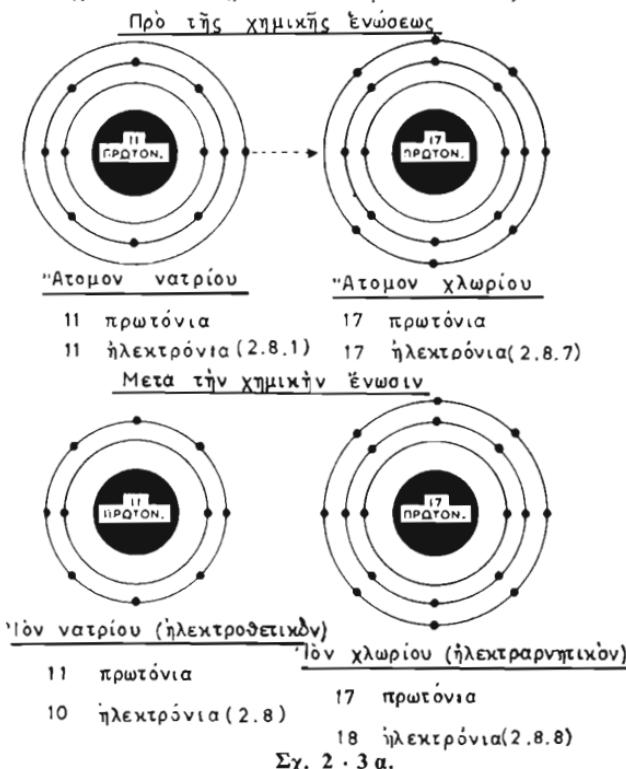
Τὸ εἶδος αὐτὸς ἀτομικοῦ δεσμοῦ συναντᾶται εἰς τὰ στερεὰ σώματα τῆς Ἀνοργάνου Χημείας καὶ παρατηρεῖται, ὅταν ἡλεκτροθετικὰ στοιχεῖα (μέταλλα) συναντήσουν ἡλεκτραρνητικά (άμεταλλα). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὰ ἄτομα τοῦ ἡλεκτροθετικοῦ στοιχείου ἀποβάλλουν τὰ ἡλεκτρόνια σθένους, ἐνῶ τὰ ἄτομα τοῦ ἡλεκτραρνητικοῦ στοιχείου τὰ προσλαμβάνουν ούτως, ὡστε ὁ φλοιὸς σθένους των νὰ ἀποκτήσῃ δομὴν εὐγενοῦς ἀρείου.

'Ως παράδειγμα φέρουμεν τὸ χλωριούχον νάτριον. Τὸ νάτριον είναι μέταλλον, δηλαδὴ ἡλεκτροθετικὸν στοιχεῖον μὲ ἓνα ἡλεκτρόνιον σθένους. Τὸ χλωρίον είναι ἀμέταλλον μὲ 7 ἡλεκτρόνια σθένους. Κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ χλωριούχου νατρίου τὸ ἓνα ἡλεκτρόνιον σθένους τοῦ νατρίου συμπληρώνει τὰ ἐπτά ἡλεκτρόνια σθένους τοῦ χλωρίου. "Ετσι, δπως φαίνεται καὶ εἰς τὸ σχῆμα $2 \cdot 3\alpha$, ὁ φλοιὸς σθένους καὶ τῶν δύο ἀτόμων (τοῦ νατρίου καὶ τοῦ χλωρίου) είναι συμπεπληρωμένος μὲ δόκτω ἡλεκτρόνια, ἐπὶ πλέον δὲ τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει καταστῆ θετικὸν ίόν, διότι ἔχει ἀπολέσει ἓνα ἡλεκτρόνιον, καὶ τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου ἀρνητικὸν ίόν, διότι ἔχει προσλάβει ἓνα ἡλεκτρόνιον. Τὰ δύο αὐτὰ ίόντα ἔλκονται μεταξύ των, διότι φέρουν ἡλεκτρικὸν φορτίον ἀντιθέτου σημείου.

2) 'Ο όμοιοπολικὸς δεσμός.

'Ο όμοιοπολικὸς δεσμὸς συναντᾶται κυρίως εἰς τὰς δργανικὰς ἐνώσεις. Κατ'

αὐτόν, δὲν παρατηρεῖται μεταφορά ἡλεκτρονίων ἀπὸ τοῦ ἀτόμου τοῦ ἐνὸς στοιχείου πρὸς τὸ ἄτομον τοῦ ἄλλου. Ἀντ' αὐτοῦ, ώρισμένος ἀριθμὸς ἡλεκτρονίων σθένους εἶναι κοινὸς μεταξύ τῶν δύο ἀτόμων. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἶναι δυνατὸν καὶ τὰ δύο ἄτομα νὰ ἔχουν συμπεπληρωμένον τὸν φλοιὸν σθένους των.



Σχηματικὴ παράστασις τοῦ ἑτεροπολικοῦ δεσμοῦ τῶν ιόντων νατρίου καὶ χλωρίου κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ χλωριούχου νατρίου.

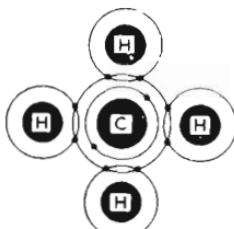
Εἰς τὸ μόριον τοῦ μεθανίου τέσσαρα ἄτομα ὑδρογόνου ἀντιδροῦν μὲ ἐνα ἄτομον ἀνθρακος. Τὸ ἄτομον τοῦ ἀνθρακος ἔχει τέσσαρα ἡλεκτρόνια σθένους, συνδέεται δὲ μὲ τέσσαρα ἄτομα ὑδρογόνου διὰ κοινῶν ζευγῶν ἡλεκτρονίων (σχ. 2 · 3 β). Ἔτσι, συμπληρώνονται τὰ ὅκτω ἡλεκτρόνια τοῦ φλοιοῦ σθένους τοῦ ἀνθρακος, ἐνῶ συγχρόνως κάθε ἄτομον ὑδρογόνου δανειζόμενον ἐνα ἡλεκτρόνιον σθένους ἀπὸ τὸν ἀνθρακα παρουσιάζει φλοιὸν σθένους μὲ δύο ἡλεκτρόνια, ως συμβαίνει διὰ τὸ εὐγενὲς ἀέριον ἥλιον.

3) Ὁ μεταλλικὸς δεσμός.

Ο δεσμὸς αὐτὸς συναντᾶται εἰς τὰ μέταλλα καὶ κράματα.

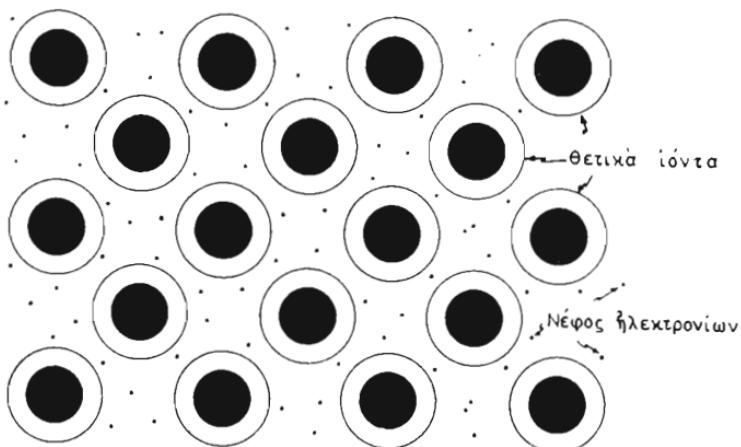
Τὰ ἡλεκτρόνια σθένους εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δὲν συγκρατοῦνται σταθερῶς ὑπὸ τῶν ἀτόμων, ἀλλὰ δύνανται νὰ μετακινοῦνται ἐλευθέρως εἰς ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου. "Ετσι, τὰ ἡλεκτρόνια σθένους δὲν σχετίζονται ἀποκλειστικῶς πλέον μὲν ὠρισμένον ἀτομον, ἀλλὰ κατανέμονται οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζεται νέφος ἡλεκτρονίων (σχ. 2·3 γ), ἀρνητικῶς βεβαίως φορτισμένον καὶ κοινὸν δι' ὅλα τὰ ἡλεκτροθετικὰ ιόντα τοῦ μετάλλου.

Τὸ γεγονὸς ὅτι τὰ ἡλεκτρόνια σθένους εἶναι σχετικῶς ἐλεύθερα νὰ μετακινοῦνται, δύναται νὰ ἔξιγήσῃ τὴν ὑψηλὴν ἡλεκτρικὴν καὶ θερμικὴν ἀγωγιμότητα τῶν μετάλλων. 'Ο μεταλλικὸς δεσμὸς δικαιολογεῖ ἐπίσης καὶ τὴν πλαστικότητα τῶν μετάλλων (παράγρ. 2·4), διότι στρώματα θετικῶν ιόντων, ἀν ἐπιδράσουν ἐπ' αὐτῶν δυνάμεις, δύ-



Σχ. 2·3 β.

Σχηματικὴ παράστασις τοῦ δμοιοπολικοῦ δεσμοῦ κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ μεθανίου.



Σχ. 2·3 γ.

Σχηματικὴ παράστασις τοῦ μεταλλικοῦ δεσμοῦ.

νανται νὰ ὀλισθήσουν ἐπὶ ἄλλων γειτονικῶν στρωμάτων ιόντων, χωρὶς νὰ διαταραχθῇ σοβαρῶς ἡ σχέσις τῆς θέσεώς των ὡς πρὸς τὸ νέφος ἡλεκτρονίων, ἀπὸ τὸ ὅποιον δανείζονται τὰ ἡλεκτρόνια.

2 · 4 Ὁρισμὸς καὶ ιδιότητες τῶν μετάλλων.

Τὰ στοιχεῖα κατὰ βάσιν διακρίνονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας: εἰς τὰ μέταλλα καὶ τὰ ἀμέταλλα.

Ἡ διάκρισις αὐτὴ τῶν στοιχείων βασίζεται εἰς ὡρισμένας φυσικὰς καὶ χημικὰς ιδιότητας, ποὺ χαρακτηρίζουν τὴν μίαν ἢ τὴν ὅλην κατηγορίαν στοιχείων. Είναι δυνατὸν ὅμως, εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις, ἀμέταλλον νὰ ἔχῃ μίαν ἢ περισσότερας χαρακτηριστικὰς ιδιότητας μετάλλου, ὅπως π.χ. ὁ ἄνθραξ, ποὺ ἀν καὶ ἀμέταλλον είναι καλὸς ἀγαγὸς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, πρᾶγμα ποὺ ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὴν ιδιότητα τῶν μετάλλων.

Γενικῶς, δυνάμεθα νὰ δώσωμεν τὸν ἀκόλουθον ὄρισμὸν τοῦ μετάλλου:

Μέταλλον ὄνομάζεται τὸ στοιχεῖον, ποὺ λαμβάνεται ἀπὸ μετάλλευμα κατόπιν μεταλλουργικῆς ἐπεξεργασίας καὶ ἔχει εἰδικὴν λάμψιν — μεταλλικήν, ὅπως τὴν λέγομεν — καὶ ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ἔξαιρετικὰς ιδιότητας ἀντοχῆς καὶ πλαστικότητος, ὅπως θὰ ἴδωμεν εὐθὺς ἀμέσως.

Ἀναλυτικῷτερον, αἱ χαρακτηριστικαὶ ιδιότητες τῶν μετάλλων εἰς στερεὰν κατάστασιν είναι αἱ ἔξῆς, ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅμως ὅτι δὲν είναι ἀποκλειστικαὶ δι’ ὅλα τὰ μέταλλα:

- α) *Στερεὰ κατάστασις εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν.*
- β) *Χαρακτηριστικὴ μεταλλικὴ λάμψις.*
- γ) *Ἄργυρόφαιος χρωματισμός, πλὴν τοῦ χαλκοῦ (έρυθρὸς) καὶ τοῦ χρυσοῦ (κίτρινος).*
- δ) *Ἄδιαφάνεια.*
- ε) *Σχετικῶς ὑψηλὸν εἰδικὸν βάρος.*
- στ) *Υψηλὸν σημεῖον τήξεως.*
- ζ) *Υψηλὴ ἡλεκτρικὴ θερμικὴ ἀγωγιμότης.*
- η) *Μεγάλη μηχανικὴ ἀντοχὴ.*
- θ) *Πλαστικότης, ἡ διόποια ἐπιτρέπει τὴν μηχανικήν των μορφοποίησιν ἐν θερμῷ ἢ ἐν ψυχρῷ. Τὰ μέταλλα δηλαδὴ είναι εἰς διάφορον βαθμὸν ἔκαστον, ἐλατά. Αὔτὸ σημαίνει ὅτι είναι δυνατὸν μὲ σφυρηλασίαν ἢ εἰς ἔλαστρα νὰ προσλάβουν τὴν μορφὴν φύλλων ἢ ἔλασμάτων. Είναι ἐπίσης εἰς διάφορον πάλιν βαθμὸν ἔκαστον, ὅλκιμα. Δύνανται δηλαδὴ, εἰς συρματοποιητικὰς π.χ. μηχανὰς νὰ ἐλκυσθοῦν (τραβηχθοῦν) καὶ νὰ λάβουν μορφὴν σύρματος.*

- ι) Είναι σώματα κρυσταλλικά (παράγρ. 2·5).
- ια) Παρουσιάζουν εύκολίαν εἰς τὸ νὰ σχηματίζουν κράματα.
- ιβ) Είναι ἡλεκτροθετικά στοιχεῖα.
- ιγ) Σχηματίζουν μετὰ τῶν ὀξέων ἄλατα καὶ μετὰ τῆς ρίζης — ΟΗ (ύδροξύλιον) ὑδροξείδια.
- ιδ) Ἐχουν ύψηλὸν σχετικῶς κόστος παραγωγῆς.
- Εἰς τὸν Πίνακα 2·4·1 ἀναγράφονται αἱ φυσικαὶ σταθεραὶ τῶν κυριωτέρων μετάλλων.

Π Ι Ν Α Ζ 2·4·1

Αἱ φυσικαὶ σταθεραὶ τῶν κυριωτέρων μετάλλων

Μέταλλον	Χημικὸν σύμβολον	Ἄτομικὸν βάρος (ἄνθραξ = 12,000)	Ειδικὸν βάρος [g/cm ³]	Σημεῖον τήξεως [°C]	Σχετικὴ ἡλεκτρικὴ ἀγωγιμότης (ἄργυρος = 100)
Ἄντιμόνιον	Sb	121,750	6,6	631	3,6
Ἄργιλον ('Ἀλουμίνιον)	Al	26,980	2,7	660	63
Ἄργυρος	Ag	107,870	10,5	961	100
Βανάδιον	V	50,942	6,1	1860	5
Βολφράμιον	W	183,850	19,3	3410	14
Κάδμιον	Cd	112,400	8,6	321	24
Κασσίτερος	Sn	118,690	7,3	232	14
Κοβάλτιον	Co	58,933	8,9	1495	17
Μαγγάνιον	Mn	54,938	7,4	1245	16
Μαγνήσιον	Mg	24,312	1,7	650	39
Μολυβδαίνιον	Mo	95,94	10,2	2620	18
Μόλυβδος	Pb	207,690	11,3	327	8,4
Νικέλιον	Ni	58,710	8,9	1453	13
Σίδηρος	Fe	55,847	7,9	1537	17
Τιτάνιον	Ti	47,900	4,5	1668	14
Χαλκός	Cu	63,540	9,0	1083	98
Χρυσός	Au	196,967	19,3	1063	77
Χρώμιον	Cr	52,010	7,2	1890	16
Ψευδάργυρος	Zn	65,370	7,1	420	30

2·5 Ή κρυσταλλική δομὴ τῶν μετάλλων.

Εἰς τὴν παράγραφον αὐτὴν θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν κρυσταλλι-

κήν δομήν τῶν μετάλλων, πρᾶγμα ποὺ ἔχει μεγάλην σημασίαν διὰ τὴν μελέτην των.

1) Κρυσταλλικὰ πλέγματα.

"Οπως ἔχει ἡδη ἀναφερθῆ (παράγρ. 2·4), τὰ μέταλλα ἔχουν κρυσταλλικήν δομήν καὶ τοῦτο ἀποτελεῖ θεμελιώδη ιδιότητα τῶν μετάλλων.

Διακρίνομεν ἐν γένει δύο εἰδη σωμάτων: τὰ ἄμορφα καὶ τὰ κρυσταλλικά. Εἰς τὰ ἄμορφα σώματα, τὰ ἄτομα διατάσσονται κατὰ τρόπον ἀκανόνιστον καὶ καταλαμβάνουν θέσεις, αἱ ὅποιαι οὐδεμίαν σχέσιν ἔχουν μὲ τὰς θέσεις τῶν γειτονικῶν των ἀτόμων. Εἰς τὰ κρυσταλλικὰ ὅμως σώματα, τὰ ἄτομα (ἢ καλύτερον τὰ θετικὰ ίόντα διὰ τὰ μέταλλα) λαμβάνουν θέσεις μὲ διάταξιν εἰς τὸν χῶρον, ποὺ ἀκολουθεῖ ὠρισμένην κανονικήν γεωμετρικήν μορφήν. 'Η διάταξις αὐτὴ τῶν ἀτόμων τῶν κρυσταλλικῶν σωμάτων δὲν εἶναι ἡ ίδια, ἀλλὰ ποικίλλει ἀναλόγως τοῦ εἴδους τοῦ σώματος. 'Η ἀναφερθείσα διάταξις τῶν ἀτόμων τῶν κρυσταλλικῶν σωμάτων εἰς τὸν χῶρον ἀποτελεῖ ὅ,τι ὀνομάζομεν κρυσταλλικὸν πλέγμα.

'Υπάρχουν δεκατέσσαρες (14) τύποι κρυσταλλικῶν πλεγμάτων, πλὴν ὅμως τὰ περισσότερα τῶν μετάλλων κρυσταλλοῦνται κατὰ τὰ ἔξης τρία ἀπλᾶ καὶ μεγάλης συμμετρίας κρυσταλλικὰ πλέγματα (σχ. 2·5 α):

- α) Τὸ χωροκεντρωμένον κυβικόν.
- β) Τὸ ἔδροκεντρωμένον κυβικόν.
- γ) Τὸ μεγίστης πυκνότητος ἔξαγωνικόν.

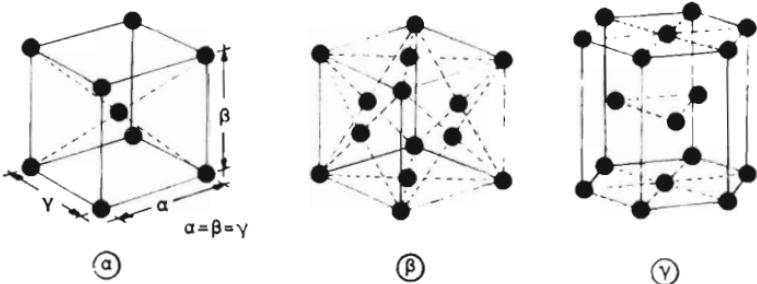
Κατὰ τὴν μελέτην τῶν κρυσταλλικῶν αὐτῶν πλεγμάτων θεωροῦμεν ὅτι τὰ ἄτομα εἶναι στερεαὶ σφαῖραι, χωρὶς νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ ὑπόλοιπος ἀτομικὴ δομή, δηλαδὴ τὰ ἡλεκτρόνια.

Εἰς τὸ χωροκεντρωμένον κυβικὸν πλέγμα τὰ κέντρα βάρους τῶν ἀτόμων (σφαιρῶν) καταλαμβάνουν τὰς κορυφὰς καὶ τὸ γεωμετρικὸν κέντρον τοῦ στοιχειώδους κυττάρου (στοιχειώδους κύβου) τοῦ πλέγματος. Εἰς κάθε στοιχειώδες κύτταρον ἀντιστοιχοῦν δύο ἀτομα. Πολλὰ στοιχειώδη κύτταρα ἀποτελοῦν τὸ πλέγμα.

Εἰς τὸ ἔδροκεντρωμένον κυβικὸν πλέγμα τὰ κέντρα βάρους τῶν ἀτόμων καταλαμβάνουν τὰς κορυφὰς καὶ τὰ γεωμετρικὰ κέντρα τῶν ἔδρῶν τοῦ στοιχειώδους κύβου τοῦ πλέγματος. Εἰς κάθε στοιχειώδην

κύβον ἀντιστοιχοῦν τέσσαρα ἄτομα εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆν.

Εἰς τὸ μεγίστης πυκνότητος ἔξαγωνικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα τὰ κέντρα βάρους τῶν ἀτόμων διατάσσονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα $2 \cdot 5 \alpha (\gamma)$. Εἰς κάθε στοιχειῶδες κύτταρον ἀντιστοιχοῦν ἔχει ἄτομα.



Σχ. 2.5 α.

Οἱ τρεῖς βασικοὶ τύποι κρυσταλλικῶν πλεγμάτων τῶν μετάλλων: α) Χωροκεντρωμένον κυβικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα: Βανάδιον, μολυβδίνιον, βιολφράμιον, α-σίδηρος, δ-σίδηρος, α-χρώμιον κ.λπ. β) Ἐδροκεντρωμένον κυβικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα: Χαλκός, ἄργυρος, χρυσός, ἀργιλίον, μόλυβδος, γ-σίδηρος, β-χρώμιον, β-κοβάλτιον, β-νικέλιον κ.λπ. γ) Μεγίστης πυκνότητος ἔξαγωνικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα: Βηρύλλιον, μαγνήσιον, ψευδάργυρος, κάδμιον, α-κοβάλτιον, α-νικέλιον κ.λπ.

2) Ή στερεοποίησις (ἢ κρυστάλλωσις) τῶν μετάλλων.

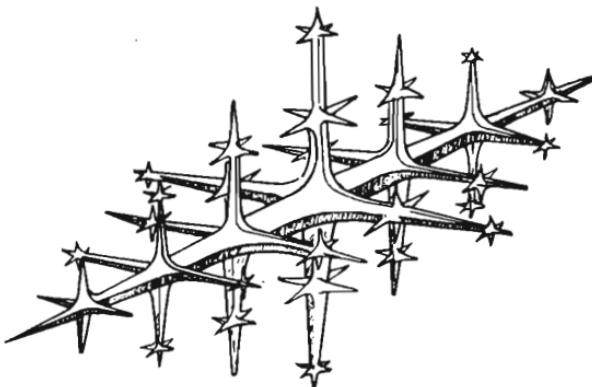
Μὲ τὰς γνώσεις, ποὺ ἔχομεν ἀποκτήσει μέχρι τώρα διὰ τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τῶν μετάλλων, ἃς παρακολουθήσωμεν τὸν τρόπον, μὲ τὸν ὁποῖον ἔνα καθαρὸν μέταλλον στερεοποιεῖται ἢ κρυσταλλοῦται, ἀποκτᾶ δηλαδὴ τὴν κρυσταλλικὴν του δομὴν ἀπὸ τὴν ὑγράν του κατάστασιν (τῆγμα).

"Οταν ἀρχίσῃ τὸ τῆγμα νὰ ἀποψύχεται (δι' ἀφαιρέσεως θερμότητος) καὶ ἀποκτήσῃ ώρισμένην θερμοκρασίαν, χαρακτηριστικὴν διὰ κάθε καθαρὸν μέταλλον (σημεῖον πήξεως ἢ τήξεως, διότι ἀμφότεραι, ἡ πῆξις καὶ ἡ τήξις τοῦ μετάλλου συντελοῦνται εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν), τότε ἀρχίζει ἢ στερεοποίησίς του.

'Αρχικῶς, σχηματίζεται εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ τῆγματος μικροσκοπικὸς κρύσταλλος, ἀμέσως δὲ κατόπιν, ἐφ' ὅσον ἡ ἀπόψυξις συνεχίζεται, σχηματίζονται καὶ ἄλλοι μικροσκοπικοὶ κρύσταλλοι εἰς τυχαίας θέσεις, οἱ ὁποῖοι ὀνομάζονται φύτρα ἢ κέντρα κρυσταλλώσεως.

Εἰς τὰς θέσεις, ὅπου ἔχουν δημιουργηθῆ φύτρα, ἀρχίζει ὁ σχηματισμὸς τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς μὲ προσθήκην ἀτόμων εἰς θέσεις, ποὺ καθορίζονται ἐπακριβῶς ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος τοῦ συγκεκριμένου μετάλλου.

Ἐφ' ὅσον ἡ στερεοποίησις συνεχίζεται, εἰς τὰ φύτρα προστίθενται καὶ ἄλλα ἀτομα, ἀρχίζουν δὲ νὰ σχηματίζωνται κρύσταλλοι, ἐνῶ εἰς ἄλλας νέας τυχαίας θέσεις δημιουργοῦνται νέα φύτρα, τῶν ὅποιων ὁ ἀριθμὸς περιορίζεται, καθὼς ἡ ἀπόψυξις προχωρεῖ. Οἱ κρύσταλλοι αὐτοὶ ἔχουν μορφὴν δενδριτῶν, δηλαδὴ κρυσταλλικῶν σκελετῶν, ἐκ τῆς σπονδυλικῆς στήλης τῶν ὅποιών ἐκφύονται κλάδοι, ἀπὸ αὐτού ἄλλοι δευτερεύοντες κλάδοι καὶ οὕτω καθ' ἔξῆς (σχ. 2 · 5 β). Οἱ κλάδοι τῶν δενδριτῶν συνεχίζουν ἀναπτυσσόμενοι, μέχρις ὅτου ὁ χῶρος μεταξύ των καταληφθῆ ἐντελῶς ἀπὸ στερεοποιημένον μέταλλον.

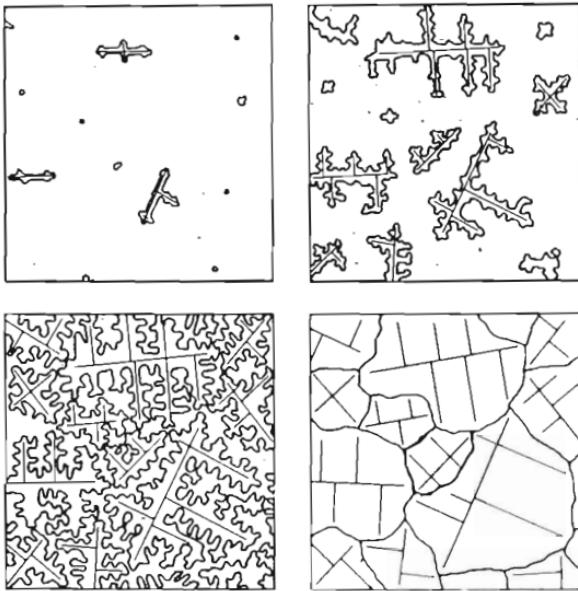


Σχ. 2 · 5 β.
Μορφὴ δενδρίτου.

Ἐν τῷ μεταξύ οἱ ἔξωτερικοὶ κλάδοι τῶν δενδριτῶν, κατὰ τὴν ἀναπτυξίν των, ἐφάπτονται μὲ κλάδους ἄλλων γειτονικῶν δενδριτῶν, ποὺ ἔχουν ἀναπτυχθῆ ἀνεξαρτήτως ἀπὸ ἄλλα φύτρα. Ἔτσι, εἰς τὰς θέσεις ἐπαφῆς τῶν κλάδων διαφορετικῶν δενδριτῶν καθίσταται ἀδύνατος ἡ περασιτέρω ἀναπτυξίς. Ὁ τρόπος αὐτὸς τῆς δημιουργίας τῶν κρυστάλλων κατὰ τὴν στερεοποίησιν μετάλλου ἔχει τὸ ἀκανόνιστον ἐν γένει σχῆμα των.

Εἰς τὸ σχῆμα 2 · 5 γ φαίνεται σχηματικῶς ἡ πορεία τῆς στερεοποιήσεως μετάλλου.

"Οταν συμπληρωθῇ ἡ στερεοποίησις, τὸ μέταλλον ἀποτελεῖται ἀπὸ κόκκους ἢ κρυσταλλίτας. Τὸ μέταλλον δηλαδὴ δὲν ἀπαρτίζεται ἀπὸ συνεχὲς κρυσταλλικὸν πλέγμα (μονοκρύσταλλος), ἀλλὰ ἀπὸ πολλοὺς κρυσταλλίτας, ποὺ σχηματίζονται, ὅπως ἔχει ἀναφερθῆ, κατὰ τὴν στερεοποίησιν μὲν ιδιαίτερον ὅμως ὁ καθεὶς προσανατολισμόν.



Σχ. 2·5γ.

Σχηματική παράστασις ἐξελίξεως τῆς στερεοποιήσεως μετάλλου.

Αἱ ἑπιφάνειαι ἐπαφῆς τῶν δευδριτῶν ἀποτελοῦν τὰ ὄρια τῶν κόκκων. Εἰς τὴν μικροφωτογραφίαν τοῦ σχήματος 2·5δ δίδεται ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ σφυρηλάτου σιδήρου τοῦ ἐμπορίου, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ κρυσταλλογραφικὸν μικροσκόπιον (παράγρ. 17·2).

Τὰ μέταλλα, τὰ ὅποια στερεοποιοῦνται κατὰ τὸν τρόπον ποὺ ἀνεφέραμεν, ὀνομάζονται πολυκρυσταλλικά.

Τὰ μέταλλα δὲν εἶναι συνήθως ἀπολύτως καθαρά, ἀλλὰ περιέχουν διαφόρους ἀκαθαρσίας, ὅπως εἶναι τὸ θεῖον, ὁ φωσφόρος καὶ ἄλλαι (παράγρ. 20·3 διὰ τοὺς χάλυβας). Αἱ ἀκαθαρσίαι αὗται καταλαμβάνουν τὰ ὄρια τῶν κόκκων, διότι ἔχουν τὴν τάσιν νὰ παραμένουν μετὰ τοῦ μετάλλου, τὸ ὅποιον στερεοποιεῖται τελευταῖον. Ἡ παρουσία

τῶν ἀκαθαρσιῶν ἐπηρεάζει σημαντικῶς τὰς ιδιότητας τοῦ μετάλλου.

Λόγω τοῦ διαφορετικοῦ προσανατολισμοῦ τῶν ἀτόμων τοῦ μετάλλου εἰς κάθε κόκκον, είναι φανερὸν ὅτι τὰ ἄτομά του δὲν διατάσσονται εἰς τὰ ὄρια τῶν κόκκων συμφώνως πρὸς τὸ κανονικὸν πλέγμα τοῦ μετάλλου. Οἱ κόκκοι, κατὰ συνέπειαν, θὰ πρέπει νὰ ἔχουν διαφορετικὰς μηχανικὰς ιδιότητας, ἀπὸ ἐκείνας ποὺ ἔχουν τὰ ὄρια τῶν κόκκων. "Ἔχει εὐρεθῆ, ὅτι εἰς χαμηλὰς θερμοκρασίας τὰ ὄρια τῶν κόκκων ἔχουν μεγαλυτέραν ἀντοχὴν ἀπὸ τοὺς κόκκους, ἐνῶ τὸ ἀντίθετον συμβαίνει εἰς ύψηλὰς θερμοκρασίας. Ἐκ τούτου ἐπεται, ὅτι ὁ λεπτόκοκκος κρυσταλλικὸς ἴστος ἔχει μεαλυτέραν ἀντοχὴν εἰς χαμηλὰς θερμοκρασίας, διότι παρουσιάζει ἐκτεταμένα ὄρια κόκκων, ἐνῶ ἀντιθέτως ὁ χονδρόκοκκος ἔχει μεγαλυτέραν ἀντοχὴν εἰς ύψηλοτέρας θερμοκρασίας. Ἐν συμπεράσματι, τὸ μέγεθος τῶν



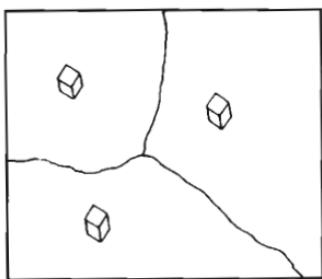
Σχ. 2·5 δ.

Μικροφωτογραφία σφυρηλάτου σιδήρου
(Μεγέθυνσις $\times 250$).

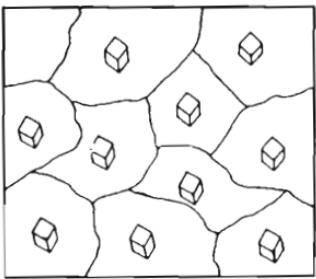
κόκκων ἔχει μεγάλην σημασίαν, ὅπως θὰ ᾔδωμεν, κατὰ τὰς μηχανικὰς καὶ θερμικὰς κατεργασίας τῶν μετάλλων καὶ τῶν κραμάτων.

Εἰς τὴν πρᾶξιν ἡ ταχύτης ἀποψύξεως τοῦ τήγματος (δηλαδή, ὁ ἀριθμὸς τῶν βαθμῶν πτώσεως τῆς θερμοκρασίας εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου) είναι τόσον ύψηλή, ὡστε τοῦτο ἀποκτᾶται συνήθως ἐντὸς ὀλίγου χρόνου θερμοκρασίαν κατωτέραν τοῦ σημείου τήξεως, προτοῦ ἀρχίσῃ ἡ στερεοποίησις (ύπόψυξις τοῦ τήγματος). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δημιουργοῦνται πολλὰ φύτρα καὶ μάλιστα τόσον περισσότερα, ὅσον ἡ ὑπόψυξις είναι μεγαλυτέρα. Τούτο ἔχει ως ἀποτέλεσμα τὴν ἐπίτευξιν λεπτοκόκκου κρυσταλλικοῦ ἴστοῦ, διότι ἡ ἀνάπτυξις κάθε δενδρίτου περιορίζεται ἀπὸ τὴν ἀνάπτυξιν τῶν γειτονικῶν του δενδριτῶν καὶ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐλαττοῦται τὸ μέγεθος τῶν κόκκων (σχ. 2·5 ε.).

Ἐδῶ ἐνδιαφέρει νὰ μελετήσωμεν τὴν μορφὴν καὶ τὸ μέγεθος τῶν κόκκων, ποὺ σχηματίζονται κατὰ τὴν χύτευσιν μετάλλου ἐντὸς μεταλλικῶν κυρίως τύπων (καλούπιῶν). Τοῦτο συμβαίνει εὐρύτατα εἰς τὴν πρᾶξιν κατὰ τὴν χύτευσιν μὴ σιδηρούχων κραμάτων (τοῦ ἀργίλου, μαγνησίου καὶ ψευδαργύρου), ἀλλὰ καὶ εἰς περιπτώσεις, ποὺ χρειάζεται ἐπιφανειακὴ σκληρότης εἰς χυτοσιδηρᾶ τεμάχια ἢ ὅταν πρόκειται νὰ χυτευθῇ μέγας ἀριθμὸς τεμαχίων.



(a)



(b)

Σχ. 2.5 ε.

Ἡ ἐπίδρασις τοῦ ἀριθμοῦ τῶν φύτρων ἐπὶ τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων:

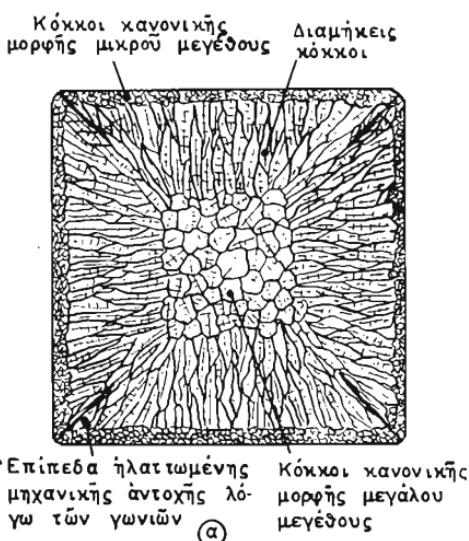
- α) Ὄλιγα φύτρα → μέγα μέγεθος κόκκων.
- β) Πολλὰ φύτρα → μικρὸν μέγεθος κόκκων.

Ἄς θεωρήσωμεν τὸ μεγάλων διαστάσεων χυτὸν τεμάχιον τοῦ σχήματος 2 · 5 στ. (β), τὸ ὅποιον προέκυψε διὰ χυτεύσεως ἐντὸς μεταλλικοῦ τύπου. Κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς στερεοποιήσεως τοῦ τήγματος, λόγω τῆς δυνατότητος ἀπαγωγῆς τῆς θερμότητος ἀπὸ τὰ τοιχώματα τοῦ μεταλλικοῦ τύπου, δημιουργεῖται σημαντικὴ ὑπόψυξις μὲν ἀποτέλεσμα νὰ δημιουργηθῇ μέγας ἀριθμὸς φύτρων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν τοιχωμάτων τοῦ τύπου, καὶ ἔξ αὐτοῦ νὰ σχηματισθῇ μετὰ τὴν στερεοποίησιν λεπτόκοκκος κανονικὸς κρυσταλλικὸς ἴστος.

Προχωροῦντες πρὸς τὸ κέντρον τοῦ τεμαχίου παρατηροῦμεν, ὅτι οἱ σχηματίζόμενοι δευδρῖται δὲν ἐπεκτείνονται πλαγίως, ἐμποδιζόμενοι ἀπὸ γειτονικούς, ἔχουν δόμως δυνατότητα ἀναπτύξεως εἰς κάθετον πρὸς τὰ τοιχώματα κατεύθυνσιν. Σχηματίζονται ἔτσι διαμήκεις κόκκοι.

Μετὰ πάροδον δόμως ὥρισμένου χρόνου ἡ θερμότης τοῦ τήγματος ἀπάγεται πρὸς τὰ τοιχώματα τοῦ τύπου μὲν χαμηλότερον ρυθμόν, λόγω τῆς παρουσίας τοῦ ἐν τῷ μεταξύ στερεοποιηθέντος μετάλλου, ἀρχίζει δὲ ὁ σχηματισμὸς τῶν κόκκων κατὰ τὸν συνήθῃ τρόπον. Οἱ κόκκοι δηλαδὴ ἀναπτύσσονται πρὸς πᾶσαν κατεύθυνσιν. Κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον, εἰς τὸν κρυσταλλικὸν ἴστον χυτοῦ τεμαχίου μεγάλου μεγέθους είναι δυνατὸν νὰ παρατηρήσωμεν τρεῖς διασκεριμένας ζώνας κόκκων διαφορετικοῦ σχήματος καὶ μεγέθους, ὅπως σχηματικῶς μᾶς δίδει τὸ σχῆμα 2 · 5 στ. (α).

Κατὰ τὴν χύτευσιν ἐντὸς ἄμμου δὲν σχηματίζονται ἐν γένει διαμήκεις κόκκοι. Κατὰ κανόνα τὰ χυτὰ εἰς τὴν περιπτώσιν αὐτὴν ἀποτελοῦνται ἀπὸ μεγάλους κόκκους ἀναπτυσσομένους πρὸς πᾶσαν κατεύθυνσιν.



Κόκκοι κανονικῆς
μορφῆς μεγάλου
μεγέθους



Σχ. 2 · 5στ.

Ο κρυσταλλικός ίστος χυτού τεμαχίου μεγάλων διαστάσεων ἐντὸς μεταλλικοῦ
τύπου: (α) Σχηματική παράστασις. (β) Μακροφωτογραφία.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 3

ΟΡΙΣΜΟΙ — ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ

3.1 Τὸ κρῆμα.

Κρῆμα καλεῖται κάθε μεταλλικὸν σῶμα, ποὺ σχηματίζεται δι' ἀναμίξεως δύο ἢ περισσοτέρων χημικῶν στοιχείων, κατὰ κανόνα εἰς κατάστασιν τήξεως, ἐκ τῶν ὅποιών τὸ ἔνα τουλάχιστον εἶναι μέταλλον (κύριον στοιχεῖον τοῦ κράματος).

Αἱ κυριώτεραι προσθῆκαι (προσμίξεις) κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ κράματος εἶναι ἄλλα μέταλλα, πολλάκις ὅμως καὶ ἀμέταλλα ἢ μεταλλοειδῆ, κυρίως δὲ ὁ ἀνθραξ.

Τὰ περισσότερα ἐκ τῶν ἐν χρήσει κραμάτων παράγονται μὲν ἀνάμιξιν τῶν στοιχείων, ποὺ τὰ ἀπαρτίζουν, εἰς κατάστασιν τήξεως· ὑπάρχουν ὅμως καὶ κράματα, ποὺ παράγονται κατ' ἄλλον τρόπον, ὥπως π.χ. τὰ κεραμευτικὰ κράματα τῆς κονιομεταλλουργίας (Κεφ. 34).

Τὰ κράματα ἀποτελοῦν τὴν κυρίαν ὕλην τῶν μεταλλικῶν κατασκευῶν. Καὶ τοῦτο, διότι διὰ τῆς κραματοποιίσεως ἐπιτυγχάνεται βελτίωσις τῶν μηχανικῶν ἴδιοτήτων τοῦ κυρίου μετάλλου, ὥπως εἶναι ἡ ἀντοχὴ εἰς ἐφελκυσμόν, τὸ ὄριον ἐλαστικότητος, ἡ δυσθραυστότης καὶ ἡ σκληρότης.

'Ἐπιτυγχάνεται ἐπίσης καὶ βελτίωσις τῆς ἀντοχῆς εἰς κόπωσιν, φθορὰν καὶ διάβρωσιν. 'Ο ἀνθρακοῦχος χάλυψ π.χ., ποὺ εἶναι κρῆμα σιδήρου καὶ ἀνθρακος καὶ μὲ τὸν ὅποιον θὰ ἀσχοληθῶμεν ἀρκετὰ εἰς τὰ ἐπόμενα, εἶναι πλέον ἀνθεκτικὸς ἀπὸ τὸν σιδήρον καὶ μάλιστα δύναται νὰ γίνη ἀκόμη ἀνθεκτικώτερος διὰ καταλλήλων θερμικῶν κατεργασιῶν.

Τὰ καθαρὰ μέταλλα χρησιμοποιοῦνται μόνον εἰς περιπτώσεις, ποὺ μᾶς ἔνδιαφέρουν αἱ ἰδιαίτεραι ἴδιότητές των, ὥπως εἶναι π.χ. ἡ ὑψηλὴ ἡλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τοῦ χαλκοῦ καὶ ἀργιλίου, τὰ ὅποια,

ώς ἐκ τούτου, χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατασκευὴν ἡλεκτρικῶν ἀγωγῶν.

Τὰ κράματα, ἀναλόγως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στοιχείων ποὺ περιλαμβάνουν, διακρίνονται εἰς διμερῆ (δύο στοιχεῖα), τριμερῆ (τρία στοιχεῖα) κ.λπ.

Τὰ διμερῆ κράματα, τὰ ὅποια καὶ κυρίως θὰ μελετήσωμεν εἰς τὰ ἔπομενα, χάριν ἀπλότητος, ἀλλὰ καὶ λόγω τῆς εὐρείας χρησιμοποίησεώς των εἰς τὴν πρᾶξιν, διακρίνονται εἰς κράματα μετάλλου - μετάλλου, εἰς κράματα μετάλλου - μεταλλοειδοῦς καὶ εἰς κράματα μετάλλου - ἀμετάλλου.

"Ας παρακολουθήσωμεν τώρα τί συμβαίνει, ὅταν δύο μέταλλα A καὶ B, ποὺ σχηματίζουν κράμα, ἀναμιγνύωνται εἰς κατάστασιν τήξεως καὶ κατόπιν ἀφήνωνται νὰ στερεοποιηθοῦν ἡρέμως.

Κατ' ἄρχην πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι ἡ ἀνάμιξις τῶν δύο μετάλλων εἰς τὴν κατάστασιν τήξεως εἶναι πλήρης καὶ κατὰ συνέπειαν τὸ τῆγμα εἶναι εἰς ὅλην του τὴν μᾶζαν καὶ εἰς κάθε ἀναλογίαν ὁμοιογενές.

Κατὰ τὴν στερεοποίησιν τοῦ κράματος εἶναι δυνατὸν νὰ παρουσιασθοῦν αἱ ἔξης περιπτώσεις:

α) Τὰ μέταλλα, ποὺ ἀποτελοῦν τὸ κράμα καὶ τὰ ὅποια εἰς τὴν κατάστασιν τήξεως ἥσαν πλήρως ἀναμίξιμα, καθίστανται πλήρως μὴ ἀναμίξιμα εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν καὶ κατὰ συνέπειαν παρουσιάζονται εἰς τὸ στερεοποιημένον κράμα ὡς ἀπλᾶ «ξεχωριστὰ» στοιχεῖα (A καὶ B), διατηροῦντα τὴν προσωπικότητά των.

β) Τὰ μέταλλα, ποὺ εἰς τὴν κατάστασιν τήξεως ἥσαν πλήρως ἀναμίξιμα ἔξακολουθοῦν νὰ εἶναι πλήρως ἢ μερικῶς ἀναμίξιμα καὶ εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν.

Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν σχηματίζεται ἀπλοῦν στερεὸν διάλυμα (ὁ ὄρισμὸς δίδεται κατωτέρω), ἐνῶ εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν προκύπτει σχηματισμὸς δύο διαφορετικῶν στερεῶν διαλυμάτων.

γ) Τὰ δύο μέταλλα ἀντιδροῦν χημικῶς, καθὼς ἡ στερεοποίησίς τοῦ κράματος προχωρεῖ, καὶ σχηματίζουν μεσομεταλλικὰς ἐνώσεις, αἱ ὅποιαι ἀποτελοῦν ιδιαίτερον κρυσταλλικὸν εἶδος εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος.

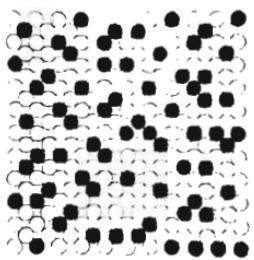
3·2 Τὸ στερεὸν διάλυμα.

Στερεὸν διάλυμα σχηματίζεται, ὅταν εἰς διμερὲς κρᾶμα τὰ δύο στοιχεῖα A (κύριον στοιχεῖον τοῦ κράματος) καὶ B, πλήρως ἀναμίξιμα εἰς τὴν κατάστασιν τῆξεως, παραμένουν διαλελυμένα τὸ ἔνα ἐντὸς τοῦ ἄλλου καὶ μετὰ τὴν στερεοποίησιν. Τὰ στοιχεῖα, ποὺ ἀποτελοῦν τὸ στερεὸν διάλυμα, δὲν δύνανται νὰ διαχωρισθοῦν οὕτε διακρίνονται, ἔστω καὶ διὰ τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου, τὸ ὅποιον ἔχει μεγάλην διακριτικὴν ίκανότητα.

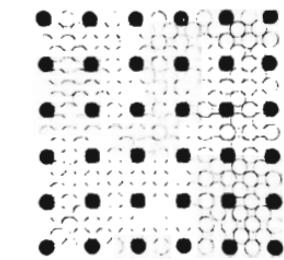
Πρέπει νὰ τονισθῇ, ὅτι διὰ νὰ σχηματισθῇ στερεὸν διάλυμα, θὰ πρέπει τὰ ἄτομα τοῦ ἐνὸς στοιχείου B νὰ λαμβάνουν θέσεις ἐντὸς τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος τοῦ ἄλλου στοιχείου A. Ἀναλόγως τῆς θέσεως, ποὺ καταλαμβάνουν τὰ ἄτομα τοῦ B ἐντὸς τοῦ κρυσταλλικοῦ ἰστοῦ τοῦ A, διακρίνομεν:

α) Τὸ στερεὸν διάλυμα ἀντικαταστάσεως [σχ. 3·2 (β)], κατὰ τὸ ὅποιον τὰ ἄτομα τοῦ στοιχείου B (μετάλλου) ἀντικαθιστοῦν ἀκανονίστως καὶ σπανιώτερον κανονικῶς ἄτομα τοῦ στοιχείου A (μετάλλου) ἐντὸς τοῦ κρυ-

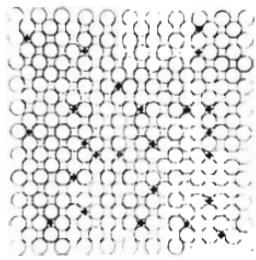
ⓐ



·Ἀκανόνιστον



Κανονικὸν



γ

Σχ. 3·2.

Σχηματικὴ παράστασις καθαροῦ μετάλλου καὶ στερεοῦ διαλύματος: α) Καθαρὸν μετάλλον (A). β) Στερεὸν διάλυμα ἀντικαταστάσεως. γ) Στερεὸν διάλυμα παρεμβολῆς.

σταλλικοῦ του πλέγματος. Ὁ χαλκὸς καὶ τὸ νικέλιον π.χ. σχηματίζουν στερεὸν διάλυμα ἀντικαταστάσεως.

β) Τὸ στερεὸν διάλυμα παρεμβολῆς [σχ. 3·2 (γ)], κατὰ τὸ

όποιον τὰ ἄτομα τοῦ στοιχείου Β (συνήθως ἀμετάλλου) λαμβάνουν θέσεις ἀκανονίστως καὶ σπανιώτερον κανονικῶς μεταξὺ τῶν ἄτόμων τοῦ Α (μετάλλου), ἐντὸς τοῦ κρυσταλλικοῦ του πλέγματος.

Στερεὸν διάλυμα παρεμβολῆς σχηματίζεται μόνον, ὅταν τὰ ἄτομα τοῦ προστιθεμένου στοιχείου Β είναι πολὺ μικροτέρων διαστάσεων ἀπὸ τὰ ἄτομα τοῦ κυρίως στοιχείου τοῦ κράματος Α καὶ ἔτσι δύνανται νὰ διεισδύουν εὐκόλως καὶ νὰ λαμβάνουν θέσεις ἐντὸς τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος.

Τυπικὸν στερεὸν διάλυμα παρεμβολῆς είναι τὸ τοῦ σιδήρου-ἀνθρακος, ποὺ ἀποτελεῖ συστατικὸν τῶν χαλύβων καὶ τὸ ὅποιον, ὅπως θὰ ἴωμεν, ἀναλόγως τῆς θερμοκρασίας σχηματισμοῦ του, λαμβάνει τὴν δινομασίαν φερρίτης ή ὠστενίτης.

3 · 3 Τὸ εὐτηκτικὸν κρᾶμα η εὐτηκτική.

Κατὰ τὴν στερεοποίησιν διμερῶν κραμάτων μὲ συστατικὰ Α καὶ Β (π.χ. δύο μέταλλα), τὰ ὅποια, ἐνῶ εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν είναι πλήρως ἀναμίξιμα, εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν είναι πλήρως μὴ ἀναμίξιμα, δημιουργεῖται εἰς ὡρισμένην ἀναλογίαν τῶν συστατικῶν Α καὶ Β (εὐτηκτικὴ ἀναλογία) καὶ εἰς ὡρισμένην ἐπίσης θερμοκρασίαν (εὐτηκτικὴ θερμοκρασία) ἕνα χαρακτηριστικὸν κρυσταλλικὸν εἶδος, τὸ ὅποιον δινομάζομεν εὐτηκτικὸν κρᾶμα η εὐτηκτικήν.

Τὸ εὐτηκτικὸν κρᾶμα ἀποτελεῖται ἀπὸ πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἐναλλὰξ τῶν συστατικῶν Α καὶ Β τοῦ κράματος (σχ. 4 · 3 β, 4 · 3 γ), ἔχει δὲ τὸ χαμηλότερον σημεῖον τήξεως ἀπὸ τὰς γειτονικὰς ἀναλογίας τῶν συστατικῶν. Εἰς αὐτὸ δέφειλεται καὶ ή δοθεῖσα δινομασία.

Εἰς τὴν περίπτωσιν, ποὺ τὰ δύο μέταλλα είναι μερικῶς ἀναμίξιμα εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν, λαμβάνομεν ἐπίσης εὐτηκτικὸν κρᾶμα κατὰ τὴν στερεοποίησιν. 'Υπάρχει ὅμως η διαφορὰ ὅτι τὸ εὐτηκτικόν αὐτὸ κρᾶμα ἀποτελεῖται ἀπὸ πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἐναλλὰξ ἐκ δύο κεκορεσμένων στερεῶν διαλυμάτων (κεκορεσμένον στερεὸν διάλυμα είναι ἔκεινο, εἰς τὸ ὅποιον δὲν είναι δυνατὸν πλέον ἄλλα ἄτομα τοῦ ἐνὸς στοιχείου νὰ διεισδύσουν εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ ἄλλου στοιχείου). 'Ο ἐνας κρυσταλλίτης είναι στερεὸν διάλυμα τοῦ μετάλλου Α κεκορεσμένου διὰ τοῦ Β, ἐνῶ οἱ γειτονικοί του κρυσταλλίται είναι στερεὸν διάλυμα τοῦ μετάλλου Β κεκορεσμένου διὰ τοῦ με-

τάλλου Α· ὁ πρῶτος δηλαδὴ κρυσταλλίτης εἶναι πλούσιος εἰς μέταλλον Α, ἐνῶ ὁ δεύτερος εἶναι πλούσιος εἰς μέταλλον Β.

Εἰς ὡρισμένα κράματα, τὸ σχηματισμένον πλέον στερεὸν διάλυμα μετασχηματίζεται πάλιν ὑπὸ μορφῆν εύτηκτικοῦ κράματος εἰς χαμηλοτέραν ὅμως θερμοκρασίαν. Τὸ κρυσταλλικὸν αὐτὸν εἶδος ὄνομάζεται εὐτηκτοειδὲς κρᾶμα ἢ εὐτηκτοειδής. Καὶ τοῦτο, διότι δὲν σχηματίζεται ἐκ τοῦ τήγματος τοῦ κράματος, ὅπως τὸ εύτηκτικὸν κρᾶμα, ἀλλὰ ἀπὸ στερεὸν διάλυμα κατὰ τὴν πρόοδον τῆς στερεοποιήσεως.

‘Ο μετασχηματισμὸς τοῦ ὠστενίτου (στερεὸν διάλυμα), ὅπως θὰ ἴδωμεν κατὰ τὴν μελέτην τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων, εἰς τὴν εὐτηκτοειδῆ μορφὴν τοῦ περλίτου ἀποτελεῖ τυπικὸν παράδειγμα μετασχηματισμοῦ αὐτοῦ τοῦ εἴδους.

3.4 Αἱ μεσομεταλλικαὶ ἐνώσεις.

Κατὰ τὴν στερεοποίησιν κράματος, συχνὰ δύο μέταλλα εἶναι δυνατὸν νὰ ἀντιδράσουν χημικῶς μεταξύ των καὶ νὰ σχηματίσουν τὴν λεγόμενην μεσομεταλλικὴν ἔνωσιν, ἡ ὁποία ὅμως δὲν ἔχει μεταλλικὸν χαρακτῆρα.

‘Η παρουσία τῶν μεσομεταλλικῶν ἔνώσεων εἶναι συνήθης εἰς τὰ βιομηχανικὰ κράματα. Τὸ κρᾶμα, κατὰ συνέπειαν, θὰ ἀπαρτίζεται ἀπὸ στερεὰ διαλύματα βασικῶς καὶ ἀπὸ μεσομεταλλικὰς ἔνώσεις εἰς ποικίλας ἀναλογίας. Τὸ στερεὸν διάλυμα καὶ ἡ μεσομεταλλικὴ ἔνωσις ἔχουν ἐντελῶς διαφορετικὰς ἴδιότητας. Τὸ στερεὸν διάλυμα ἔχει μεγάλην μηχανικὴν ἀντοχὴν, δυσθραυστότητα καὶ εἶναι ὅλκιμον, ἐνῶ ἡ μεσομεταλλικὴ ἔνωσις εἶναι μικρᾶς ἀντοχῆς, πολὺ σκληρὰ καὶ πολὺ εὔθραυστος. ‘Ως ἐκ τούτου, ἡ μεσομεταλλικὴ ἔνωσις μόνη ἡ εἰς μεγάλας ἀναλογίας εἰς τὰ κράματα τὰ καθιστᾶ ἀκατάλληλα πρὸς βιομηχανικὴν χρῆσιν. ‘Οταν τὸ κρᾶμα βασικῶς σχηματίζεται ἀπὸ στερεὸν ἡ στερεὰ διαλύματα, περιέχει δὲ καὶ κόκκους μεσομεταλλικῆς ἔνώσεως, εἰς μικρὰν ὅμως ἀναλογίαν, τότε τοῦτο εἶναι χρησιμοποιήσιμον, διότι συνδυάζει τὰς καλὰς μηχανικὰς ἴδιότητας τοῦ στερεοῦ διαλύματος μὲ τὴν μεγάλην σκληρότητα τῆς μεσομεταλλικῆς ἔνώσεως.

ΤΟ ΘΕΡΜΙΚΟΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΤΟΥ ΚΡΑΜΑΤΟΣ

4 . 1 Γενικά.

Διὰ τὴν βιομηχανικὴν παραγωγὴν τῶν διαφόρων κραμάτων καὶ κατὰ τὴν χρησιμοποίησίν των εἰς τὴν πρᾶξιν, μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν μὲ σχετικὴν ἀκρίβειαν ὡρισμένα στοιχεῖα, τὰ ὅποια ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὴν ἀναλογίαν τῶν συστατικῶν τῶν κραμάτων. Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ εἰναι:

α) Ἡ θερμοκρασία, εἰς τὴν ὅποιαν ἀρχίζει καὶ περατοῦται ἡ στερεοποίησις καὶ

β) οἱ μετασχηματισμοί, οἱ ὅποιοι γίνονται εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς στερεοποιήσεως, ἀλλὰ καὶ μετὰ ἀπὸ αὐτήν. Τοῦτο, διότι τὸ ἔδος τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς τοῦ κράματος εἰναι ἑκεῖνο, ποὺ καθορίζει τὰς μηχανικάς του ἴδιοτητας.

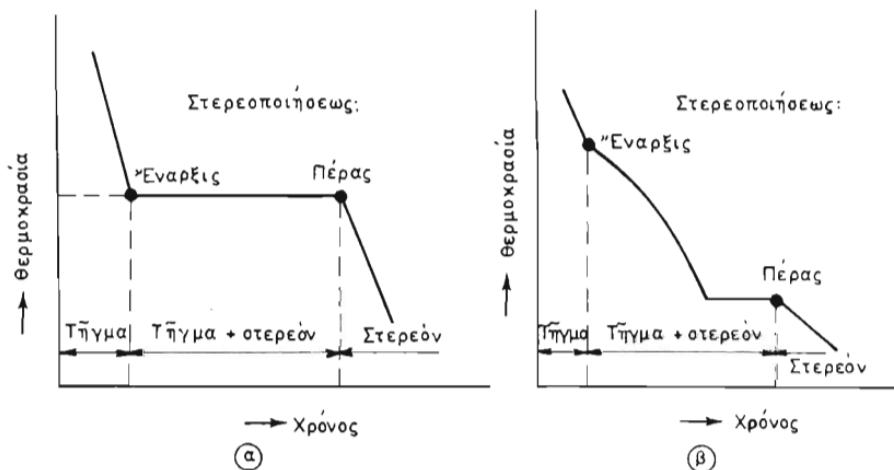
Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ μᾶς τὰ δίδει τὸ λεγόμενον *θερμικὸν διάγραμμα ισορροπίας τοῦ κράματος* ἢ ἀπλῶς τὸ διάγραμμα τοῦ κράματος.

Βασικὴ προϋπόθεσις διὰ τὴν κατασκευὴν τοῦ διαγράμματος αὐτοῦ εἰναι ὅτι τὸ κρᾶμα θὰ πρέπει νὰ εύρισκεται ἐκάστοτε εἰς κατάστασιν *ισορροπίας* τῶν φάσεων. Μὲ τὴν λέξιν *ισορροπίαν* εἰς τὴν περιπτωσιν αὐτὴν ἐννοοῦμεν ὅτι οἰαδήποτε μεταβολὴ εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος εἰναι ἀπαραίτητον νὰ γίνεται πλήρης, πρᾶγμα ποὺ ἀπαιτεῖ ἀναλόγως ὡρισμένον χρόνον. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ ἀπόψυξις τοῦ κράματος ἀπὸ τῆς ρευστῆς καταστάσεως μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος πρέπει νὰ γίνεται μὲ βραδύτατον ρυθμόν. Πρέπει νὰ ἀναφερθῇ ὅτι ταχεῖα ἀπόψυξις τοῦ κράματος, ὅπως συμβαίνει π.χ. κατὰ τὴν βαφὴν τοῦ χάλυβος (παράγρ. 19 · 7), δὲν ἐπιτρέπει ὡλοκληρωμένους μετασχηματισμοὺς εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν του, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ προκύπτῃ τελικῶς διαφορετικὴ κρυσταλλικὴ δομή, ἀπὸ ἐκείνην ποὺ θὰ προέκυπτε μετὰ ἀπὸ βραδεῖαν ἀπόψυξιν. Ἐπίσης, εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος εἰναι ἀδύνατον νὰ ἐπιτευχθῇ ισορροπία τῶν φάσεων εἰς τὸν βαμμένον χάλυβα, παρὰ μόνον, ἐὰν αὐτὸς ἀναθερμανθῇ καὶ ψυχθῇ καταλλήλως (ἀνόπτησις, παράγρ. 19 · 2).

4·2 Κατασκευή τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος ίσορροπίας τοῦ κράματος.

Ἄσ ίδωμεν τώρα πῶς κατασκευάζεται τὸ θερμικὸν διάγραμμα ίσορροπίας ἐνὸς κράματος:

Διὰ κάθε καθαρὸν μέταλλον ἢ διὰ κάθε κρᾶμα εἶναι δυνατὸν πειραματικῶς νὰ κατασκευασθῇ ἢ λεγομένη καμπύλη ἀποψύξεως αὐτοῦ. Εἰς τὸ σχῆμα 4·2 α φαίνεται ἡ καμπύλη ἀποψύξεως καθαροῦ μετάλλου ὅπου, ὅπως βλέπομεν, ἡ στερεοποίησις ἀρχίζει καὶ τελειώνει εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν (σημεῖον τήξεως ἢ πήξεως τοῦ μετάλλου). Εἰς τὸ ἴδιον σχῆμα βλέπομεν καὶ τὴν καμπύλην ἀποψύξεως ἐνὸς κράματος, τοῦ ὅποιου ἡ στερεοποίησις γίνεται εἰς ώρισμένην περιοχὴν θερμοκρασίας, ἀναλόγως τῆς συνθέσεώς του, καὶ ὅχι εἰς σταθερὰν θερμοκρασίαν.



Σχ. 4·2 α.

Καμπύλαι ἀποψύξεως :

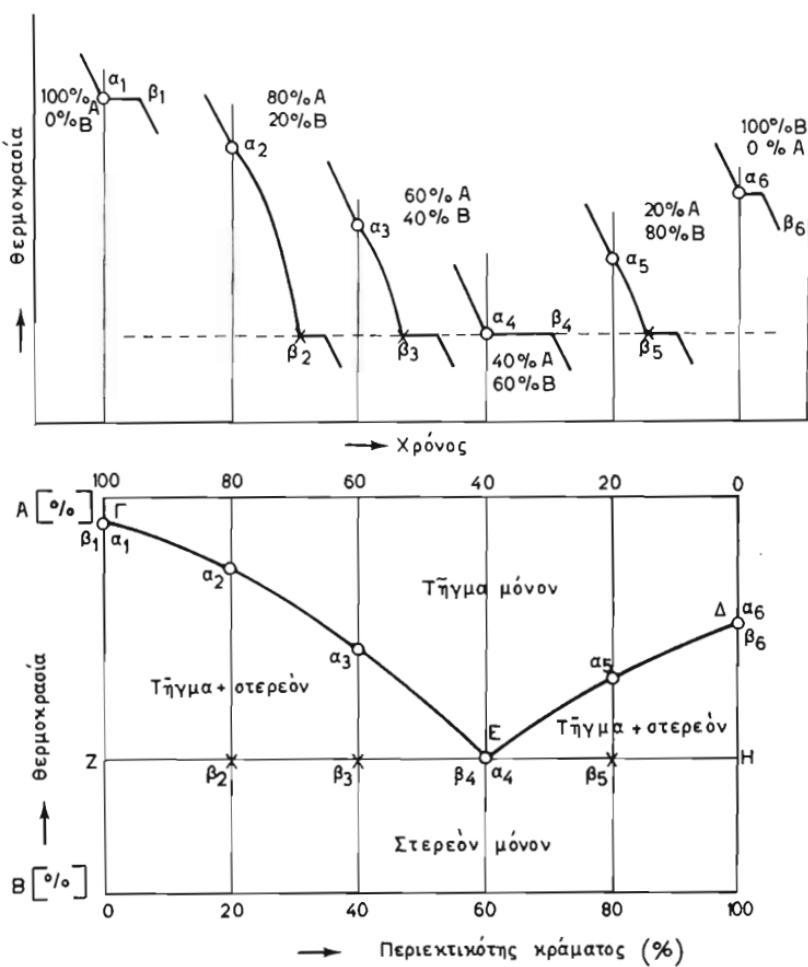
α) Καθαροῦ μετάλλου. β) Κράματος ἀπλοῦ εύτηκτικοῦ τύπου.

Ἄσ θεωρήσωμεν τώρα ἔξ κράματα ἀπλοῦ εύτηκτικοῦ τύπου (παράγρ. 4·3) μὲ διαφόρους ἀναλογίας τῶν συστατικῶν τῶν A καὶ B.

Εἰς τὸ σχῆμα 4·2 β ἔχουν χαραχθῆ αἱ καμπύλαι ἀποψύξεως τῶν κραμάτων αὐτῶν, ἡ περιεκτικότης τῶν ὅποιων εἰς μέταλλον A βαίνει ἐλαττουμένη.

Ἡ στερεοποίησις ἀρχίζει εἰς τὰ σημεῖα $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_6$ καὶ περατοῦται εἰς τὰ $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6$ ἀντιστοίχως. Ἐὰν ἐνώσωμεν τὰ σημεῖα $\alpha_1,$

$\alpha_2, \dots, \alpha_6$, λαμβάνομεν τὴν γραμμὴν liquidus ($\Gamma\text{Ε}\Delta$), ἡ ὅποια δεικνύει τὴν θερμοκρασίαν, εἰς τὴν ὅποιαν κρᾶμα ὥρισμένης ἀναλογίας



Σχ. 4.2 β.

Κατασκευὴ διαγράμματος θερμικῆς ἰσορροπίας κράματος ἀπλοῦ εύτηκτικοῦ τύπου μὲ χρησιμοποίησιν τῶν καμπυλῶν ἀποψύξεως αὐτοῦ.

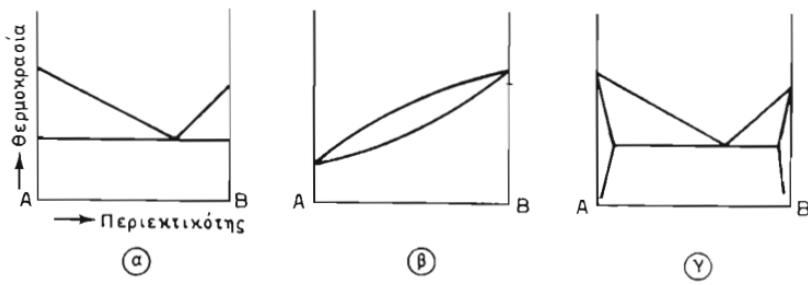
τῶν συστατικῶν του A καὶ B ἀρχίζει νὰ στερεοποιῆται. Κατὰ τὸν ἕιδον τρόπον ἐκ τῶν σημείων $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6$ προκύπτει ἡ γραμμὴ

solidus (ΓΖΕΗΔ), διὰ τῆς ὅποιας προσδιορίζεται ἡ θερμοκρασία, εἰς τὴν ὅποιαν κράμα ὥρισμένης ἀναλογίας στερεοποιεῖται πλήρως. Ἐτσι, τὸ liquidus δύναται νὰ ὥρισθῇ ὡς ἡ γραμμή, ἄνωθεν τῆς ὅποιας ὅλα τὰ κράματα μὲ τὰς σημειουμένας θερμοκρασίας καὶ ἀναλογίας τῶν συστατικῶν των A καὶ B Εύρισκονται εἰς ύγράν, ὁμοιογενῆ κατάστασιν (τῆγμα), ἐνῷ τὸ solidus ὡς ἡ γραμμή, κάτωθεν τῆς ὅποιας ὅλα τὰ κράματα τῶν ἀναφερομένων θερμοκρασιῶν καὶ ἀναλογιῶν τῶν A καὶ B εύρισκονται εἰς στερεὰν κατάστασιν.

Μεταξὺ τοῦ liquidus καὶ solidus καὶ διὰ τὰς ἀναφερομένας θερμοκρασίας καὶ ἀναλογίας, τὸ κράμα συνίσταται ἀπὸ τῆγμα καὶ στερεόν.

4.3 Μεταβολαι εις τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος.

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν πλήρως τὴν σύστασιν τῶν διμερῶν κραμάτων, πρέπει νὰ παρακολουθήσωμεν τὰς ἐπερχομένας μεταβολὰς εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν των ἀπὸ τῆς ύγρᾶς μέχρι τῆς στερεᾶς καταστάσεως καὶ ἀκολούθως μέχρι νὰ ἀποκτήσουν τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος.



Σχ. 4.3 α.

Χαρακτηριστικοὶ τύποι θερμικῶν διαγραμμάτων ισορροπίας διμερῶν κραμάτων μὲ συστατικὰ A καὶ B: α) Ἀπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου. β) Τύπου στερεοῦ διαλύματος. γ) Συνθέτου τύπου.

Κατὰ τὴν στερεοποίησιν τῶν διμερῶν κραμάτων διακρίνομεν τὰς ἔξης τρεῖς θεμελιώδεις περιπτώσεις (σχ. 4.3 α):

- Τὰ συστατικὰ τοῦ κράματος A καὶ B εἰναι πλήρως μὴ ἀναμίξιμα εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν (κράμα ἀπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου).
- Τὰ συστατικὰ τοῦ κράματος εἰναι πλήρως ἀναμίξιμα εἰς τὴν

στερεάν κατάστασιν εἰς κάθε ἀναλογίαν (κρᾶμα τύπου στερεοῦ διαλύματος) καὶ

γ) τὰ συστατικὰ τοῦ κράματος εἶναι ἐν μέρει ἀναμίξιμα εἰς τὴν στερεάν κατάστασιν, δηλαδὴ σχηματίζονται στερεὰ διαλύματα, μέχρις ὅμως ὥρισμένης ἀναλογίας τῶν συστατικῶν τοῦ κράματος (κρᾶμα συνθέτου τύπου).

Κατωτέρω θὰ περιγράψωμεν λεπτομερῶς τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἵσορροπίας κράματος ἀπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου, ὅπως τὸ κρᾶμα βισμουθίου - καδμίου, τὸ δόπιον εἶναι σχετικῶς ἀπλοῦν. Κατόπιν θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὸ διάγραμμα κράματος συνθέτου τύπου, ὅπως εἶναι τὸ κρᾶμα κασσιτέρου - μολύβδου, τὸ δόπιον προσιδιάζει περισσότερον πρὸς τὸ διάγραμμα τῶν κραμάτων σιδήρου - ἄνθρακος, δηλαδὴ πρὸς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας, μὲ τοὺς δόποίους καὶ θὰ ἀσχοληθῶμεν ἐν ἑκτάσει εἰς τὸ δον Μέρος.

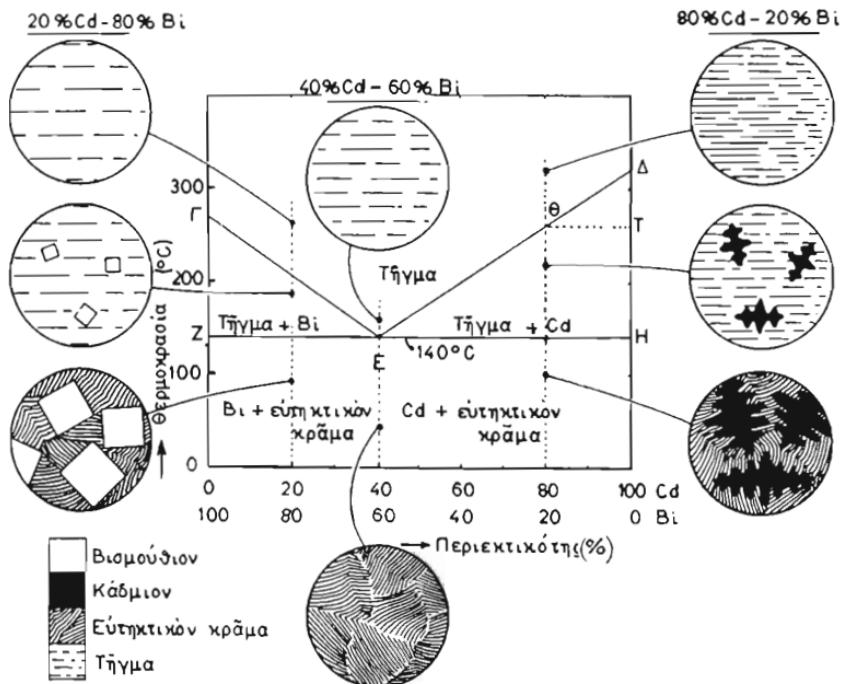
1) Τὸ διάγραμμα κράματος ἀπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου.

Εἰς τὸ σχῆμα 4 · 3 β παρίσταται τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἵσορροπίας κράματος βισμουθίου (*Bi*) - καδμίου (*Cd*). Τὸ διάγραμμα σχηματίζεται, ὡς ἀνεφέρθη, ἀπὸ τὰς καμπύλας ἀποψύξεως (σχ. 4 · 2 β). Ἡ γραμμὴ ΓΕΔ εἶναι τὸ *liquidus* καὶ ἡ γραμμὴ ΓΖΕΗΔ τὸ *solidus*.

“Ἄσ τιδωμεν τώρα πῶς στερεοποιεῖται κρᾶμα ἀναλογίας 80% καδμίου καὶ 20% βισμουθίου. “Οταν κατὰ τὴν ἀπόψυξιν τοῦ κράματος ἡ θερμοκρασία του κατέλθῃ εἰς *T*, τότε ἀρχίζουν νὰ σχηματίζωνται φύτρα καθαροῦ καδμίου. [Ἡ θερμοκρασία *T* προσδιορίζεται ὡς ἔξῆς: Φέρομεν κατακόρυφον ἀπὸ τὴν περιεκτικότητα τοῦ ἀντιστοίχου στοιχείου (80% διὰ τὸ *Cd*) τοῦ κράματος, ποὺ ἔξετάζομεν, καὶ ἀπὸ τὸ σημεῖον Θ τῆς τομῆς της μετὰ τοῦ *liquidus* εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν φέρομεν ὅριοντίαν, ἡ ὁποίᾳ προσδιορίζει τὴν ζητουμένην θερμοκρασίαν *T* εἰς τὸν ἄξονα τῶν θερμοκρασιῶν τοῦ διαγράμματος].

’Ἐφ’ ὅσον ἀρχίζει νὰ στερεοποιηται τὸ κάδμιον, τὸ ὑπόλοιπον τῆγμα γίνεται πλουσιώτερον εἰς βισμούθιον. Μὲ περαιτέρω πτῶσιν τῆς θερμοκρασίας, περισσότερον κάδμιον ἐναποτίθεται εἰς τὰ φύτρα καὶ ἀρχίζει ὁ σχηματισμὸς δενδριτῶν κατὰ τὸν τρόπον, ποὺ ἔχομεν ἡδη ἀναφέρει. Ἡ ἀνάπτυξις τῶν δενδριτῶν καδμίου καὶ ὁ ἐμπλουτισμὸς τοῦ τήγματος εἰς βισμούθιον προχωρεῖ μέχρι τῆς θερμοκρασίας

τῶν 140°C (εύτηκτικὴ θερμοκρασία), ὅπου τὸ τῆγμα περιέχει 40% κάδμιον καὶ 60% βισμούθιον (εύτηκτικὴ ἀναλογία, παράγρ. 3 · 3).



Σχ. 4 · 3 β.

Θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας κραμάτων καδμίου-βισμούθιου (ἀπλοῦ εύτηκτικοῦ τύπου) μὲ σχηματικήν παράστασιν τῆς κρυσταλλικῆς τοῦ δομῆς εἰς ὡρισμένας θέσεις τοῦ διαγράμματος. Ή μεγαλυτέρα περιεκτικότης τοῦ τῆγματος εἰς κάδμιον φαίνεται ἐνδεικτικῶς ἀπὸ τὴν πυκνότητα τῶν διακεκομένων γραμμῶν.

Ἐὰν προχωρήσῃ ἡ ἀπόψυξις μέχρι τῆς συνήθους θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος, ἡ τελικὴ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ κράματος θὰ συνίσταται ἀπὸ πρωτογενεῖς κρυσταλλίτας καδμίου, ποὺ σχηματίζονται μεταξὺ θερμοκρασίας T καὶ 140°C περιβαλλομένους ἀπὸ εύτηκτικόν κρᾶμα, τὸ ὅποιον ἐσχηματίσθη εἰς τοὺς 140°C , καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἑναλλάξ καδμίου καὶ βισμούθιου (σχ. 4 · 3 β.).

Ἐὰν τὸ τῆγμα περιέχῃ κάδμιον ὀλιγώτερον τοῦ 40%, ὅπως π.χ. 20% κάδμιον καὶ 80% βισμούθιον, τότε σχηματίζονται πρωτογενεῖς

κρύσταλλοι βισμουθίου μέχρι τῆς εύτηκτικῆς θερμοκρασίας (140°C) καὶ ἀναλογίας (40% κάδμιον καὶ 60% βισμούθιον). Τὸ τῆγμα ποὺ ἀπομένει γίνεται συνεχῶς πλουσιώτερον εἰς κάδμιον καὶ στερεοποιεῖται εἰς εύτηκτικὸν κρᾶμα εἰς θερμοκρασίαν 140°C , ὅπως ἔχει ἡδη ἀναφερθῆ. Ἡ τελικὴ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ κράματος εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν θὰ σύγκειται ἀπὸ κρυσταλλίτας βισμουθίου περιβαλλομένους ἀπὸ εύτηκτικὸν κρᾶμα.

Ἐὰν τὸ τῆγμα περιέχῃ 40% κάδμιον καὶ 60% βισμούθιον, τότε οὐδεμία στερεοποίησις παρατηρεῖται, παρὰ μόνον ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέλθῃ εἰς τοὺς 140°C , ὅπότε σχηματίζεται, ὡς περιεγράφη, μόνον τὸ εύτηκτικὸν κρᾶμα.

Ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ κράματος καδμίου-βισμουθίου, ὅπως προκύπτει ἀπὸ τὴν γενομένην ἀνάλυσιν τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος ἰσορροπίας, φαίνεται σχηματικῶς εἰς τὸ σχῆμα 4 · 3 β.

2) Τὸ διάγραμμα συνθέτου κράματος.

Τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας τυπικοῦ συνθέτου κράματος, ὅπως είναι τὸ κρᾶμα κασσίτερου (Sn) - μολύβδου (Pb) μὲ σχηματικὴν παράστασιν τῆς εἰς κάθε θέσιν τοῦ διαγράμματος κρυσταλλικῆς του δομῆς, δίδεται εἰς τὸ σχῆμα 4 · 3 γ.

Τὸ διάγραμμα αὐτὸ παρουσιάζει δύο σημαντικὰς διαφορὰς ἐν σχέσει μὲ τὸ προηγουμένως ἀναπτυχθέν, δηλαδὴ μὲ τὸ διάγραμμα κράματος ἀπλοῦ εύτηκτικοῦ τύπου:

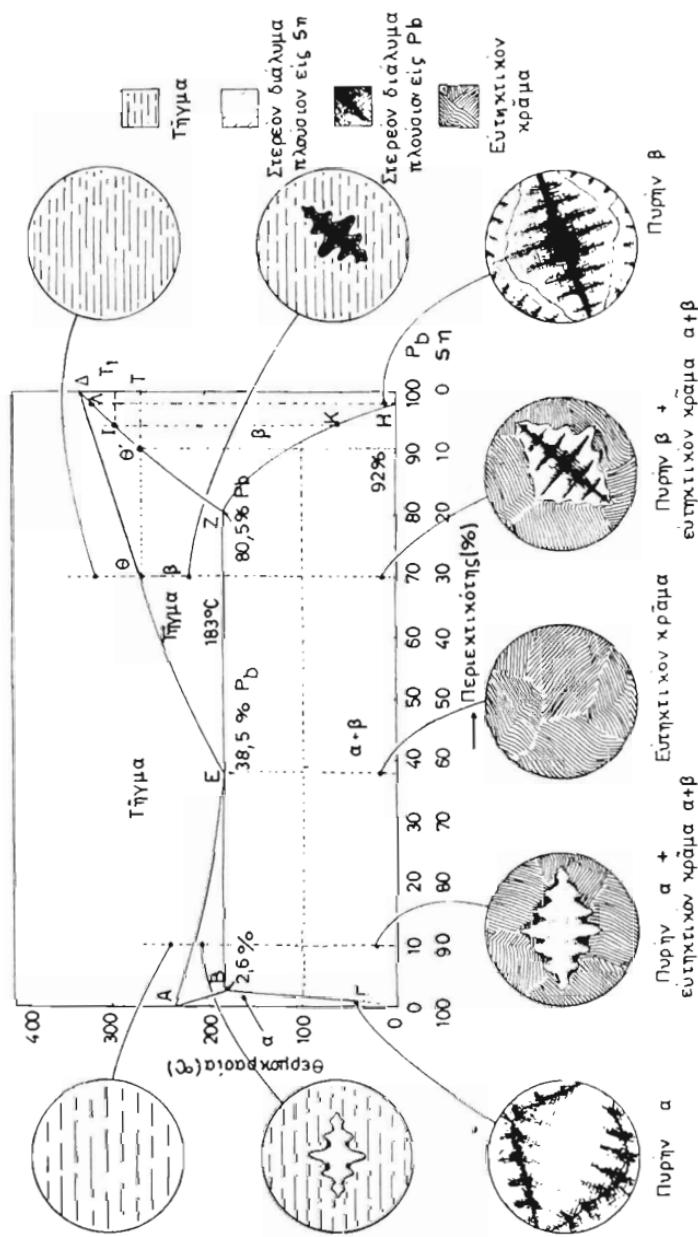
α) Παρατηροῦνται μετασχηματισμοὶ εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος καὶ κάτωθεν τοῦ solidus, δηλαδὴ εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν.

β) Τὸ σχηματιζόμενον εύτηκτικὸν κρᾶμα ἀποτελεῖται ἀπὸ πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἐναλλάξ ἀπὸ δύο στερεὰ διαλύματα καὶ ὅχι ἀπὸ δύο καθαρὰ μέταλλα, ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κραμάτων καδμίου - βισμουθίου.

Εἰς τὸ διάγραμμα θερμικῆς ἰσορροπίας τοῦ σχήματος 4 · 3 γ ἡ γραμμὴ ΑΕΔ ἀποτελεῖ τὸ liquidus, ἡ γραμμὴ ΑΒΕΖΔ τὸ solidus καὶ αἱ γραμμαὶ ΒΓ καὶ ΖΗ κάτωθεν αὐτοῦ τὸ λεγόμενον solvus.

“Οπως φαίνεται εἰς τὸ διάγραμμα, σχηματίζονται δύο στερεὰ διαλύματα:

— Τὸ στερεόν διάλυμα α, ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ κασσίτερον,



Σχ. 4.3 γ.
Θερμικον διάγραμμα ισορροπιας κραμάτων κασσιτέρου - μολύβδου (συνθετού τύπου) μὲ σχηματικήν παράστασιν τῆς κρυσταλλικής του δομῆς εἰς ὡρισμένος θέσεις τοῦ διαγράμματος.

εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ ὁποίου διαλύεται μόλυβδος μὲ ἀναλογίαν 2,6 % εἰς τὴν εὐτηκτικὴν θερμοκρασίαν καὶ

— τὸ στερεὸν διάλυμα β, ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ μόλυβδον, εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ ὁποίου διαλύεται κασσίτερος μὲ ἀναλογίαν 19,5 % εἰς τὴν εὐτηκτικὴν θερμοκρασίαν.

Μὲ βάσιν τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας κράματος κασσίτερου - μολύβδου, ἃς παρακολουθήσωμεν τοὺς μετασχηματισμοὺς εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος μέχρι τῆς τελείας ἀποφύξεώς του θεωροῦντες τέσσαρα κράματα χαρακτηριστικῶν ἀναλογιῶν:

1) *Κρᾶμα ἀναλογίας (περιεκτικότητος) 70% Pb καὶ 30% Sn.*

Τὸ κρᾶμα αὐτὸ ἀρχίζει νὰ στερεοποιῆται εἰς τὴν θερμοκρασίαν T, μὲ δημιουργίαν δενδριτῶν ἀναλογίας κατὰ προσέγγισιν 92 % Pb καὶ 8 % Sn (σημεῖον Θ'). Μὲ περαιτέρω πτῶσιν τῆς θερμοκρασίας τὸ κρᾶμα συνεχίζει νὰ στερεοποιῆται μέχρι τῆς θερμοκρασίας τῶν 1830 C, εἰς τὴν ὁποίαν οἱ τελευταῖοι ἀναπτυσσόμενοι δενδρῖται θὰ ἔχουν ἀναλογίαν 80,5 Pb καὶ 19,5 Sn. Τὸ τῆγμα, ποὺ ἀπομένει, θὰ ἔχῃ τὴν εὐτηκτικὴν ἀναλογίαν E (38,5 % Pb - 61,5 % Sn), θὰ στερεοποιηθῇ δὲ τοῦτο ὑπὸ μορφὴν εὐτηκτικοῦ κράματος, δηλαδὴ εἰς πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἐναλλάξ στερεοῦ διαλύματος α καὶ β μὲ ἀναλογίας B (2,6 % Pb - 97,4 % Sn) καὶ Z (19,5 % Sn - 80,5 % Pb) ἀντιστοίχως.

Ἐὰν ἡ ἀπόψυξις προχωρήσῃ ἡρέμως μέχρι τῆς συνήθους θερμοκρασίας δωματίου, αἱ ἀναλογίαι τοῦ Pb καὶ Sn εἰς τὰ στερεὰ διαλύματα α καὶ β ἀντιστοίχως θὰ ἀκολουθήσουν τὰς γραμμὰς τοῦ solvus ΒΓ καὶ ΖΗ, δηλαδὴ τὸ στερεὸν διάλυμα α γίνεται προσδευτικῶς πτωχότερον εἰς μόλυβδον καὶ τὸ β πτωχότερον εἰς κασσίτερον.

Τὸ κρᾶμα αὐτὸ τελικῶς θὰ ἀποτελῆται ἀπὸ κόκκους στερεοῦ διαλύματος β μὲ ἀναλογίαν, ποὺ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γραμμὴν ΖΗ, περιστοιχιζομένους ἀπὸ εὐτηκτικὸν κρᾶμα, ὡς προηγουμένως ἀνεφέρθη (σχ. 4 · 3 γ).

2) *Κρᾶμα ἀναλογίας 95% Pb καὶ 5% Sn.*

Τοῦτο ἀποψυχόμενον ἡρέμως εἰς τὴν θερμοκρασίαν T₁, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θεωρηθεῖσαν περιεκτικότητα (σημεῖον I) στερεοποιεῖται εἰς ὁμοιογενὲς στερεὸν διάλυμα β. Μὲ περαιτέρω πτῶσιν τῆς θερμοκρασίας ἡ κρυσταλλικὴ του δομὴ δὲν μεταβάλλεται καθόλου μέχρι

τοῦ σημείου Κ. Εἰς τὸ σημεῖον ὅμως αὐτὸ ἔχομεν ἄλλην ἀλλαγὴν εἰς τὴν δομήν του, εἰς τὴν στερεὰν πλέον κατάστασιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν στερεὸν διάλυμα α ἐναποτίθεται εἰς τὰ ὄρια τῶν κόκκων τοῦ β. Ἡ ἀναλογία τοῦ α μεγαλώνει καθὼς ἡ θερμοκρασία πίπτει καὶ τὸ β καθίσταται πτωχότερον εἰς κασσίτερον. Τελικῶς ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ κράματος αὐτοῦ θὰ ἔχῃ κόκκους στερεοῦ διαλύματος β μὲ περιεκτικότητα περίπου 98 % Pb μὲ μικρὰν ποσότητα στερεοῦ διαλύματος α ἐναποτιθεμένου εἰς τὰ ὄρια τῶν κόκκων (σχ. 4 · 3 γ).

3) Κρᾶμα ἀναλογίας 98 % Pb καὶ 2 % Sn.

Ἐὰν τοῦτο ἀποψυχθῆ ἡρέμως μέχρι τῆς συνήθους θερμοκρασίας τοῦ δωματίου, θὰ ἔχῃ πρακτικῶς κρυσταλλικὴν δομὴν στερεοῦ διαλύματος β μετὰ τὴν στερεοποίησίν του εἰς Λ.

4) Κρᾶμα ἀναλογίας 10 % Pb καὶ 90 % Sn.

Τὸ κρᾶμα αὐτὸ στερεοποιεῖται καθ' ὅμοιον τρόπον, ὅπως καὶ τὸ κρᾶμα τῆς περιπτώσεως (α). Τοῦτο, εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος θὰ ἀποτελῆται ἀπὸ κόκκους στερεοῦ διαλύματος α, ποὺ περιστοιχίζονται ἀπὸ εύτηκτικὸν κρᾶμα, ὅπως παραστατικῶς φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 4 · 3 γ.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΑΙ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 5

ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΑΣΙΩΝ

Αἱ δοκιμασίαι τῶν μετάλλων, κραμάτων καὶ ἄλλων στερεῶν ύλικῶν ἐν γένει διακρίνονται εἰς δύο κατηγορίας:

α) Εἰς δοκιμασίας μὲ καταστροφὴν τοῦ δοκιμίου ἢ ἀμέσους δοκιμασίας καὶ

β) εἰς δοκιμασίας ἀνευ καταστροφῆς τοῦ τεμαχίου ἢ ἐμμέσους δοκιμασίας.

Αἱ δοκιμασίαι τῆς πρώτης κατηγορίας ἔκτελοῦνται ἐπὶ δοκιμίου ώρισμένου σχήματος καὶ διαστάσεων (τυποποιημένου, ὅπως λέγομεν), ὅπως π.χ. εἴναι ἡ δοκιμασία ἐφελκυσμοῦ, τὴν δόποίαν θὰ μελετήσωμεν λεπτομερῶς εἰς τὰ ἐπόμενα. Αἱ δοκιμασίαι τῆς δευτέρας κατηγορίας ἔκτελοῦνται συνήθως ἐπὶ ἑτοίμων τεμαχίων πρὸς διαπίστωσιν τῆς καταληλότητός των, πρὶν αὐτὰ χρησιμοποιηθοῦν, ὅπως λ.χ. ὁ ἐντοπισμὸς ρωγμῶν εἰς ἄξονας ἢ συγκολλημένα τεμάχια κ.λπ.

Εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν δοκιμασιῶν μὲ καταστροφὴν τοῦ δοκιμίου ἀνήκουν βασικῶς αἱ μηχανικαὶ δοκιμασίαι, ποὺ ἔχουν ὡς ἀντικειμενικὸν σκοπὸν τὸν προσδιορισμὸν τῶν λεγομένων μηχανικῶν ἴδιοτήτων τῶν μετάλλων. Καὶ τοῦτο, διότι, ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει (παράγρ. 2·4), τὰ μέταλλα πλὴν τῶν ἄλλων χαρακτηριστικῶν τῶν ἴδιοτήτων ἔχουν μεγάλην μηχανικὴν ἀντοχὴν καὶ παρουσιάζουν πλαστικότητα.

*Ἐτσι, ἔχομεν τὰς δοκιμασίας:

α) Ἐφελκυσμοῦ καὶ θλίψεως.

β) Σκληρότητος.

γ) Εἰς κρούσιν ἢ δοκιμασίαν δυσθραυστότητος καὶ

δ) κοπώσεως ἢ δοκιμασίαν εἰς δυναμικὴν ἀντοχὴν.

Εἰς τὰ ἐπόμενα θὰ περιγράψωμεν τὸν τρόπον ἔκτελέσεως ἑκά-

στης μηχανικής δοκιμασίας και θὰ όρισωμεν τὰ μεγέθη, ποὺ χαρακτηρίζουν τὰς μηχανικάς ιδιότητας τῶν μετάλλων.

Διὰ τὰς δοκιμασίας ἄνευ καταστροφῆς τοῦ τεμαχίου συνοπτικῶς ἀναφέρομεν ὅτι περιλαμβάνουν:

α) 'Υδροστατικάς δοκιμασίας, ὅπως π.χ. μεταλλικῶν βαρελίων, λεβήτων κ.λπ.

β) Μαγνητικάς δοκιμασίας πρὸς ἐντοπισμὸν ρωγμῶν εἰς μαγνητικά ύλικὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν τεμαχίων ἢ ἀμέσως κάτωθεν αὐτῆς, ὅπως π.χ. εἰς ἀνθρακούχους χάλυβας καὶ σιδήρους.

γ) Δοκιμασίας διεισδύσεως εἰδικοῦ ύγρου πρὸς ἐντοπισμὸν ρωγμῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας κυρίως μὴ μαγνητικῶν ύλικῶν, ὅπως εἶναι τὸ ἀργίλιον, τὰ κράματα τοῦ χαλκοῦ, οἱ ὡστενιτικοὶ χάλυβες καὶ ἄλλα ύλικά.

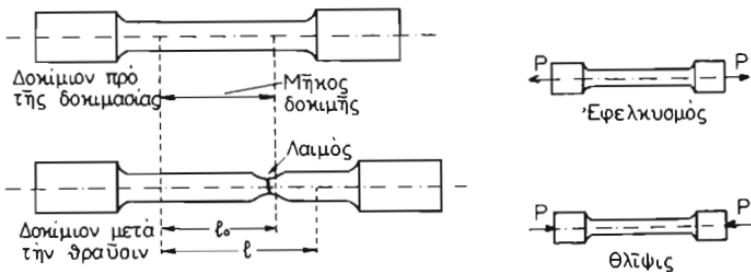
δ) Δοκιμασίας ἐντοπισμοῦ ἐσωτερικῶν ἐλαττωμάτων τῶν τεμαχίων, ὅπως εἶναι φυσαλλίδες εἰς χυτὰ ἀντικείμενα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῶν τῶν δοκιμασιῶν χρησιμοποιοῦνται συσκευαὶ ὑπερήχων, καθὼς ἐπίσης καὶ μέθοδοι ραδιογραφίας (ἀκτῖνες X ἢ γ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 6

Η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΛΙΨΕΩΣ

‘Η δοκιμασία έφελκυσμοῦ είναι ἡ σπουδαιοτέρα ἀπὸ τὰς μηχανικὰς δοκιμασίας καὶ ἡ κατὰ πρώτον ἐφαρμοσθεῖσα.

Διὰ τὴν δοκιμασίαν τοῦ ἐφελκυσμοῦ, κατάλληλον πρὸς τοῦτο δοκίμιον ἐκ τοῦ δοκιμαζομένου ύλικοῦ π.χ. ἐκ μαλακοῦ χάλυβος (σχ. 6·α) προσδένεται εἰς εἰδικὸν μηχάνημα ἐφελκυσμοῦ (σχ. 6·β). Τὸ



Σχ. 6·α.
Δοκίμιον ἐφελκυσμοῦ.

μηχάνημα αὐτὸ ἔχει δυνατότητα ἐφελκυσμοῦ ἢ θλίψεως τοῦ δοκιμίου. (Ἐφελκυσμός ὄνομάζεται ἡ καταπόνησις δοκιμίου, ὅταν αἱ ἐφαρμοζόμεναι δυνάμεις P , ἵσαι καὶ ἀντίθετοι, ἐνεργοῦν κατὰ μῆκος τοῦ ἀξονοῦ τοῦ δοκιμίου, τείνουν δὲ νὰ αὔξήσουν τὸ μῆκος του. Θλίψις ὄνομάζεται ἡ ἀντίθετος τοῦ ἐφελκυσμοῦ καταπόνησις, δηλαδὴ ὅταν αἱ ἵσαι καὶ ἀντίθετοι δυνάμεις P τείνουν νὰ ἐλαττώσουν τὸ μῆκος τοῦ δοκιμίου). Ἐπίσης ἐπὶ τοῦ δοκιμίου τοποθετεῖται εἰδικὴ συσκευὴ (μηκυνσιόμετρον) διὰ τὴν ἀκριβῆ μέτρησιν τῆς ἑκάστοτε παραμορφώσεώς του κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς δοκιμασίας. Τὸ μηχάνημα φέρει ἐνδεικτικὸν ὄργανον μετρήσεως τῆς ἐφαρμοζομένης δυνάμεως ἐφελκυσμοῦ ἢ θλίψεως.

Κατὰ τὴν δοκιμασίαν τοῦ ἐφελκυσμοῦ, εἰς κάθε τιμὴν τῆς ἐφαρμοζομένης δυνάμεως ἐφελκυσμοῦ, ποὺ μετρεῖται διὰ τοῦ πρὸς τοῦτο ὄργανου, ἀντιστοιχεῖ καὶ ὥρισμένη ἐπιμήκυνσις, ἢ ὅποια μετρεῖται διὰ τοῦ μηκυνσιομέτρου.

Έκ τῶν μετρουμένων τιμῶν τῆς δυνάμεως έφελκυσμοῦ καὶ τῆς ἐπιμηκύνσεως δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ λεγόμενον διάγραμμα έφελκυσμοῦ τοῦ δοκιμαζομένου ύλικοῦ διὰ τὸ χρησιμοποιηθὲν τυποποιημένον δοκίμιον (σχ. 6·γ).

Εἰς τὸν δριζόντιον ἄξονα τοῦ διαγράμματος έφελκυσμοῦ τίθεται ἡ λεγομένη εἰδίκη ἐπιμήκυνσις ε, ποὺ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$\epsilon = \frac{I - I_0}{I_0} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

ὅπου: I_0 εἶναι τὸ μῆκος δοκιμῆς τοῦ δοκιμίου (σχ. 6·α) εἰς πμ καὶ I εἰς πμ εἶναι τὸ μῆκος αὐτὸ μετὰ τὴν έφαρμογὴν τῆς δυνάμεως έφελκυσμοῦ P .

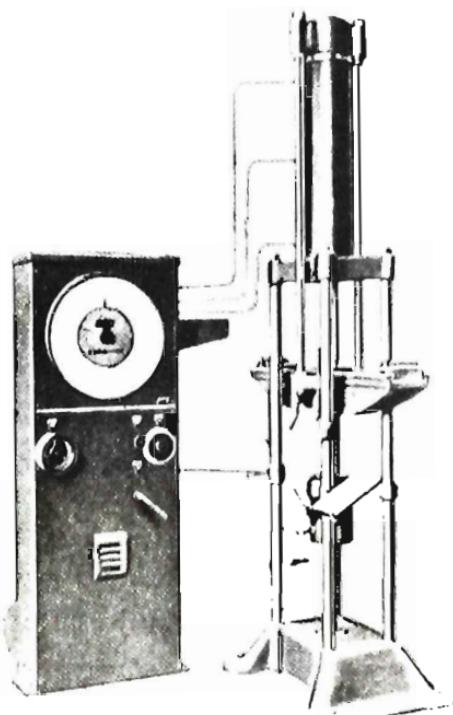
Ἡ εἰδικὴ ἐπιμήκυνσις εἶναι ἡ ἀνὰ μονάδα μήκους δοκιμῆς αὔξησις τοῦ μήκους τοῦ δοκιμίου.

Εἰς τὸν κατακόρυφον ἄξονα τοῦ διαγράμματος θέτομεν τὴν λεγομένην τάσιν έφελκυσμοῦ σ, δηλαδὴ τὴν δύναμιν ἀνὰ μονάδα ἐπιφανείας τῆς διατομῆς τοῦ δοκιμίου, ἡ ὅποια δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$\sigma = \frac{P}{F_0} \quad [\text{kN/mm}^2] \quad (2)$$

ὅπου: P εἰς kN εἶναι ἡ δύναμις έφελκυσμοῦ καὶ F_0 εἰς mm^2 εἶναι ἡ ἀρχικὴ διατομὴ τοῦ δοκιμίου.

Μελετῶντες τὸ διάγραμμα έφελκυσμοῦ μαλακοῦ χάλυβος (σχ. 6·γ), τὸ ὅποιον, ὅπως εἴπομεν, κατασκευάζεται ἀπὸ πειραματικὰ δεδομένα, παρατηροῦμεν τὰ ἔξῆς:

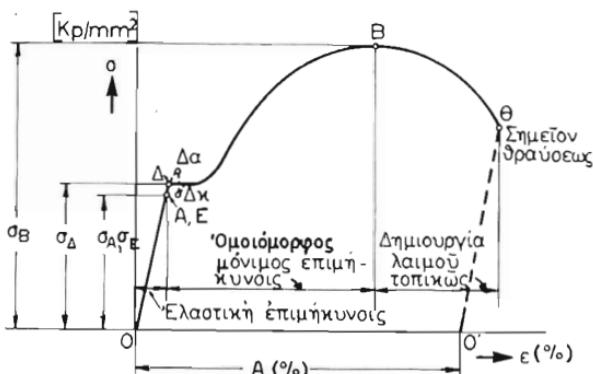


Σχ. 6·β.

Μηχάνημα έφελκυσμοῦ καὶ θλίψεως.

α) Τὸ τμῆμα ΟΑ τοῦ διαγράμματος εἶναι εύθυγραμμον, πρᾶγμα ποὺ σημαίνει ὅτι ἐντὸς τοῦ τμήματος αὐτοῦ ἡ τάσις ἐφελκυσμοῦ σ εἶναι ἀνάλογος τῆς εἰδικῆς ἐπιμηκύνσεως, δηλαδὴ διὰ νὰ προκληθῇ διπλασία π.χ. εἰδικὴ ἐπιμήκυνσις, χρειάζεται ἡ τάσις ἐφελκυσμοῦ νὰ διπλασιασθῇ. Τοῦτο ἔκφραζεται μαθηματικῶς διὰ τοῦ γνωστοῦ νόμου τοῦ Hooke:

$$\sigma = \epsilon \cdot E \quad [\text{kp/mm}^2] \quad (3)$$



Σχ. 6. γ.

Τὸ διάγραμμα ἐφελκυσμοῦ μαλακοῦ χάλυβος.

ὅπου: Ε εἰς kp/mm^2 εἶναι τὸ λεγόμενον μέτρον ἐλαστικότητος τοῦ ύλικοῦ τοῦ δοκιμίου. Τοῦτο εἶναι σταθερὸν διὰ κάθε ύλικὸν καὶ ἐπομένως λαμβάνει ἀναλόγως τοῦ ύλικοῦ ὥρισμένην τιμήν. Τὸ μέτρον ἐλαστικότητος ὅλων τῶν εἰδῶν ἐλαστοῦ σιδήρου καὶ χάλυβος κυμαίνεται μεταξὺ 2.10^4 καὶ $2.15.10^4 \text{ kp/mm}^2$.

Ἡ τάσις, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ σημεῖον Α τοῦ διαγράμματος, δύνομάζεται ὄριον ἀναλογίας, διότι μέχρι τοῦ σημείου αὐτοῦ αἱ τάσεις εἶναι ἀνάλογοι τῶν εἰδικῶν ἐπιμηκύνσεων (Νόμος τοῦ Hooke), καὶ παρίσταται ως σ.α. Τὸ ὄριον ἀναλογίας εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ μαλακοῦ χάλυβος συμπίπτει πρακτικῶς μὲ τὸ ὄριον ἐλαστικότητος σ.ε.

‘Ως ὄριον ἐλαστικότητος θεωροῦμεν τὴν τάσιν ἐφελκυσμοῦ, μέχρι τῆς ὁποίας ἡ ἐπιμήκυνσις (παραμόρφωσις) εἶναι ἐλαστική. ‘Αν δηλαδὴ ἀφαιρεθῇ τὸ φορτίον, τὸ δοκίμιον ἐπανέρχεται εἰς τὴν πρὸ τῆς φορτίσεως κατάστασίν του ἀπὸ ἀπόψεως διαστάσεων, πρᾶγμα τὸ ὅποιον σημαίνει ὅτι οὐδεμία μόνιμος παραμόρφωσις τοῦ δοκιμίου

παρατηρεῖται. Εἰς ἄλλα μέταλλα, κράματα ἢ ύλικὰ γενικῶς, εἶναι δυνατὸν νὰ μὴ συμπίπτουν τὰ ὅρια ἀναλογίας καὶ ἐλαστικότητος.

β) Ἐλαφρῶς ἄνω τοῦ ὄριου ἐλαστικότητος ἐμφανίζεται αἰφνιδία μόνιμος παραμόρφωσις, ἃνευ ούσιώδους μεταβολῆς τῆς ἐφαρμοζούμενης δυνάμεως ἔφελκυσμοῦ. Ἡ τάσις σ.Δ. εἰς τὴν ὁποίαν συμβαίνει αὐτό, ὀνομάζεται ὅριον διαρροῆς. Πολλάκις παρατηρεῖται ἀνωμαλία εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ὄριου διαρροῆς (σχ. 6·γ), ὅπότε διακρίνομεν ἀνώτερον σ.Δ. καὶ κατώτερον σ.Δ. ὅριον διαρροῆς.

γ) Μετὰ τὸ ὅριον διαρροῆς, ἡ αὔξησις τῆς τάσεως ἔφελκυσμοῦ συνοδεύεται ἀπὸ ἔντονον αὐξήσιν τῆς εἰδικῆς ἐπιμηκύνσεως ὁμοιομόρφως καθ' ὅλον τὸ μῆκος δοκιμῆς τοῦ δοκιμίου, ἡ ὁποία εἶναι πλαστικὴ (μόνιμος) κατὰ τὸ ἀσυγκρίτως μεγαλύτερον μέρος. Ἀπὸ τοῦ σημείου Β τοῦ διαγράμματος καὶ πέρα, τὸ δοκίμιον ἀρχίζει νὰ σχηματίζῃ λαιμὸν εἰς κάποιαν θέσιν. Ἐνῶ ἡ τάσις ἔφελκυσμοῦ ἐλαττώνεται (πτῶσις τῆς καμπύλης), ἡ ἐπιμήκυνσις τοῦ δοκιμίου συνεχίζεται, μέχρι ὅτου ἐπέλθῃ ἡ θραύσις τοῦ δοκιμίου (σημεῖον Θ τοῦ διαγράμματος). Ἡ πτῶσις τῆς καμπύλης δὲν σημαίνει ὅτι ἡ ἀντοχὴ εἰς ἔφελκυσμὸν τοῦ δοκιμίου ἡλαττώθη, ἀντιθέτως ηὔξηθη, διότι τὸ δοκίμιον ὑφίσταται σκλήρωσιν (Κεφάλ. 10). Ἡ πτῶσις αὐτὴ ἔξηγείται ἐκ τοῦ ὅτι ἡ τάσις ἔφελκυσμοῦ ὑπολογίζεται βάσει τῆς ἀρχικῆς διατομῆς τοῦ δοκιμίου (σχέσις 2) καὶ οὐχὶ ἐπὶ τῆς ἐκάστοτε ἐλαχίστης διατομῆς λόγω τῆς δημιουργίας τοῦ λαιμοῦ.

Ἐκ τοῦ πειράματος τοῦ ἔφελκυσμοῦ, ὅπως τοῦτο περιεγράφη, μέχρι τῆς θραύσεως τοῦ δοκιμίου προκύπτουν τὰ ἀκόλουθα στοιχεῖα κρίσεως τῶν μηχανικῶν ἰδιοτήτων τοῦ ύλικοῦ τοῦ δοκιμίου:

- Τὸ μέτρον ἐλαστικότητος (ὅπως ἔχει ἡδη ὄρισθη).
- Τὸ ὅριον διαρροῆς (ὅπως ἔχει ἡδη ὄρισθη).

— Τὸ ὅριον θραύσεως σ.Β (σχ. 6·γ), ποὺ ὄριζεται ως ἡ μεγίστη τάσις ἔφελκυσμοῦ, ἡ ὁποία ἀνεπτύχθη εἰς τὸ ύλικὸν πρὸ τῆς θραύσεως καὶ ποὺ μετρεῖται εἰς kp/mm². Κατὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς χρησιμοποιεῖται ἡ ἀρχικὴ διατομὴ τοῦ δοκιμίου F_0 .

— Ἡ εἰδικὴ ἐπιμήκυνσις θραύσεως A(%), ποὺ λαμβάνεται ως ἡ μόνιμος εἰδικὴ ἐπιμήκυνσις τοῦ δοκιμίου μέχρι τῆς θραύσεως καὶ ποὺ πρακτικῶς προσδιορίζεται ἀπὸ τὸ διάγραμμα ἔφελκυσμοῦ, ἂν φέρωμεν τὴν εύθειαν ΘΟ' παράλληλον πρὸς τὴν ΑΟ (σχ. 6·γ). Τὸ μέγεθος αὐτὸς χαρακτηρίζει τὴν λεγομένην πλαστικότητα τοῦ μετάλλου.

— 'Η ειδική έκλεπτυνσις θραύσεως Σ [%], που δίδεται άπό την σχέσιν:

$$\Sigma = \frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4)$$

ὅπου: F_0 είς mm^2 ή άρχική διατομή τοῦ δοκιμίου καὶ F είς mm^2 ή μετά τὴν θραῦσιν ἐλαχίστη διατομή αὐτοῦ.

'Η γνῶσις ὅλων ἡ ὥρισμένων ἐκ τῶν μηχανικῶν αὐτῶν ἴδιοτήτων χρειάζεται εἰς τὴν πρᾶξιν πρὸς χαρακτηρισμὸν τῶν μετάλλων ἡ κραμάτων, ὅπως θὰ ἴδωμεν εἰς τὸ μέρος τῆς βιομηχανικῆς χρήσεως αὐτῶν.

"Εχοντες ὡς βάσιν τὸ πείραμα τοῦ ἔφελκυσμοῦ, διακρίνομεν τὰ ὑλικὰ εἰς συνεκτικὰ καὶ εἰς ψαθυρά. Συνεκτικὰ είναι τὰ ὑλικὰ ἐκεῖνα, διὰ τὰ ὅποια τὸ στάδιον τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ ἔφελκυσμοῦ, είναι μακρόν. Ψαθυρὰ ὑλικὰ είναι ἐκεῖνα, διὰ τὰ ὅποια συμβαίνει τὸ ἀντίθετον. Συνεκτικὸν ὑλικὸν είναι ὁ μαλακὸς χάλυψ, ὅπως ἐμελετήθη κατὰ τὸ πείραμα τοῦ ἔφελκυσμοῦ, ἐνῶ ψαθυρὰ ὑλικὰ είναι τὸ τσιμεντοκονίαμα, ὁ χυτοσίδηρος, ὁ λίθος καὶ ἄλλα.

Κατὰ τὴν δοκιμασίαν θλίψεως συνεκτικῶν ὑλικῶν παρατηροῦνται περίπου τὰ αὐτά, ὅπως καὶ κατὰ τὴν δοκιμασίαν τοῦ ἔφελκυσμοῦ. 'Η ειδικὴ βράχυνσις τοῦ δοκιμίου, εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς θλίψεως, είναι καὶ πάλιν μέχρις ἐνὸς ὄριου ἀνάλογος τῆς ἀναπτυσσομένης τάσεως θλίψεως. Τὸ δοκίμιον συνήθως δὲν θραύεται, ἀλλὰ λαμβάνει πεπλατυσμένον σχῆμα, ἐνῶ διαστέλλεται ἐγκαρσίως.

'Η δοκιμασία θλίψεως ἔχει μεγάλην σημασίαν διὰ τὰ ψαθυρὰ ὑλικά, τὰ ὅποια καὶ εἰς τὴν πρᾶξιν καταπονοῦνται κυρίως εἰς θλῖψιν. Κατὰ τὴν δοκιμασίαν θλίψεως τῶν ὑλικῶν αὐτῶν παρατηροῦνται σοβαραὶ ἀποκλίσεις ἐν συγκρίσει πρὸς ὅ,τι συμβαίνει κατὰ τὴν θλῖψιν συνεκτικῶν ὑλικῶν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 7

Η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΟΣ

Σκληρότης μετάλλου ή κράματος, άλλα και οίουδήποτε στερεού ύλικου όνομάζεται ή αντίστασις, τὴν ὅποιαν παρουσιάζει εἰς τὴν διείσδυσιν ξένου σώματος, τὸ ὅποιον καταλλήλως πιέζεται ἐπ' αὐτοῦ.

Πολλαὶ μέθοδοι ἔχουν κατὰ καιροὺς χρησιμοποιηθῆ διὰ τὴν μέτρησιν τῆς σκληρότητος, τέσσαρες ὅμως ἐξ αὐτῶν χρησιμοποιοῦνται σήμερον βασικῶς: ή μέθοδος Brinell, ή μέθοδος Vickers, ή μέθοδος Rockwell καὶ ή μέθοδος Shore.

7 · 1 Ή μέθοδος Brinell.

Ἡ δοκιμασία σκληρότητος κατὰ Brinell εἶναι ἡ πλέον γνωστή, ἐπενοήθη δὲ καὶ ἔχρησιμοποιηθῆ διὰ πρώτην φορὰν ὑπὸ τοῦ Σουηδοῦ μηχανικοῦ Johan Brinell τὸ 1900.

Κατὰ τὴν δοκιμασίαν αὐτήν, βαμμένη (σκληρὰ) χαλυβδίνη σφαῖρα τυποποιημένης διαμέτρου πιέζεται καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοκιμίου ἢ τοῦ τεμαχίου, τοῦ ὅποιου πρόκειται νὰ μετρήσωμεν τὴν σκληρότητα. Ἡ ἐπιβαλλομένη δύναμις (φορτίον δοκιμασίας) εἶναι ἐπίσης τυποποιημένη.

Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ δοκιμίου λειαίνεται διὰ ρίνης καὶ κατόπιν διὰ σμυρδιοπάνου. Ἡ σφαῖρα, πιεζομένη ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας σχηματίζει σφαιρικήν κοιλότητα, ἡ ὅποια ἔχει τόσον μεγαλυτέραν διάμετρον, ὅσον τὸ ύλικὸν εἶναι μαλακώτερον, διὰ τὸ αὐτὸν ὅμως φορτίον δοκιμασίας.

Ἡ σκληρότης κατὰ Brinell H_B , εἰς kp/mm^2 ἢ εἰς βαθμούς Brinell, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$H_B = \frac{P}{F} \quad [\text{kp/mm}^2] \quad (5)$$

ὅπου: P εἰς kp εἶναι τὸ φορτίον δοκιμασίας καὶ F εἰς mm^2 εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τῆς σχηματιζομένης κατὰ τὴν δοκιμασίαν σφαιρικῆς κοιλότητος.

Ἡ ἐπιφάνεια F προσδιορίζεται ἐκ τῆς σχέσεως:

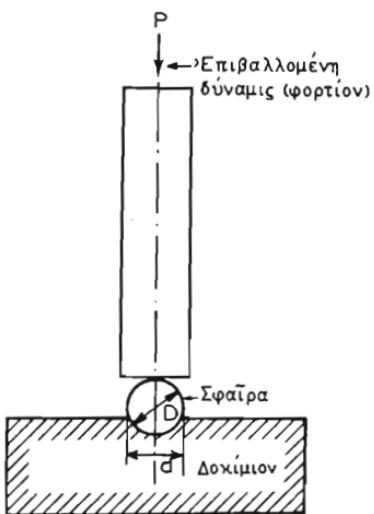
$$F = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \quad [\text{mm}^2] \quad (6)$$

όπου: D καὶ d εἰς mm είναι ή διάμετρος τῆς σφαίρας καὶ τῆς σφαιρικῆς κοιλότητος ἀντιστοίχως (σχ. 7 · 1 α).

Συμφώνως πρὸς τὸν ὄρισμὸν αὐτὸν, ή σκληρότης κατὰ Brinell παριστᾶ τὴν ἀσκουμένην πίεσιν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἑπαφῆς σφαίρας - δοκιμίου.

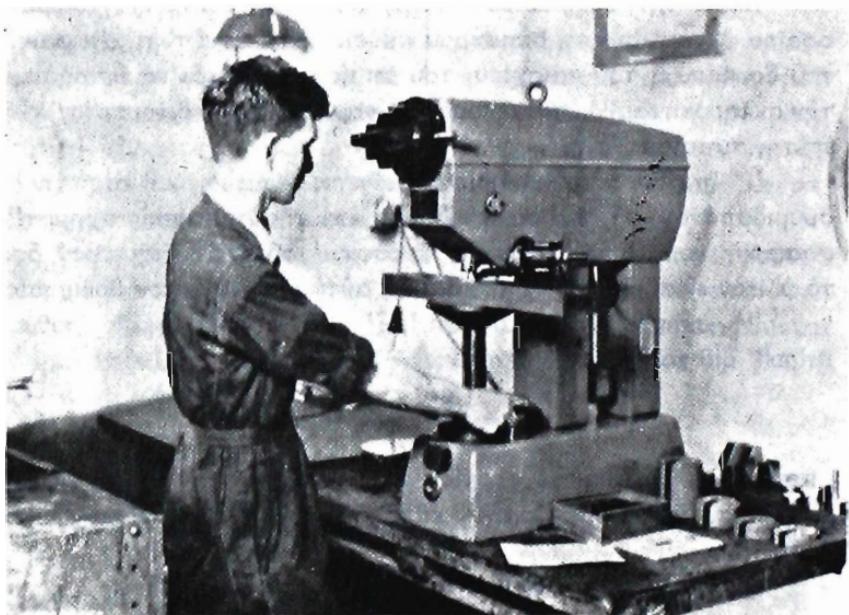
Ἡ δοκιμασία γίνεται μὲ εἰδιδικὰς μηχανάς, ποὺ ὀνομάζονται σκληρόμετρα (σχ. 7 · 1 β).

Πρὸς ἀποφυγὴν πολυτπλόκων ὑπολογισμῶν, ή σκληρότης δίδεται ἀπὸ πίνακας, ποὺ συντάσσονται διὰ τυποποιημένας τιμᾶς τοῦ φορτίου P καὶ τῆς διαμέτρου τῆς



Σχ. 7 · 1 α.

Διάταξις τῆς δοκιμασίας σκληρότητος κατὰ Brinell.



Σχ. 7 · 1 β.

Σκληρόμετρον διὰ μέτρησιν τῆς σκληρότητος κατὰ τὴν μέθοδον Brinell καὶ Vicker.

σφαίρας D, άφοῦ ὅμως μετρηθῇ ἐν μεγεθύνσει εἰς τὸ σκληρόμετρον ἡ διάμετρος d τοῦ ἵχνους τῆς σφαίρας ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας.

Διὰ νὰ ἔχωμεν κατὰ τὴν δοκιμασίαν αὐτὴν τῆς σκληρότητος ἀξιόπιστα καὶ συγκρίσιμα ἀποτελέσματα, ὁ λόγος $\frac{P}{D^2}$ ἔχει τυποποιηθῆ (P εἰς kp καὶ D εἰς mm) διὰ διάφορα ύλικά, ὅπως λ.χ.

'Υλικόν	$\frac{P}{D^2}$
Χάλυψ	30
Κράματα χαλκοῦ	10
Χαλκὸς καὶ κράματα ἀργιλίου	5
Μόλυβδος καὶ κράματα κασσιτέρου	1

"Ετσι, κατὰ τὴν δοκιμασίαν χαλυβδίνου τεμαχίου, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν σφαίραν μὲ διάμετρον 10 mm ἐν συνδυασμῷ μὲ φορτίον 3000 kp ($\frac{P}{D^2} = \frac{3000}{10^2} = 30$) ἢ σφαίραν διαμέτρου 5 mm μὲ φορτίον 750 kp ($\frac{P}{D^2} = \frac{750}{5^2} = 30$).

Τὸ πάχος τοῦ δοκιμίου ἢ τοῦ τεμαχίου, διὰ νὰ ἔχωμεν ἀκριβεῖς μετρήσεις, θὰ πρέπει νὰ είναι 7 φοράς κατ' ἐλάχιστον μεγαλύτερον τοῦ βάθους τῆς κοιλότητος διὰ τὰ σκληρὰ μέταλλα καὶ 15 φοράς μεγαλύτερον διὰ τὰ μαλακά.

"Έχει εύρεθῆ, ὅτι μεταξὺ τῆς σκληρότητος κατὰ Brinell H_B καὶ τοῦ ὄριου θραύσεως σ_B τῶν μετάλλων ἡ κραμάτων ὑπάρχει σχέσις, πρᾶγμα ποὺ μᾶς ἐπιτρέπει — μὲ παραδεκτὴν ἀκρίβειαν διὰ τὰς ἐφαρμογὰς — νὰ προσδιορίζωμεν τὸ ὄριον θραύσεως ἀπὸ τὴν εὔκόλως μετρουμένην σκληρότητα κατὰ Brinell. Δίδονται πρὸς τοῦτο αἱ ἔξῆς σχέσεις:

$$\begin{aligned} \text{Χάλυβες} & \quad \sigma_B = (0,34 - 0,36) H_B \\ \text{'Αργιλίου} & \quad \sigma_B = 0,33 H_B \\ \text{Κράματα ἀργιλίου} & \quad \sigma_B = 0,37 H_B \\ \text{Χαλκὸς καὶ κράματα χαλκοῦ} & \quad \sigma_B = (0,40 - 0,55) H_B \end{aligned} \tag{7}$$

7.2 Ή μέθοδος Vickers.

Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν ἀντὶ σφαίρας, ὅπως κατὰ τὴν μέθοδον Brinell, χρησιμοποιεῖται ἀδαμαντίνη πυραμὶς τετραγωνικῆς βάσεως,

ή όποια πιεζομένη ἐπὶ τοῦ δοκιμίου δίδει γεωμετρικῶς ὁμοίας κοιλότητας διὰ διαφορετικὰ φορτία δοκιμασίας P.

‘Η κορυφὴ τῆς ἀδαμαντίνης πυραμίδος ἔχει γωνίαν 136° καὶ τὸ φορτίον μεταβάλλεται ἀπὸ 5 ἕως 120 kp.

‘Η δοκιμασία ἔκτελεῖται εἰς σκληρόμετρον, ὅπως καὶ ἡ δοκιμασία κατὰ Brinell (σχ. 7·1 β.).

‘Η πυραμὶς πιεζομένη ἀφήνει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοκιμίου τετραγωνικὴν κοιλότητα, τῆς ὅποιας μετροῦμεν τὴν διαγώνιον διὰ μικροσκοπίου, τὸ ὅποιον φέρει καὶ κατάλληλον ὅργανον μετρήσεως μήκους. Αἱ κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον λαμβανόμεναι μετρήσεις τῆς διαγώνιού τοῦ τετραγωνικοῦ ἵχνους τῆς πυραμίδος μετατρέπονται εἰς σκληρότητα κατὰ Vickers Hv μὲ τὴν βοήθειαν πινάκων.

‘Ἐπειδὴ τὰ ἵχνη τῆς πυραμίδος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοκιμίου εἰναι πολὺ μικρῶν διαστάσεων, ἡ μέθοδος αὐτὴ ἐνδείκνυται διὰ μέτρησιν τῆς σκληρότητος λείων καὶ σκληρῶν ἐπιφανειῶν.

Γενικῶς, ἡ μέθοδος μετρήσεως τῆς σκληρότητος κατὰ Vickers χρησιμοποιεῖται μὲ ίκανοποιητικὰ ἀποτελέσματα διὰ σκληρὰ ύλικά, ἐνῶ ἡ μέθοδος κατὰ Brinell διὰ μαλακὰ ύλικά.

7·3 Ή μέθοδος Rockwell.

‘Η δοκιμασία αὐτὴ τῆς σκληρότητος ἔκτελεῖται ταχέως εἰς τὸ ἔργοστάσιον καὶ μὲ προσωπικὸν μὴ ἔξειδικευμένον.

Τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων δίδονται ἀπ’ εύθείας εἰς κατάλληλον μετρητικὸν ὅργανον. ‘Υπολογίζεται ὅτι εἰναι δυνατὴ ἡ ἐκτέλεσις 300 περίπου μετρήσεων αὐτοῦ τοῦ εἰδους ἀνὰ ὥραν.

Κατὰ τὴν δοκιμασίαν αὐτὴν χρησιμοποιοῦνται δύο κλίμακες: ἡ κλίμαξ Rockwell B καὶ ἡ κλίμαξ Rockwell C.

“Οταν χρησιμοποιῆται ἡ κλίμαξ B, χαλυβδίνη σφαῖρα διαμέτρου $1/16$ in πιεζεῖται ἐπὶ τοῦ δοκιμίου μὲ συνολικὸν φορτίον 100 kp. ‘Η κλίμαξ αὐτὴ ἐφαρμόζεται διὰ τὴν μέτρησιν τῆς σκληρότητος μαλακῶν χαλύβων καὶ σκληροτέρων μὴ σιδηρούχων μετάλλων καὶ κραμάτων.

Κατὰ τὴν χρησιμοποίησιν τῆς κλίμακος Rockwell C, κῶνος ἐξ ἀδάμαντος μὲ γωνίαν κορυφῆς 120° πιεζεῖται ἐπὶ τοῦ τεμαχίου μὲ συνολικὸν φορτίον 150 kp. ‘Η κλίμαξ αὐτὴ ἐφαρμόζεται διὰ τὴν μέτρησιν τῆς σκληρότητος σκληρῶν χαλύβων.

Ή δοκιμασία γίνεται ώς έξης: Τὸ τεμάχιον τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς τραπέζης τοῦ σκληρομέτρου καὶ πιέζεται ἀρχικῶς ἡ σφαῖρα (κλίμαξ B) ἢ ὁ κῶνος(κλίμαξ C) μὲν προκαταρκτικὸν φορτίον 10 kp. Ἀκολούθως, μηδενίζεται τὸ μετρητικὸν ὅργανον καὶ ἐφαρμόζεται τὸ κανονικὸν φορτίον, τὸ ὅποιον μετὰ τὴν συμπίεσιν ἀφαιρεῖται καὶ παραμένει τὸ προκαταρκτικὸν φορτίον τῶν 10 kp, ὅπότε γίνεται καὶ ἡ μέτρησις τῆς σκληρότητος κατὰ Rockwell. Κατόπιν ἀφαιρεῖται τὸ προκαταρκτικὸν φορτίον καὶ τὸ τεμάχιον ἀποσύρεται ἀπὸ τὴν τράπεζαν τοῦ σκληρομέτρου.

7·4 Ή μέθοδος Shore.

Μέχρι τώρα ἔχομεν ἀσχοληθῆ μὲ δοκιμασίας μετρήσεως σκληρότητος, κατὰ τὰς ὅποιας τὸ τεμάχιον ἡ δοκίμιον τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς τραπέζης τοῦ σκληρομέτρου, δημιουργεῖται δὲ διὰ σφαῖρας, διὰ πυραμίδος ἢ διὰ κώνου κοιλότης ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ τεμαχίου καὶ ἀκολούθως προσδιορίζεται ἡ σκληρότης ἐκ τῶν διαστάσεων τῆς κοιλότητος. Εἰς ὥρισμένας ὅμως περιπτώσεις τὸ μέγεθος τῆς κοιλότητος εἶναι ἀπαραδέκτως μέγα διὰ τὴν καλὴν λειτουργίαν τοῦ τεμαχίου. Ἐπίσης, τὸ τεμάχιον δυνατὸν νὰ εἶναι πολὺ μεγάλων διαστάσεων διὰ νὰ τοποθετηθῇ εἰς τὴν τράπεζαν τοῦ σκληρομέτρου (μῆτραι σφυρηλασίας, ὁδοντωτοὶ τροχοὶ στροβίλων καὶ ἄλλα).

Αἱ δυσχέρειαι αὐταὶ ἀποφεύγονται μὲ τὴν δοκιμασίαν σκληρότητος κατὰ Shore. Συμφώνως πρὸς τὴν μέθοδον αὐτήν, μικρὰ σφῦρα μὲ ἐστρογγυλευμένην ἀδαμαντίνην ἀκίδα, βάρους 1/12 ούγγιας, ἀφίνεται νὰ πέσῃ ἐλευθέρως ἐντὸς ύψους τοῦ τεμαχίου 10 in. Ἐπὶ κλίμακος βαθμονομημένης εἰς 140 ἵσας ὑποδιαιρέσεις καὶ τοποθετημένης ὅπισθεν τοῦ σωλῆνος μετρεῖται τὸ ὑψος, εἰς τὸ ὅποιον ἀναπτηδᾶ ἡ σφῦρα.

Τὸ ὑψος ἀναπτηδήσεως τῆς σφύρας εἶναι μεγαλύτερον διὰ τὰ σκληρότερα ύλικά. Ἐπὶ τοῦ τεμαχίου οὐδὲν ἵχνος ἀπομένει μετὰ τὴν δοκιμασίαν.

Τυπικοὶ βαθμοὶ σκληρότητος κατὰ Shore διὰ σκληροὺς χάλυβας εἶναι 95 ἔως 100 καὶ διὰ μαλακοὺς 22 ἔως 25.

Εἰς τὸν Πίνακα 7·4·1 δίδεται διὰ χάλυβας ἡ ἀντιστοιχία βαθμῶν σκληρότητος μετρουμένη συμφώνως πρὸς τὰς ἀναπτυχθείσας μεθόδους.

Π Ι Ν Α Ξ 7-4-1

Βαθμών σκληρότητος διὰ χάλυβας κατὰ τὰς διαφόρους μεθόδους μετρήσεως

Σκληρότης κατὰ Brinell P = 3000 kp, D = 10 mm		Σκληρότης κατὰ Rockwell		Σκληρότης κατὰ Vickers	Σκληρότης κατὰ Shore
d [mm]	H _B [kp/mm ²]	Κλίμαξ B P = 100 kp	Κλίμαξ C P = 150 kp	—	—
2,30	712	—	66	860	106
2,40	653	—	63	780	100
2,50	601	—	59	690	94
2,60	555	—	56	639	88
2,70	514	—	52	558	81
2,80	477	—	49	508	76
2,90	444	—	47	476	72
3,00	415	—	44	439	67
3,10	388	—	41	402	62
3,20	363	—	39	380	58
3,30	341	—	37	360	55
3,40	321	—	35	341	52
3,50	302	—	33	324	48
3,60	285	—	30	302	44
3,70	269	—	28	289	42
3,80	255	—	26	274	40
3,90	241	100	23	256	38
4,00	229	98	21	245	36
4,10	217	96	19	235	34
4,20	207	94	17	225	33
4,30	197	92	14	210	31
4,40	187	90	12	198	30
4,50	179	88	10	186	29
4,60	170	86	8	173	28
4,70	163	84	6	—	27
4,80	156	82	4	—	26
4,90	149	80	2	—	25
5,00	143	78	—	—	—
5,10	137	75	—	—	—
5,20	131	73	—	—	—
5,30	126	71	—	—	—
5,40	121	68	—	—	—
5,50	116	65	—	—	—
5,70	111	62	—	—	—
5,70	107	60	—	—	—

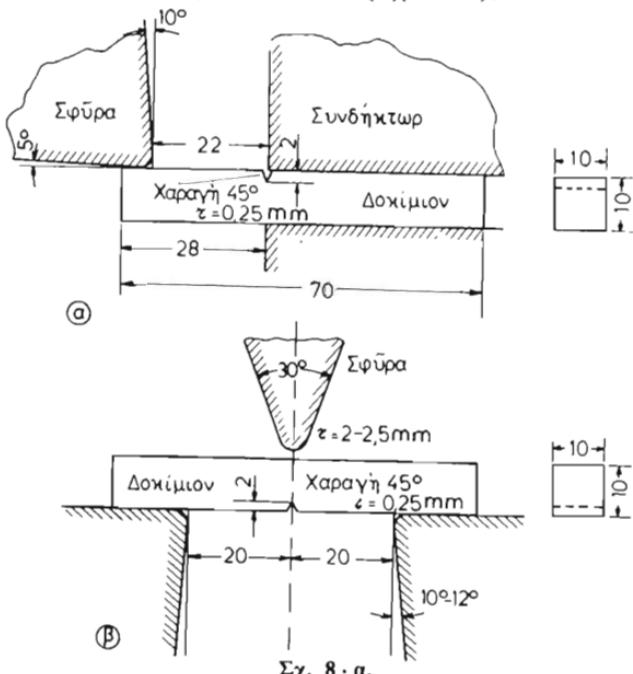
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 8

Η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΕΙΣ ΚΡΟΥΣΙΝ (ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΟΣ)

Η άντοχή τῶν μετάλλων εἰς κροῦσιν, δηλαδὴ εἰς ἀποτόμως ἐφαρμοζομένην ἐπὶ τοῦ δοκιμίου δύναμιν, εἶναι μεγάλης σπουδαιότητος διὰ τὴν πρᾶξιν, κυρίως διὰ μέρη μηχανῶν καὶ κατασκευῶν, ποὺ καταπονοῦνται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, κατὰ τὴν λειτουργίαν τῶν.

Κατωτέρω θὰ περιγράψωμεν τὴν δοκιμασίαν εἰς κροῦσιν, ἐκ τῆς ὁποίας, ὅπως θὰ ἀναφέρωμεν, προσδιορίζεται ἡ δυσθραυστότης. σημαντικὴ μηχανικὴ ἴδιότης τῶν μετάλλων.

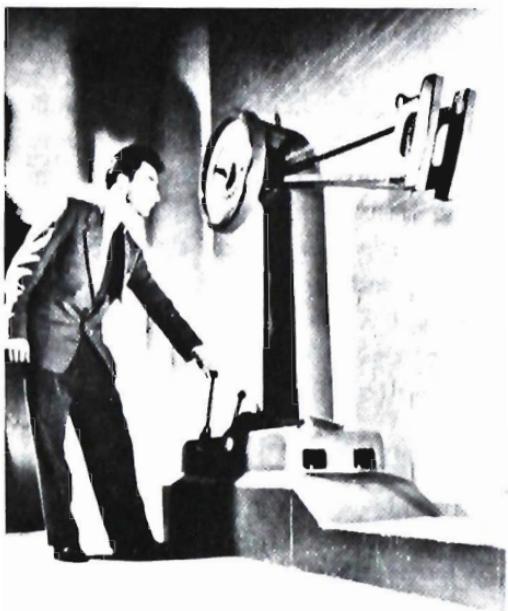
Κατὰ τὴν μέθοδον δοκιμασίας εἰς κροῦσιν Charpy ή Izod χρησιμοποιοῦνται τυποποιημένα δοκίμια (σχ. 8·α), τὰ ὅποια φέρουν εἰς



Τυποποιημένα δοκίμια καὶ τρόπος ἐπιβολῆς τοῦ φορτίου κατὰ τὴν δοκιμασίαν εἰς κροῦσιν: α) Μέθοδος Izod. β) Μέθοδος Charpy.

τὴν μίαν των πλευρὰν χαραγήν. Η χαραγή αύτὴ βοηθεῖ εἰς τὴν θραῦσιν τοῦ δοκιμίου.

Τὸ δοκίμιον τοποθετεῖται καταλλήλως εἰς τὴν βάσιν τῆς μηχανῆς δοκιμασίας εἰς κροῦσιν (σχ. 8·β) εἰς εἰδικὸν συνδήκτορα (μέγγενην). Κατόπιν κρούεται διὰ βαρείας σφύρας κινουμένης ὑπὸ μορφὴν ἐκκρεμοῦς. Κατὰ τὴν μέθοδον Charpy, ὅποτε τὸ δοκίμιον στηρίζεται εἰς τὰ δύο του ἄκρα — ἀμφιέρειστος δοκὸς —, ἡ κροῦσις γίνεται εἰς τὸ μέσον. Κατὰ τὴν μέθοδον Izod, ὅποτε τὸ δοκίμιον στηρίζεται εἰς τὸ ἔνα του ἄκρον — πρόβολος —, ἡ κροῦσις γίνεται εἰς τὸ ἄλλο ἔλευθερον ἄκρον.



Σχ. 8·β.

Η μηχανή δοκιμασίας εἰς κροῦσιν.

cm^2 , λαμβάνεται ως μέτρον τῆς ἀντοχῆς τοῦ ύλικοῦ εἰς κροῦσιν καὶ δονομάζεται δυσθραυστότης τοῦ ύλικοῦ. Η δυσθραυστότης κατὰ συνέπειαν δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$\rho = \frac{E}{F_0} \quad [\text{kpm/cm}^2] \quad (8)$$

Τὸ ἔργον, ποὺ καταναλίσκεται διὰ τὴν θραῦσιν τοῦ δοκιμίου, προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς θέσεις, ποὺ λαμβάνει ἡ σφύρα (ἐκκρεμές) πρὸ καὶ μετὰ τὴν θραῦσιν τοῦ δοκιμίου. Η μηχανή δοκιμασίας εἰς κροῦσιν μᾶς δίδει ἐκάστοτε ἐπὶ βαθμονομημένης κλίμακος τὸ καταναλωθὲν διὰ τὴν θραῦσιν τοῦ δοκιμίου ἔργον μέσω δείκτου κινουμένου μετὰ τῆς σφύρας.

Εις τὸν Πίνακα 8·1 δίδονται ἐνδεικτικῶς αἱ μηχανικαὶ ἴδιότητες μερικῶν καθαρῶν μετάλλων.

Π Ι Ν Α Ξ 8·1

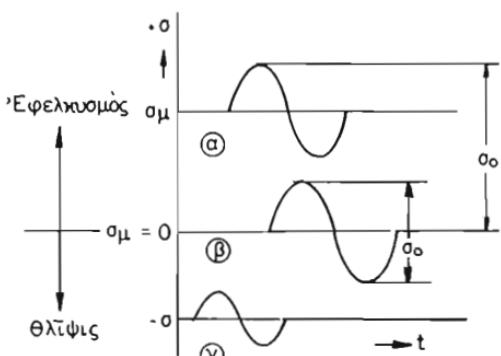
Μηχανικαὶ ἴδιότητες συνήθων καθαρῶν μετάλλων

Μέταλλον	Όριον θραύσεως σ_B [kp/mm ²]	Ἐπιμήκυνσις θραύσεως Α [%]	Σκληρότης κατὰ Brinell H _B [kp/mm ²]	Δυσθραυ- στότης ρ [kpm/cm ²]
Άργιλον	7 – 11	35 – 45	15 – 20	10 – 11
Κασσίτερος	2,75	40	5	—
Μαγνήσιον	17 – 19	4,6 – 6,0	33	—
Μόλυβδος	1,10 – 1,90	50 – 70	7,0	—
Νικέλιον	11 – 18	35 – 45	80 – 100	19
Σίδηρος	18 – 25	40 – 50	50 – 70	16 – 20
Χαλκός	21 – 24	38 – 50	40	6 – 10
Ψευδάργυρος	14 – 20	18 – 35	30 – 32	0,6 – 0,8

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 9

Η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΚΟΠΩΣΕΩΣ

Κόπωσιν δυνομάζομεν τήν καταπόνησιν ύλικοῦ, ὅταν ἐφαρμόζωνται ἐπί αὐτοῦ ἐπαναληπτικὰ φορτία μὲ ἐπακόλουθον τήν ἀνάπτυξιν ἐπαναληπτικῶν τάσεων. Ἐπαναληπτικαὶ τάσεις εἰναι ἑκεῖναι, ποὺ μεταβάλλονται συναρτήσει τοῦ χρόνου t . Εἰς τήν πρᾶξιν ἔχουν δια-



Σχ. 9·α.

Τιμαὶ τῶν τάσεων δυναμικῆς καταπονήσεως.

στικαὶ καὶ κατὰ τήν ἄλλην θλιπτικαὶ β ἢ μόνον θλιπτικαὶ γ .

Ἡ συμπεριφορὰ ἐν γένει τῶν ύλικῶν ἔναντι τῶν ἐπαναληπτικῶν φορτίων δὲν εἰναι ἡ ἴδια μὲ τήν συμπεριφοράν των ἔναντι στατικῶν φορτίων, δηλαδὴ φορτίων ποὺ παραμένουν σταθερὰ συναρτήσει τοῦ χρόνου.

Ἐχει παρατηρηθῆ ὅτι τεμάχια μηχανῶν ἀπὸ ἐλατὰ μέταλλα (παράγρ. 2·4) θραύονται συχνὰ κατὰ τήν λειτουργίαν των, ὅταν φορτίζωνται ἀπὸ ἐπαναληπτικὰ φορτία, τὰ ὅποια εἰναι δυνατὸν νὰ δημιουργοῦν τάσεις, αἱ ὅποιαι εἰναι κατὰ πολὺ κάτω τοῦ ὁρίου ἐλαστικότητος τοῦ μετάλλου. Τὰ πειράματα ἔχουν ἀποδείξει, ὅτι ἡ θραῦσις λόγω κοπώσεως ἐπέρχεται κατόπιν προοδευτικῆς ρήξεως τοῦ ύλικοῦ, χωρὶς νὰ παρατηρῇται προηγουμένως ἐμφανῆς μόνιμος παραμόρφωσις.

Ἡ σημασίᾳ τῆς κοπώσεως εἰναι σημαντικὴ διὰ τήν πρᾶξιν, διότι μέγα ποσοστὸν (περίπου 90%) περιπτώσεων θραύσεως τε-

φόρους μορφάς, κατὰ τήν δοκιμασίαν ὅμως τῆς κοπώσεως, ὅπως θὰ ἀναφέρωμεν κατωτέρω, ἡ συνήθης μορφὴ τῶν ἐπαναληπτικῶν τάσεων, ποὺ ἐφαρμόζονται ἐπὶ τοῦ δοκιμίου, εἰναι ἐναλλασσομένη (σχ. 9·α).

Αἱ τάσεις αύται δύνανται νὰ εἰναι μόνον ἐφελκυστικαὶ α ἢ κατὰ τήν μίαν ἡμιπερίοδον ἐφελκυ-

μαχίων μηχανῶν, ιδιαιτέρως ὄχημάτων καὶ ἀεροσκαφῶν ὀφείλονται εἰς κόπωσιν καὶ μόνον 10% εἰς ύπερβασιν τοῦ ὄρίου θραύσεως.

Εις τὸ σχῆμα 9·β φαίνεται ἐπιφάνεια θραύσεως ἄξονος ἐκ μαλακοῦ χάλυβος λόγω κοπώσεως, ἡ ὅποια περιλαμβάνει σαφῶς δύο περιοχάς: Τὴν περιοχὴν A, λείαν καὶ πολλὰς φορὰς μὲ γραμμώσεις, ἡ ὅποια ὀφείλει τὴν δημιουργίαν της εἰς τὸ ἔλαττωμα Γ τοῦ ὑλικοῦ, ποὺ φαίνεται εἰς τὴν κορυφὴν τῆς φωτογραφίας, καὶ τὴν περιοχὴν B, τραχείαν καὶ χονδρόκοκκον μὲ ἐμφανεῖς παραμορφώσεις τοῦ ὑλικοῦ. Ἡ πρώτη περιοχὴ δημιουργεῖται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς καταπονήσεως τοῦ ὑλικοῦ εἰς ἐπαναληπτικὰ φορτία, ἡ δὲ λείανσίς της ὀφείλεται εἰς τὴν τριβὴν μεταξὺ τῶν προοδευτικῶν δισχωριζομένων ἐπιφανειῶν τοῦ τεμαχίου. Ἡ δευτέρα περιοχὴ τῆς ἐπιφανείας θραύσεως εἶναι ἔκεινη, ποὺ ἐδημιουργήθη κατὰ τὴν ἀπότομον θραύσιν τοῦ τεμαχίου, ὅταν πλέον ἡ διατομή του είχεν ἔξασθενήσει.



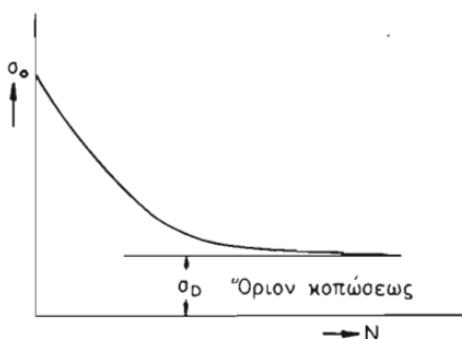
Σχ. 9·β.

Ἐπιφάνεια θραύσεως ἄξονος ἐκ μαλακοῦ χάλυβος λόγω κοπώσεως.

Ἡ δοκιμασία εἰς κόπωσιν γίνεται εἰς ειδικὰς μηχανάς. Λαμβάνεται ὡρισμένος ἀριθμὸς δοκιμίων τυποποιημένων ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ καὶ τῆς αὐτῆς τραχύτητος ἐπιφανείας (ἢ τραχύτης ἐπιφανείας χαρακτηρίζει τὰς ἀνωμαλίας της, ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὴν μηχανικὴν κατεργασίαν, μὲ τὴν ὅποιαν διαμορφώνεται τὸ τεμάχιον). Ἔκαστον τῶν δοκιμίων αὐτῶν ὑποβάλλεται εἰς ἐναλλασσόμενην φόρτισιν, ὡς π.χ. εἰς ἐφελκυσμὸν - θλῖψιν, μὲ ὡρισμένην τιμὴν τῆς μέσης τάσεως, συνήθως $\sigma_m = 0$ καὶ δι' ὡρισμένην ἐπίσης τιμὴν τῆς μεγίστης τάσεως σ_0 (σχ. 9·α). Εἰς ἔκαστην περίπτωσιν μετρεῖται διὰ καταλήλου μετρητοῦ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐναλλαγῶν φορτίσεως (κύκλων), εἰς τὸν ὅποιον τὸ δοκίμιον θραύεται, ὑπὸ τὴν ὡρισμένην μεγίστην τάσιν σ_0 .

Ἐκ τῶν πειραματικῶν ἀποτελεσμάτων τῆς δοκιμασίας αὐτῆς,

δι' ὅλα τὰ ληφθέντα δοκίμια χαράσσεται ἡ λεγομένη καμπύλη κοπώσεως τοῦ ύλικοῦ ἢ καμπύλη Woehler (σχ. 9·γ). Εἰς τὸν ὄριζόντιον ἔχονα τίθεται ὁ ἀριθμὸς τῶν κύκλων N καὶ εἰς τὸν κατακόρυφον ἡ μεγίστη τάσις σ_0 . Ἐκ τῆς καμπύλης Woehler παρατηροῦμεν ὅτι πέρα ὠρισμένης τιμῆς στὴν μεγίστη τάσεως, τὸ δοκίμιον δὲν θραύεται, δσονδήποτε καὶ ἀν αὐξηθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν κύκλων N . Ἡ τάσις



Σχ. 9·γ.

Ἡ καμπύλη κοπώσεως τοῦ ύλικοῦ ἢ καμπύλη Woehler.

β) Ἡ μορφὴ τοῦ τεμαχίου. Ὁπαί, χαραγαί, μεταβολαὶ τῆς διατομῆς του ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐλάττωσιν τῆς δυναμικῆς του ἀντοχῆς.

γ) Τὸ ὄριον θραύσεως τοῦ ύλικοῦ σ.β. Αὔξησις τοῦ ὄριου θραύσεως ἔχει ὡς ἐπακόλουθον ἀνάλογον αὔξησιν τῆς δυναμικῆς ἀντοχῆς, ἐφ' ὅσον ὅμως τὸ τεμάχιον ἔχει λειανθῆ καλῶς καὶ δὲν ἔχει μορφὴν ἐπιδρῶσαν δυσμενῶς ἐπὶ τῆς δυναμικῆς ἀντοχῆς, ὡς εἰς τὴν ἀνωτέρω περίπτωσιν (β).

αύτὴ στὸ δύναμιζεται ὄριον κοπώσεως ἢ δυναμικὴ ἀντοχὴ τοῦ ύλικοῦ, δίδει δὲ ἀσφάλειαν ἔναντι θραύσεως ἐκ κοπώσεως.

Ἐπὶ τῆς δυναμικῆς ἀντοχῆς ύλικοῦ ἐπιδροῦν:

α) Ἡ τραχύτης ἐπιφανείας τοῦ τεμαχίου. Δηλαδὴ τραχυτέρα ἐπιφάνεια τοῦ τεμαχίου συνεπάγεται ἐλάττωσιν τῆς δυναμικῆς του ἀντοχῆς.

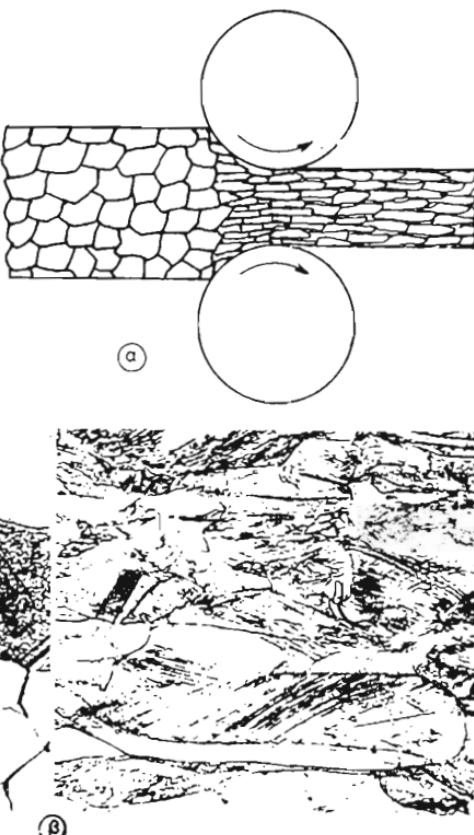
ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ - ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΕΚ ΜΗΧΑΝΙΚ. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ - ΣΚΛΗΡΩΣΙΣ-ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 10

Η ΣΚΛΗΡΩΣΙΣ

Τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ βιομηχανικῶς χρησιμοποιούμενα μέταλλα καὶ κράματα ὑφίστανται πλαστικὴν (μόνιμον) παραμόρφωσιν (Κεφάλ. 6) κατὰ τὴν μορφοποίησίν των εἰς ἔτοιμα τεμάχια, ἴδιαιτέρως δὲ κατὰ τὴν μηχανικὴν κατεργασίαν παραμορφώσεως ἐν ψυχρῷ ἢ ψυχρηλασίᾳ (σφυρηλασίαν, ὀλκήν, ἔξελασιν καὶ ἄλλας). Εἰς τὴν



Κρυσταλλικὸς ἰστός ἀνευ παραμορφώσεως. Κρυσταλλικὸς ἰστός μετὰ ψυχρηλασίαν
Σχ. 10.

Μεταβολὴ τοῦ κρυσταλλικοῦ ἰστοῦ μετάλλου ἡ κράματος κατὰ τὴν ψυχρηλασίαν:
α) Σχηματικὴ παράστασις. β) Μικροφωτογραφία.

περίπτωσιν αύτὴν ὁ κρυσταλλικὸς ἴστὸς τοῦ μετάλλου ἡ κράματος παραμορφώνεται πλαστικῶς δι' ἐπιμηκύνσεως τῶν κρυσταλλιτῶν του κατὰ τὴν κατεύθυνσιν τῆς κατεργασίας, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 10.

‘Ἡ κατάστασις, εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκεται τὸ μέταλλον ἡ τὸ κράμα μετὰ ἀπὸ ἔντονον πλαστικὴν παραμόρφωσιν, ὀνομάζεται σκληρωσίς.

Τὸ μέταλλον ἡ τὸ κράμα, ποὺ ἔχει ὑποστῆ σκλήρωσιν, ἀποκτᾶ:

- α) Μεγαλυτέραν σκληρότητα ἀπὸ τὴν ἀρχικήν.
- β) ‘Ψηλότερον ὅριον ἐλαστικότητος.
- γ) ‘Ψηλότερον ὅριον θραύσεως.
- δ) Μικροτέραν πλαστικότητα, δηλαδὴ μικροτέραν εἰδικὴν ἐπιμήκυνσιν θραύσεως καὶ
- ε) μικροτέραν δυσθραυστότητα.

‘Ἡ σκλήρωσις ὄφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι, πρακτικῶς, ἡ πλαστικὴ παραμόρφωσις λαμβάνει χώραν κατὰ ἐπίπεδα ὀλισθήσεως (Κεφάλ. 11) ὅχι ίδανικά, ἀλλὰ ἐστρεβλωμένα κάπως. Λόγω τῆς στρεβλώσεως, αἱ ἐπιφάνειαι ὀλισθήσεως συρρικνοῦνται καὶ κατὰ συνέπειαν παρουσιάζουν ἀντίστασιν εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν διαταραχῶν, ὅπως ἐν ἐκτάσει θὰ ἀναφέρωμεν εἰς τὸ Κεφάλαιον 11.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΙ

Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ

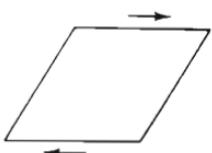
Άσ έξετάσωμεν τί συμβαίνει, όταν ένα μέταλλον παραμορφώνεται πλαστικῶς έν ψυχρῷ, δηλαδή εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος.

Κατὰ τὸ πείραμα τοῦ ἐφελκυσμοῦ (Κεφάλ. 6) εἴδομεν, διτὶ ἡ παραμόρφωσις τοῦ δοκιμίου εἶναι ἐλαστικὴ ἢ μόνιμος (πλαστική). Κατὰ τὴν ἐλαστικήν παραμόρφωσιν παρατηρεῖται περιωρισμένη στρέβλωσις τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος τοῦ μετάλλου, χωρὶς ὅμως τὰ ἀτομα νὰ μετακινοῦνται μονίμως ἐκ τῆς κανονικῆς των θέσεως (σχ. 11 · α). Μόλις ἡ τάσις, πού προκαλεῖ τὴν παραμόρφωσιν, ἀφαιρεθῇ, ἡ στρέβλωσις ἔξαφανίζεται καὶ τὰ ἀτομα ἐπανέρχονται εἰς τὴν προτέραν των θέσιν. "Όταν δημιούργησεται εἰς νέας θέσεις καὶ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον δημιουργεῖται μόνιμος παραμόρφωσις τοῦ μετάλλου.

Πρὸ τῆς ἐπιβολῆς τάσεως



· Η τάσις ἐπενεργεῖ



· Η τάσις ἀφαιρεῖται

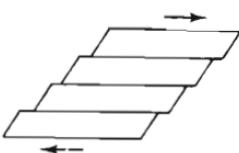


Ἐλαστικὴ παραμόρφωσις μόνον

Πρὸ τῆς ἐπιβολῆς τάσεως



· Η τάσις ἐπενεργεῖ



· Η τάσις ἀφαιρεῖται



Ἐλαστικὴ καὶ πλαστικὴ παραμόρφωσις

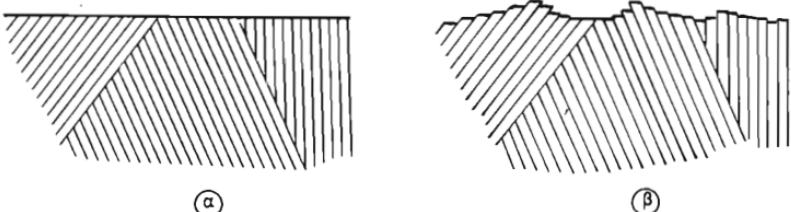
Σχ. 11 · α.

Σχηματικὴ παράστασις ἐλαστικῆς καὶ πλαστικῆς παραμορφώσεως.

· Η πλαστικὴ παραμόρφωσις τῶν πολυκρυσταλλικῶν μετάλλων (παράγρ. 2 · 5) γίνεται δι' ὀλισθήσεως στρώματος ἀτόμων ἐν σχέσει πρὸς ὅλο στρώμα ἀτόμων κατὰ μῆκος τοῦ λεγομένου ἐπιπέδου ὀλισθήσεως, ἐντὸς ὅμως τοῦ αὐτοῦ

κόκκου ή κρυσταλλίτου. Ήσα φαντασθῶμεν εἰς τὴν θέσιν κρυσταλλίτου ἐνὸς μετάλλου, στήλην ἀπό νομίσματα. Ήὲνοι ἔφαρμόσωμεν δύναμιν παράλληλον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν ἐπαφῆς τῶν νομισμάτων, τότε τὰ νομίσματα θὰ δλισθήσουν τὸ ἕνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου, ἐφ' ὅσον η δύναμις αὐτή ὑπερνικᾶ τὴν μεταξὺ τῶν νομισμάτων τριβήν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὰ νομίσματα παριστάνουν στρώματα ἀτόμων τοῦ κρυσταλλίτου τοῦ μετάλλου καὶ αἱ ἐπιφάνειαι ἐπαφῆς τῶν νομισμάτων τὰ ἐπίπεδα δλισθήσεως.

Τὰ ἀποτελέσματα τῶν δλισθήσεων εἰς τὰ πολυκρυσταλλικὰ μέταλλα δύνανται νὰ παρατηρηθοῦν διὰ τοῦ μικροσκοπίου. Ή κατεύθυνσις τῶν ἐπιπέδων δλισθήσεως τῶν κρυσταλλιτῶν μετὰ τὴν μόνιμον παραμόρφωσιν δίδεται ἀπὸ τὰς σχηματιζομένας βαθμίδας δλισθήσεως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ μετάλλου (σχ. 11 · β). Αἱ βαθμίδες δλισθήσεως εἶναι κατὰ προσέγγισιν παράλληλοι εἰς τὸν αὐτὸν κρυσταλλίτην, ἀλλὰ διαφέρουν ως πρὸς τὴν κατεύθυνσιν ἀπὸ κρυσταλλίτου εἰς κρυσταλλίτην (ἔχουν διαφορετικὸν προσανατολισμόν). Ήχει παρατηρηθῆ μὲ ήλεκτρονικὸν μικροσκόπιον ὅτι κάθε ὄρατὴ βαθμὶς δλισθήσεως περιλαμβάνει χονδρικῶς δέκα μικρότερας βαθμίδας μὲ πλάτος ἑκάστης 40 ἀτομικῶν ἀποστάσεων καὶ βάθους 400 ἀτομικῶν ἀποστάσεων).



Σχ. 11 · β.

Ο σχηματισμὸς τῶν βαθμίδων δλισθήσεως πλαστικῶν παραμορφωμένου μετάλλου. Σχηματικὴ παράστασις τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοκιμίου: α) Πρὸ τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως. β) Μετὰ τῆς πλαστικῆς παραμόρφωσιν.

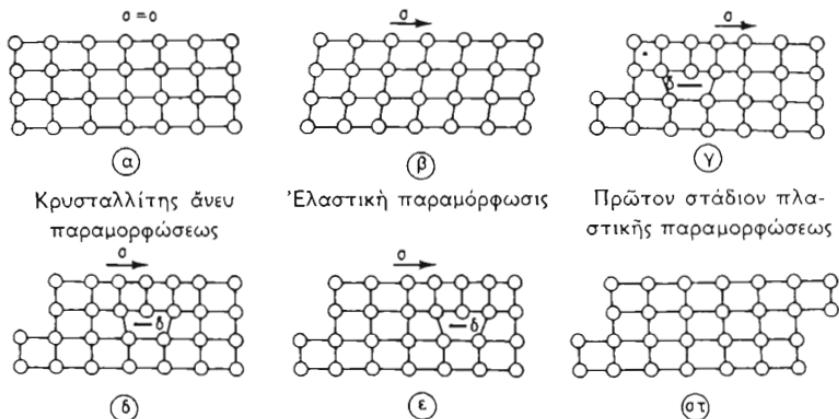
Κατὰ τὴν πλαστικὴν παραμόρφωσιν πολυκρυσταλλικὸν μετάλλου, οἱ κρυσταλλίται του δὲν χάνουν τὴν προσωπικότητά των. Παραμορφώνονται ως πρὸς τὸ σχῆμα, π.χ. μηκύνονται πρὸς τὴν κατεύθυνσιν τῆς ἐλάσεως (σχ. 10). Τὸ μέταλλον ἀποκτᾶ διαφορετικὰς μηχανικὰς ιδιότητας καθέτως ἡ παραλλήλως πρὸς τὴν κοινὴν κατεύθυνσιν τοῦ κρυσταλλικοῦ ἰστοῦ. Ἐπίσης κάθε κρυσταλλίτης παραμένει μὲ συνεχῆ κρυσταλλικὴν δομήν. Δὲν ἔμφανίζονται δηλαδὴ νέοι κρυσταλλίται, οὔτε θρυμματίζονται οἱ ὑπάρχοντες, ἐφ' ὅσον δὲν ἔχει ἐπέλθει θραύσις.

Η ἀναφερθεῖσα δλισθήσις τῶν ἐπιπέδων τῶν ἀτόμων δὲν εἴναι τόσον ἀπλῆ, ὅπως περιεγράφῃ ἀνωτέρω. Ἐνῶ συμφωνεῖ μὲ μικροσκοπικὰς παρατηρήσεις, δὲν εἴναι δυνατὸν δι' αὐτῆς νὰ ἔξιγγήσωμεν ἄλλα φαινόμενα, ἐπακόλουθα τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως.

Η σύγχρονος ἀποψις διὰ τὸν μηχανισμὸν τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως μετάλλου είναι ή ἔξης, βασίζεται δὲ εἰς τὴν θεωρίαν τῶν διαταραχῶν (διαταραχὴ).

όνομάζεται οιαδήποτε άνωμαλία είς τὴν κανονικότητα τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος τοῦ μετάλλου):

Τὸ σχῆμα 11 · γ (α) παριστάνει τὸ κυβικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα κρυσταλλίτου, χωρὶς νὰ ἔχῃ ἀναπτυχθῆ εἰς αὐτὸ διαδήποτε τάσις ($\sigma = 0$).



'Η διαταραχὴ ἔχει μετατοπισθῆ ἐν σχέσει πρὸς τὴν περίπτωσιν γ

'Η διαταραχὴ ἔχει περατέρω μετακινηθῆ

'Η πλαστικὴ παραμόρφωσις ἔχει συμπληρωθῆ (κατὰ μίαν ἀτομικὴν ἀπόστασιν)

Σχ. 11 · γ.

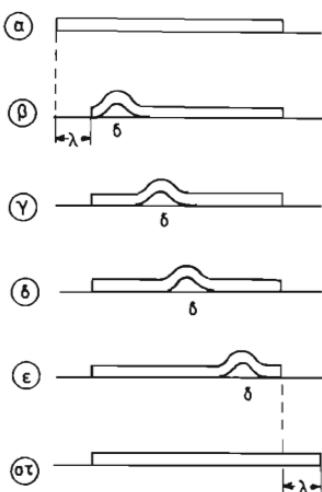
Πλαστικὴ παραμόρφωσις κρυσταλλίτου συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν διαταραχῶν. 'Η διαταραχὴ σημειοῦται διὰ δ καὶ παχείας μικρᾶς γραμμῆς.

Εἰς τὸ σχῆμα 11 · γ (β) παρατηρεῖται τὸ ἀποτέλεσμα τῆς ἐφαρμογῆς μικρᾶς τάσεως σ κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους. 'Εὰν ἡ τάσις αὐτὴ παύση νὰ ἔνεργῃ, ὁ κρυσταλλίτης θὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν κανονικήν του θέσιν (α). 'Εὰν δῆμως ἡ τάσις σ γίνη μεγαλύτερά ἀπὸ τὸ ὄριον διαρροῆς, τότε θὰ συμβῇ ὀλίσθησις (περίπτωσις γ), μὲ μετακινήσιν τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων ἀτόμων πρὸς τὰ δεξιὰ κατὰ μίαν ἀτομικὴν ἀπόστασιν, δηλαδὴ κατὰ τὴν ἀπόστασιν μεταξὺ τῶν κέντρων βάρους δύο γειτονικῶν ἀτόμων, χωρὶς δῆμως νὰ ἐπέλθῃ οὐδεμία ἀλλαγὴ εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ κρυσταλλίτου. Παρατηρεῖται διτὶ τὸ πρῶτον στάδιον τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως (γ) ἐπιδρᾶ ἐπὶ ὀλίγων μόνον ἀτόμων κατὰ μῆκος τοῦ ἐπιπέδου ὀλισθήσεως, ἡ παραμόρφωσις δὲ αὐτὴ δύναται νὰ προκληθῇ μὲ πολὺ μικροτέραν τάσιν ἀπὸ ἑκείνην ποὺ θὰ ἀπητεῖτο, ἐὰν ὅλα τὰ ἄτομα ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου ὀλισθήσεως ἐπρεπε συγχρόνως νὰ μετακινηθοῦν πρὸς τὰ δεξιά. Εἰς τὸ στάδιον αὐτὸ τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως ἔχει δημιουργηθῆ ὡς ἐπακόλουθον ἡ διαταραχὴ δ. 'Η διαταραχὴ αὐτὴ τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος μετακινεῖται πρὸς τὰ δεξιά (δ), (ε) καὶ εἰς τὸ τελικὸν στάδιον (στ) ἔχει ἐπιπευχθῆ πλαστικὴ παραμόρφωσις κατὰ μίαν ἀτομικὴν ἀπόστασιν. Κατὰ συνέπειαν ὡς ὄριον διαρροῆς, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν αὐτῆν, δύναται νὰ θεωρηθῇ ἡ τάσις, ποὺ ἀπαιτεῖται διὰ νὰ μετακινηθῇ ἡ διαταραχὴ.

'Η ἀναφερθεῖσα μετακίνησις τῆς διαταραχῆς, καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ ἀπαίτου-

μένη άντιστοίχως τάσις είναι άναλογοι μὲ τὴν μετακίνησιν τάπητος ἀπλωμένου ἐπὶ ὄριζοντιου δαπέδου (σχ. 11.δ). "Ολοι ἔχομεν παρατηρήσει, δι, ἐὰν ὁ τάπητος είναι μέγας καὶ βαρύς, είναι πολὺ δύσκολον νὰ μετακινηθῇ δι' ἐλξεως ἀπὸ τὸ ἑνα του ἄκρον. 'Εδαν διμως σχηματίσωμεν εἰς τὸ ἑνα του ἄκρον πτυχὴν δ, ὡς εἰς τὸ σχῆμα, τότε ἡ πτυχὴ ἐύκόλως δύναται νὰ μετακινηθῇ μέχρι τοῦ ἄλλου ἄκρου τοῦ τάπητος μὲ ἐπιβολὴν μικρᾶς δυνάμεως καὶ κατὰ συνέπειαν ὀλόκληρος ὁ τάπητος μετακινεῖται κατὰ μικρὰν ἀπόστασιν λ. Είναι ἐνδιαφέρον νὰ σημειώσωμεν δι τὸ τάπητος δὲν ἔχασε κατὰ τὴν μετακίνησιν τῆς πτυχῆς τὴν ἐπαφὴν του μετὰ τοῦ δαπέδου. Κατὰ τὸν ἴδιον ἀκριβῶς τρόπου μετακινεῖται ἡ διαταραχὴ ἐντὸς κρυσταλλίτου, χωρὶς νὰ ἀποχωρίζωνται τὰ ἀτομα κατὰ μῆκος τοῦ ἐπιπέδου διλιθήσεως αὐτῶν.

Σχ. 11.δ.
Μετακίνησις τῆς πτυχῆς (διαταραχῆς) εἰς ἀπλωμένον ἐπὶ δαπέδου τάπητα.
μετακινηθῇ μέγας ἀριθμὸς διαταραχῶν.



ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 12

ΨΥΧΡΗΛΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΩΝ - ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΙΣ

Ψυχρηλασία δύναμάζεται ή μηχανική κατεργασία τῶν μετάλλων ἢ κραμάτων, πού ἐκτελεῖται εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος· ἡ ψυχρηλασία ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν διαμόρφωσίν των εἰς τεμάχια διὰ πλαστικῆς παραμορφώσεως.

Αἱ σπουδαιότεραι βιομηχανικῶν χρήσει μηχανικαὶ κατεργασίαι διαμορφώσεως διὰ ψυχρηλασίας ἢ καὶ θερμηλασίας (Κεφάλ. 13) δίδονται εἰς τὸ σχῆμα 12. α. Εἰς τὸ αὐτὸ σχῆμα δίδεται καὶ ἡ ἀρχή, ἐπὶ τῆς ὁποίας βασίζεται ἐκάστη κατεργασία.

Ἡ ψυχρηλασία εἰς τὴν πρᾶξιν ἐκτελεῖται εἰς μέταλλα ἢ κράματα, τὰ δόποια προηγουμένως ἔχουν ὑποστῆ θερμηλασίαν, ὅπως π.χ. κατὰ τὴν κατασκευὴν κυπελλοειδῶν προιόντων δι' ἔξελάσεως (σχ. 12. α) ἀπὸ ἔλασμα διαμορφωθὲν ἐν θερμῷ. Συνήθως διὰ τῆς ψυχρηλασίας λαμβάνονται ἔτοιμα προιόντα (χωρὶς νὰ ἀπαιτήται περαιτέρω κατεργασία) κατὰ τὴν βιομηχανικὴν παραγωγὴν.

Ἡ ψυχρηλασία, ὅπως ἔχομεν ἥδη ἀναφέρει εἰς τὸ Κεφάλαιον 10, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν σκληρώσιν τοῦ μετάλλου ἢ κράματος.

Μετὰ ἀπὸ ψυχρηλασίαν, παρατηροῦνται ἀλλαγαὶ εἰς τὰς μηχανικὰς ίδιότητας τοῦ μετάλλου, διότι τοῦτο ἔχει ὑποστῆ σκληρώσιν.

Τὰ ἀποτέλεσματα τῆς σκληρώσεως ἔξαφανίζονται (τὸ μέταλλον δηλαδὴ, ἀναλαμβάνει τὰς κανονικάς, πρὸ τῆς σκληρώσεως, μηχανικάς του ίδιότητας) διὰ θερμάνσεώς του ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον εἰς θερμοκρασίαν κατά τι μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν λεγομένην θερμοκρασίαν ἀνακρυσταλλώσεως, πού είναι χαρακτηριστικὴ δι' διὰ κάθε μετάλλου ἢ κράμα. Ἡ θερμικὴ αὐτὴ κατεργασία (παράγρ. 19. 5) δύναμάζεται ἀνόπτησις δι' ἀνακρυστάλλωσιν ἢ ἀπλῶς ἀνακρυστάλλωσις.

Οἱ μηχανισμὸι τῆς ἀνακρυσταλλώσεως είναι ὁ ἔξης:

Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς θερμάνσεως τοῦ σκληρωθέντος μετάλλου εἰς θερμοκρασίαν μεγαλυτέραν ἀπὸ ἐκείνην τῆς ἀνακρυσταλλώσεως, ἀρχίζουν νὰ δημιουργοῦνται φύτρα, τὰ ὁποῖα ἀκολούθως ἀναπτύσσονται, κατὰ τὰ γνωστὰ (παράγρ. 2. 5), εἰς νέους κρυσταλλίτας. Τὰ φύτρα δημιουργοῦνται κυρίως εἰς τὰ ὄρια τῶν κόκκων καὶ εἰς θέσεις διαταραχῶν ἐντὸς τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς. Οἱ δημιουργοῦμενοι νέοι κρυσταλλίται είναι ἐντελῶς ἀνεξάρτητοι ἀπὸ τοὺς παλαιούς, ἀποκτοῦν δὲ νέα διαφορετικὰ ὄρια.

Τὰ στάδια ἀνακρυσταλλώσεως σκληρωμένου μετάλλου φαίνονται σχηματικῶς εἰς τὸ σχῆμα 12. β.

Οἱ νέοι κρυσταλλίται, ὡς παρατηροῦμεν, είναι περίπου ισαξονικοί, δὲν παρουσιάζουν δηλαδὴ ἐπιμήκυνσιν πρὸς μίαν κατεύθυνσιν, ὡς συνέβασιν πρὸ τῆς ἀνακρυσταλλώσεως.

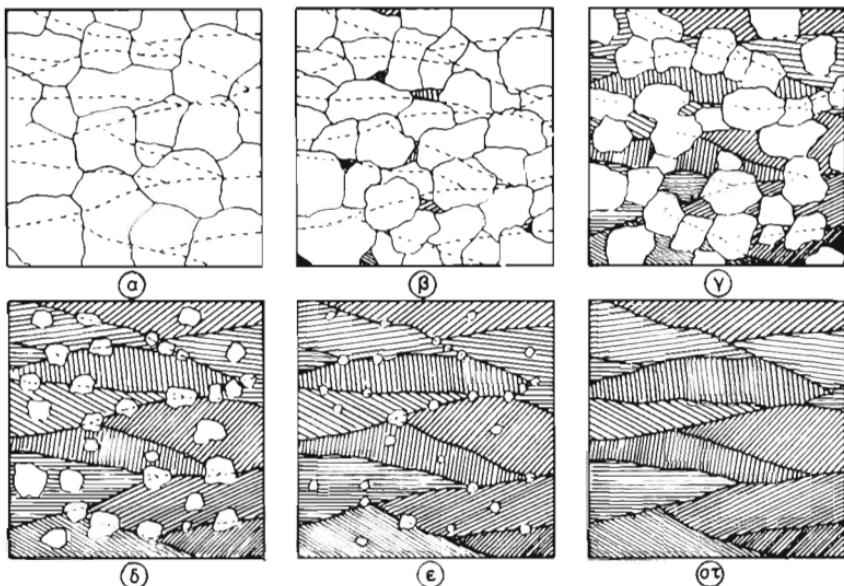
Ἡ θερμοκρασία ἀνακρυσταλλώσεως δὲν είναι ἀπολύτως ὡρισμένη διὰ κάθε μετάλλου, ἔξαρτωμένη σχετικῶς ἐκ τοῦ βαθμοῦ σκληρώσεως, τὴν ὁποίαν ἔχει ὑποστῆ.

Είδος κατεργασίας παραμορφώσεως	Τρόπος ἐκτελέσεως τῆς ἐργασίας	
Σφυρηλασία	Κρουστική Συμπιεστική	
Ἐλασίς		
Διέλασίς		
Ἐξέλασίς		
Κοίλανσις		
Τύπωσις	'Ισόπαχος 'Ανισόπαχος	
Περιώθησις		
'Ολκή		

Σχ. 12 · α.

Εἰδη μηχανικῶν κατεργασιῶν διαμορφώσεως τῶν μετάλλων καὶ τρόπος ἐκτελέσεώς των.

Ἡ θερμοκρασία ἀνακρυσταλλώσεως εἶναι χαμηλοτέρα, ὅσον ὁ βαθμὸς σκληρώσεως μεγαλώνει. Ἐπίστης τὸ μέταλλον μετὰ ἀπὸ ἀνακρυστάλλωσιν γίνεται λεπτόκοκκον, ἐάν ἔχῃ σκληρωθῆ ἐις μέγαν βαθμόν.

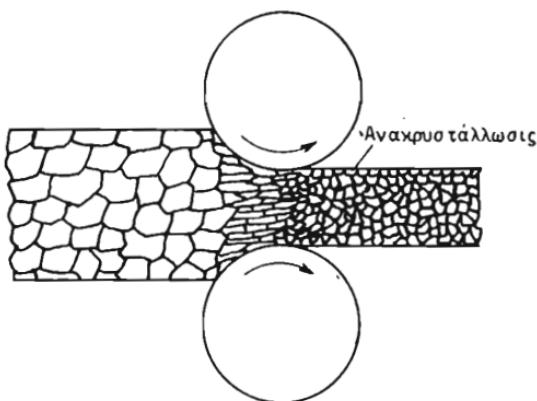


Σχ. 12 · β.

Σχηματική παράστασις τῶν σταδίων ἀνακρυσταλλώσεως : α) Κρυσταλλίται τοῦ μετάλλου εἰς κατάστασιν σκληρώσεως. β) Ἡ ἀνακρυστάλλωσις ἀρχίζει διὰ τῆς δημιουργίας φύτρων. γ) δ) ε) Ἐξελικτικὴ πορεία ἀναπτύξεως τῶν νέων κρυσταλλιτῶν. στ) Πέρας τῆς ἀνακρυσταλλώσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 13

ΘΕΡΜΗΛΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ



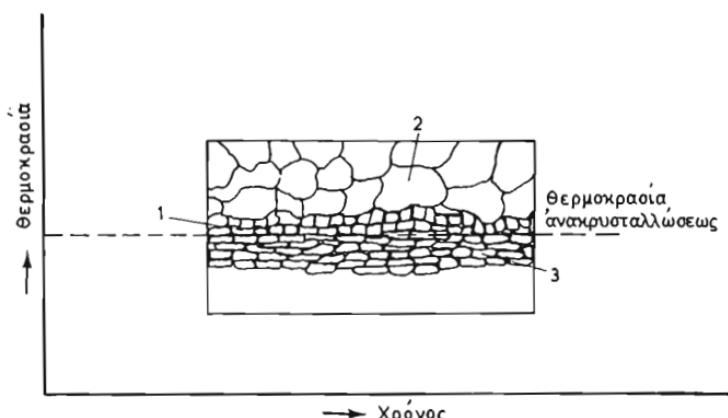
Σχ. 13 · α.

Μεταβολai της κρυσταλλικής δομής του μετάλλου κατά τήν θερμηλασίαν.

Θερμηλασίαν όνομάζομεν τήν μηχανικήν κατεργασίαν διαμορφώσεως τῶν μετάλλων ἡ κραμάτων (κυρίως σφυρηλασίαν, ἔλασιν καὶ διέλασιν), ἡ ὅποια ἐκτελεῖται εἰς θερμοκρασίας ἀνωτέραν τῆς θερμοκρασίας ἀνακρυσταλλώσεως.

Κατὰ τήν θερμηλασίαν ἡ πλαστικὴ παραμόρφωσις (καὶ ἡ ἐκ ταύτης σκλήρωσις) τοῦ μετάλλου καὶ ἡ ἀνακρυσταλλώσις του γίνονται κατὰ προσέγγισιν ταυτοχρόνως.

Εἰς τὸ σχῆμα 13 · α φαίνονται αἱ διαδοχικαὶ μεταμορφώσεις τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς τοῦ μετάλλου κατὰ τήν θερμηλασίαν.



→ Χρόνος

Σχ. 13 · β.

Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας πέρατος τῆς θερμηλασίας ἐπὶ τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς κατειργασμένου ἐν θερμῷ μετάλλου.

Μεγάλην σημασίαν ἔχει κατά τὴν θερμηλασίαν ἡ θερμοκρασία πέρατος αὐτῆς. Οὖτως, ἐὰν ἡ θερμηλασία περατοῦται εἰς θερμοκρασίαν ὀλίγον ἀνωτέραν τῆς θερμοκρασίας ἀνακρυσταλλώσεως καὶ τὸ τεμάχιον ἀποψύχεται ἡρέμως, τότε προκύπτει λεπτόκοκκος κρυσταλλικὸς ίστός (περιοχὴ I τοῦ σχ. 13 · β), ὃ ὅποιος ἔχει πλεονεκτήματα ἀπὸ ἀπόψεως μηχανικῶν ιδιοτήτων (παράγρ. 2 · 5).

'Εάν, ἔξ αλλου, ἡ θερμηλασία περατοῦται εἰς θερμοκρασίαν ἀρκετά ἀνωτέραν τῆς θερμοκρασίας ἀνακρυσταλλώσεως, προκύπτει χονδρόκοκκος κρυσταλλικός ίστός (περιοχὴ 2). 'Εάν, τέλος, περατοῦται εἰς θερμοκρασίαν πολὺ χαμηλοτέραν τῆς θερμοκρασίας ἀνακρυσταλλώσεως, οἱ κρυσταλλῖται παρουσιάζονται στρεβλωμένοι καὶ τὸ μέταλλον παρουσιάζει σκλήρωσιν (περιοχὴ 3). Σχηματικῶς, αἱ ἀναφερθεῖσαι περιπτώσεις θερμοκρασίας πέρατος τῆς θερμηλασίας φαίνονται εἰς τὸ σχῆμα 13 · β.

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟΝ

Η ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 14

ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΑ

"Οπως είδομεν είς τὸ Κεφάλαιον 1, ὁ ἄνθρωπος εἰς τὴν ἀρχὴν ἔχρησιμοποιήσε τὸν σίδηρον τῶν μετεωριτῶν, μέχρις ὅτου κατώρθωσε νὰ λαμβάνῃ τοῦτον μεταλλουργικῶς, δηλαδὴ ἀπὸ χημικὰς ἐνώσεις τοῦ σιδήρου καὶ κατόπιν ὡρισμένης ἐπεξεργασίας, ὅπως θὰ ἀναφερθῇ κατωτέρω.

Τὰ σπουδαιότερα σιδηρομεταλλεύματα, ἀπὸ τὰ ὅποια ἔξαγεται σήμερον ὁ σίδηρος, είναι τὰ ἔξῆς:

α) Ὁ μαγνητίτης (Fe_3O_4), ὁ ὅποιος περιέχει 72,4% σίδηρον, ἐὰν είναι καθαρός.

β) Ὁ αίματίτης (Fe_2O_3), ποὺ ἀποτελεῖ τὸ μεγαλύτερον μέρος τῶν σιδηρομεταλλευμάτων ἀνὰ τὸν κόσμον, χρώματος ἐρυθροῦ, καφὲ ἢ μαύρου καὶ περιέχει σίδηρον ἀπὸ 40% ἕως 65%.

γ) Ὁ λειμωνίτης καὶ ἄλλοι ὑδροξειδιακοὶ τύποι ὁξειδίων τοῦ σιδήρου μὲ χημικὴν σύνθεσιν μεταβαλλομένην ἀπὸ $2Fe_2O_3H_2O$ εἰς $Fe_2O_33H_2O$ καὶ μὲ περιεκτικότητα εἰς σίδηρον ἀπὸ 20% ἕως 55%.

δ) Ὁ σιδηρίτης ($FeCO_3$) ἢ ἄλλοι τύποι ἀνθρακικῶν ὁξειδίων τοῦ σιδήρου μὲ χαμηλὴν περιεκτικότητα εἰς σίδηρον, καὶ

ε) ὁ σιδηροπυρίτης (FeS_2).

Αἱ σπουδαιότεραι περιοχαὶ σιδηρομεταλλευμάτων ἀνὰ τὸν κόσμον είναι αἱ ἔξῆς:

α) Ἀμερική: αίματίτης (30% ἕως 65% σίδηρος).

β) Σοβιετικὴ "Ενωσις": Αίματίτης (Οὐκρανία), Μαγνητίτης (Σιβηρία).

γ) Μεγάλη Βρεταννία: Λειμωνίτης καὶ Σιδηρίτης (20% ἕως 30% σίδηρος).

δ) Γαλλία: Αίματίτης (26% ἕως 50% σίδηρος).

ε) Σουηδία: Μαγνητίτης.

- στ) Καναδᾶς: Αίματίτης ύψηλῆς περιεκτικότητος εἰς σίδηρον.
- ζ) Βραζιλία: Αίματίτης.
- η) Ἰνδία: Σιδηρομεταλλεύματα μεγάλης περιεκτικότητος εἰς σίδηρον.
- θ) Βενεζουέλλα: Αίματίτης (65 % σίδηρος).

Ἡ περιεκτικότης εἰς σίδηρον τῶν σιδηρομεταλλευμάτων δὲν ἀποτελεῖ τὸ μοναδικὸν κριτήριον τῆς ἀξίας των, ἐνῷ ἡ περιεκτικότης εἰς φωσφόρον ἀποτελεῖ σοβαρὸν μειονέκτημα, διότι ὁ φωσφόρος εἶναι ἀνεπιθύμητος εἰς τὰ προϊόντα τῆς μεταλλουργίας τοῦ σιδήρου. Προσέτι ὁ φωσφόρος, ὡς θὰ ἴδωμεν, δυσκόλως ἀφαιρεῖται ἀπὸ τὸν χυτοσίδηρον κατὰ τὴν παρασκευὴν τοῦ χάλυβος.

Η ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ

15 · 1 Γενικά.

Τὰ σιδηρομεταλλεύματα πρὸ τῆς μεταλλουργικῆς τῶν ἐπεξεργασίας (ἔξαγωγῆς τοῦ μετάλλου ἀπὸ τὸ μετάλλευμα) ὑποβάλλονται εἰς τὴν λεγομένην μηχανικὴν προεργασίαν, ἡ ὅποια περιλαμβάνει:

- α) Κοσκίνισμα (ἀπομάκρυνσιν γαιωδῶν προσμίξεων).
- β) Μαγνητικὸν διαχωρισμόν.
- γ) Λειοτρίβησιν (κονιοποίησιν εἰς εἰδικοὺς τριβεῖς) καὶ
- δ) ἐμπλουτισμόν.

‘Ο ἐμπλουτισμὸς ἐκτελεῖται κατὰ δύο τρόπους:

α) Διὰ τοῦ ὑδρομηχανικοῦ διαχωρισμοῦ. ‘Η μέθοδος αὐτὴ βασίζεται εἰς τὴν διαφορὰν εἰδικοῦ βάρους μεταξὺ μεταλλεύματος καὶ ξένων ούσιῶν (ξένων προσμίξεων).

β) Διὰ τῆς ἐπιπλεύσεως. Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτήν, τὸ μετάλλευμα, ἀφοῦ κονιοποιηθῇ καὶ ἀναμιχθῇ μὲ εἰδικὰς ἐκάστοτε ούσιας, ὑφίσταται κατεργασίαν μὲ ὕδωρ κατὰ τρόπον ποὺ νὰ δημιουργοῦνται εἰς τὸ μῆγμα φυσαλλίδες ἀέρος. Αἱ φυσαλλίδες, τότε, παρασύρουν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ τὰς ξένας Ὂλας ἡ τὸ μετάλλευμα ἀναλόγως τῆς περιπτώσεως. Κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον τὸ ἔνα ἀπὸ τὰ δύο (ἢ τὸ μετάλλευμα ἢ αἱ ξέναι Ὂλαι) ἐπιπλέει καὶ χωρίζεται ἀπὸ τὸ ὄλλο.

Μετὰ τὴν προεργασίαν αὐτὴν ἀκολουθεῖ ἡ μεταλλουργικὴ ἐπεξεργασία. Αὐτὴ βασίζεται εἰς τὴν ἀναγωγὴν (ἀπόσπασιν τοῦ δξυγόνου) τῶν μεταλλευμάτων, ποὺ εἶναι δξείδια τοῦ σιδήρου. ‘Η ἀναγωγὴ γίνεται εἰς εἰδικὰς καμίνους.

Τὰ θειοῦχα σιδηρομεταλλεύματα, ὅπως ὁ σιδηροπυρίτης, ὡς καὶ τὰ περιέχοντα ἀρσενικὸν καὶ ὑγρασίαν, ὑποβάλλονται προηγουμένως εἰς φρῦξιν διὰ τὴν παρασκευὴν διοξειδίου τοῦ θείου καὶ ἐξ αὐτοῦ θειικοῦ δξέος, ἐνῶ τὸ σχηματιζόμενον δξείδιον τοῦ σιδήρου χρησιμεύει κατόπιν διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ σιδήρου.

‘Η μεταλλουργία τοῦ σιδήρου ἀκολουθεῖ τὰς ἔξῆς δύο φάσεις:

α) Προηγεῖται ἡ παρασκευὴ τοῦ χυτοσιδήρου ἀπὸ τὰ σιδηρομεταλλεύματα.

β) Ἀκολουθεῖ ἡ ἐπεξεργασία τοῦ χυτοσιδήρου, πού παρεσκευάσθη κατὰ τὴν πρώτην φάσιν. Μὲ τὴν ἐπεξεργασίαν αὐτὴν παράγονται ὁ σφυρήλατος σιδῆρος καὶ ὁ χάλυψ.

Θὰ ἔξετάσωμεν κατωτέρω τὰς δύο αὐτὰς φάσεις.

15·2 Παρασκευή χυτοσιδήρου.

Διὰ τὴν παρασκευὴν τοῦ χυτοσιδήρου χρησιμοποιοῦνται δύο μέθοδοι:

α) Ἡ μέθοδος διὰ τῆς ὑψικαμίνου καὶ β) ἡ μέθοδος διὰ πτωχὰ σιδηρομεταλλεύματα, ἡ λεγομένη καὶ μέθοδος *Κρούπ - Renn* (*Krupp-Renn*).

1) Ἡ μέθοδος διὰ τῆς ὑψικαμίνου.

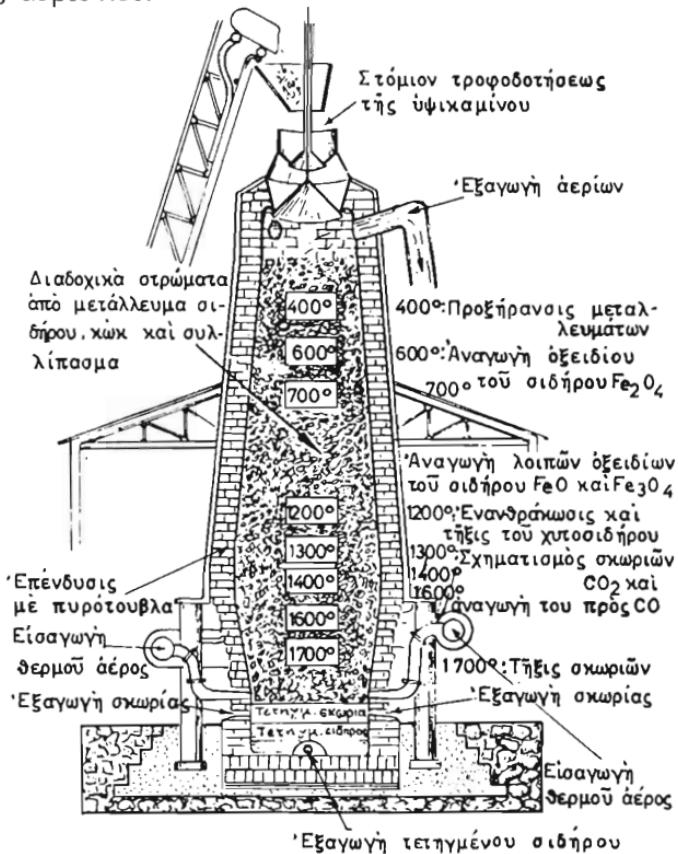
Διὰ τὴν παρασκευὴν τοῦ χυτοσιδήρου χρησιμοποιοῦνται κάμινοι κυλινδρικαὶ κατακόρυφοι, διαμέτρου 7 ἵνα 8 m καὶ ὕψους 30 m περίπου, αἱ ὅποιαι ὀνομάζονται ὑψικάμινοι (σχ. 15·2 α). Αἱ ὑψικάμινοι αὐταὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ χαλύβδινον μανδύαν ἐπενδεδυμένον ἐσωτερικῶς διὰ πυριμάχων πλίνθων.

Ἄπὸ τὸ στόμιον τροφοδοτήσεως τῆς ὑψικαμίνου εἰσάγονται κατ' ἐναλλασσόμενα στρώματα τὸ μετάλλευμα, ἄνθραξ (μεταλλουργίκὸν κίων) καὶ συλλιπάσματα. Ὁ ἄνθραξ χρειάζεται διὰ τὴν θέρμανσιν τῆς ὑψικαμίνου, διὰ τὴν ἀναγωγὴν τῶν ὀξειδίων τοῦ σιδήρου, ὡς καὶ διὰ τὴν ἐνανθράκωσιν τοῦ σιδήρου. Τὸ μεταλλουργικὸν κῶκ χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, διότι παρουσιάζει καλυτέρας μηχανικὰς ιδιότητας ἔναντι τοῦ ἀπλοῦ ἄνθρακος.

Τὰ συλλιπάσματα εἰναι ἀπαραίτητα διὰ τὸν ἔξῆς λόγον:

“Οπως γνωρίζομεν, τὰ μεταλλεύματα περιέχουν ξένας προσμίξεις, αἱ ὅποιαι πρέπει νὰ ἀποχωρισθοῦν ἀπὸ τὸν σίδηρον. Τὰ συλλιπάσματα λοιπὸν κατὰ τὴν ἐπεξεργασίαν τοῦ μεταλλεύματος εἰς τὴν ὑψικάμινον σχηματίζουν ἐνώσεις μὲ τὰς προσμίξεις αὐτάς. Αἱ ἐνώσεις αὗται λέγονται *σκωρίαι* (*σκουριές*). Αἱ σχηματιζόμεναι σκωρίαι τῆκονται εὔκόλως καὶ ἔτσι ἀποχωρίζονται ἀπὸ τὸν σίδηρον ποὺ παράγεται. Τὸ εἶδος τῶν συλλιπασμάτων, ποὺ χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰς ὑψικαμίνους, ἔχαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῶν ξένων προσμίξεων ποὺ περιέχουν τὰ σιδηρομεταλλεύματα. Ἐτσι, π.χ. ὅταν τὰ μεταλλεύματα ἔχουν ἀσβεστολιθικὰς προσμίξεις, τὰ συλλιπάσματα εἰναι πυριτικαὶ

ένώσεις άργιλου. Άντιθέτως, όταν αἱ προσμίξεις είναι πυριτικαί, τὰ συλλιπάσματα είναι άσβεστολιθικά. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις αἱ ένώσεις ποὺ σχηματίζονται (αἱ σκωρίαι) είναι πυριτικαί καὶ άργιλικαί ένώσεις άσβεστίου.



Σχ. 15 · 2 a.

Σχηματική παράστασις τῆς ὑψηλαμίνου καὶ κατάστασις, εἰς τὴν ὅποιαν εύρισκεται κατὰ τὴν λειτουργίαν τῆς.

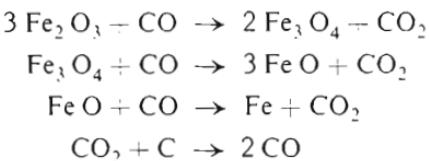
(Αἱ θερμοκρασίαι διδούνται εἰς 0° C.)

"Ἄσ ιδωμεν τώρα πῶς γίνεται ἡ ὅλη ἐργασία διὰ τῆς ὑψηλαμίνου.

"Απὸ τὸ κάτω μέρος τῆς (σχ. 15 · 2 α) εἰσάγεται ἀήρ, δ ὅποιος ξηραίνεται προηγουμένως τελείως διαβιθαζόμενος μέσω Silicagel, τὸ ὅποιον ἀπορροφεῖ τοὺς ίδρατα τοῦ σιδήρου. 'Ο ἀήρ τῆς καύσεως προθερμαίνεται εἰς θερμοκρασίαν 800° C περίπου.

Μὲ τὸν ἀέρα αὐτὸν καίεται ὁ ἄνθραξ (κώκ), ποὺ εύρισκεται εἰς τὸ κάτω μέρος τῆς ὑψικαμίνου καὶ ἔτσι σχηματίζεται διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος, ἐνῶ ὁ ἄνθραξ, ποὺ εύρισκεται ὑψηλότερον, διαπυροῦται. Τὸ διοξείδιον αὐτὸν ἀνέρχεται δλίγον ὑψηλότερον ἐντὸς τῆς καμίνου. Ἐκεὶ ἀνάγεται ἀπὸ τὸν διάπυρον ἄνθρακα καὶ σχηματίζει μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος (CO). Τὸ σχηματιζόμενον μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος ἀνέρχεται εἰς τὴν ἐπομένην ζώνην τῆς καμίνου, ποὺ λέγεται ζώνη ἀναγωγῆς, ὅπου ἀνάγει τὰ διάφορα ὀξείδια τοῦ σιδήρου (Fe_2O_3 , FeO , Fe_3O_4), ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 15·2 α.

Συνοπτικῶς αἱ διάφοροι χημικαὶ ἀντιδράσεις, ποὺ γίνονται ἐντὸς τῆς ὑψικαμίνου κατὰ σειρὰν ἐκ τῶν ἀνω πρὸς τὰ κάτω, δηλαδὴ μὲ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας της, εἶναι αἱ ἀκόλουθοι:



Μικρὰ ποσὰ FeO διαφεύγοντα τὴν ἀναγωγήν, ἀνάγονται εἰς τὴν μεσαίαν ἥ κάτω ζώνην τῆς καμίνου ὑπὸ τοῦ C κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:



Ἡ ἀναγωγὴ λαμβάνει χώραν εἰς θερμοκρασίαν κατὰ πολὺ χαμηλοτέραν ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν τήξεως τοῦ σιδήρου μὲ ἐπακόλουθον τὴν στερεοποίησιν τοῦ παραγομένου σιδήρου. Ὁ σίδηρος αὐτὸς κατέρχεται εἰς χαμηλοτέραν ζώνην τῆς καμίνου καὶ ἐκεὶ προσλαμβάνει ἄνθρακα, δηλαδὴ σχηματίζει κρᾶμα μὲ ἄνθρακα.

Τὸ κρᾶμα αὐτὸν τοῦ σιδήρου - ἄνθρακος (χυτοσίδηρος) εἶναι περισσότερον εὔτηκτον ἀπὸ τὸν καθαρὸν σίδηρον, τήκεται δηλαδὴ εἰς τὸν 1300°C περίπου. Ρευστὸν πλέον τὸ κρᾶμα συγκεντρώνεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τῆς ὑψικαμίνου, ἐνῶ εἰς τὴν ἐπιφάνειάν του ἐπιπλέουν αἱ σκωρίαι, ποὺ εἶναι καὶ αὐταὶ λειωμέναι καὶ ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὸ εἰδικὸν στόμιον τῆς καμίνου, ὅπως βλέπομεν εἰς τὸ σχῆμα.

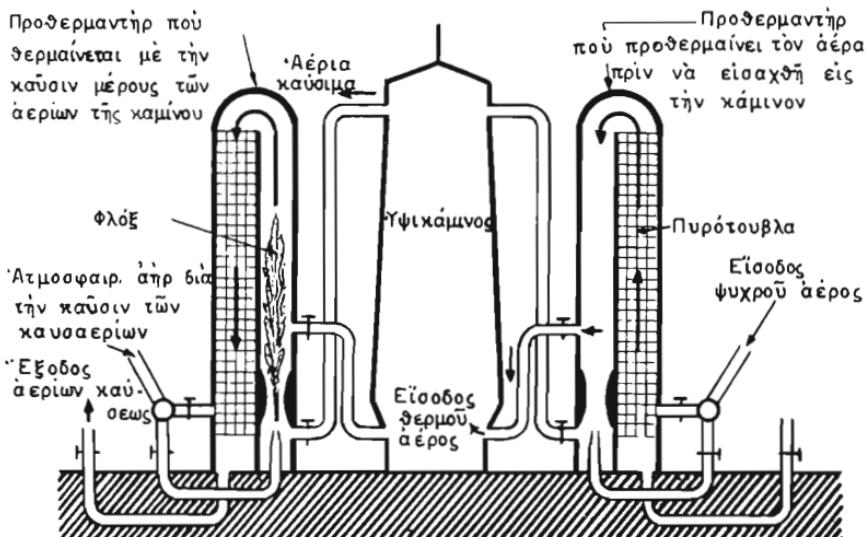
Ο σίδηρος ἔχει μεγάλην χημικὴν συγγένειαν μὲ τὸ θεῖον καὶ σχηματίζει μὲ αὐτὸν θειοῦχον σίδηρον (FeS).

Τὸ χρησιμοποιούμενον εἰς τὰς ὑψικαμίνους μεταλλουργικὸν κώκ

περιέχει συνήθως άπό 0,5% έως 2,0% S, συνήθως εἰς θειούχους ένώσεις καὶ ὄργανικὸν θεῖον. Τὸ θεῖον τοῦτο εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς καμίνου εἶναι πιπητικὸν καὶ ἐνοῦται μετὰ τοῦ σιδήρου μὲν πρὸς FeS μετὰ τοῦ CaC δὲ πρὸς CaS. Οὐτὸς σχηματιζόμενος θειούχος σίδηρος τηκόμενος κατέρχεται μέσω τῆς σκωρίας, ἡ ὅποια κατακρατεῖ τὸ πλεῖστον τοῦ S κατὰ τὴν ἔξισωσιν:



Ο ρευστὸς χυτοσίδηρος χύνεται ἀπὸ τὸ κατώτερον στόμιον τῆς καμίνου εἰς κάδους πρὸς μεταφορὰν εἰς τὰς ἐγκαταστάσεις παραγωγῆς χάλυβος ἢ εἰς τύπους (καλούπια), ὅπου ἀποψύχεται καὶ στερεοποιεῖται εἰς χελώνας.



Σχ. 15.2 β.

Σχηματική παράστασις ύψικαμίνου μὲ δύο προθερμαντῆρας.

Αναλόγως τῆς θερμοκρασίας, ποὺ ἐπεκράτησεν εἰς τὸ κατώτερον μέρος τῆς ύψικαμίνου, καθὼς καὶ τῆς ταχύτητος ἀποψύξεως τοῦ χυτοσίδηρου, λαμβάνομεν λευκὸν χυτοσίδηρον ἢ φαιὸν χυτοσίδηρον (λεπτομέρειαι εἰς Κεφάλαιον 23).

Απὸ τὸ ἐπάνω μέρος τῆς ύψικαμίνου ἔξερχεται τὸ μῆγμα τῶν ἀερίων μὲ θερμοκρασίαν περίπου 400°C , ποὺ περιέχει κυρίως ἄζωτον

και μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος (ἔως 24%). Τὸ μῆγμα αὐτὸ κατὰ συνέπειαν εἶναι καύσιμον καὶ διὰ τοῦτο τὸ ἐκμεταλλευόμεθα καταλήλως.

Σημαντικὸν μέρος αὐτοῦ χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν προθέρμανσιν τοῦ ἀέρος τῆς καύσεως, πού, ὅπως εἴπομεν, εἰσάγεται εἰς τὰς ύψικαμίνους μὲ θερμοκρασίαν 800°C.

Ἡ προθέρμανσις τοῦ ἀέρος τῆς καύσεως γίνεται μὲ τοὺς λεγομένους προθερμαντῆρας (σχ. 15 · 2 β).

Οἱ προθερμαντῆρες εἶναι πύργοι ύψηλοι, ὅσον περίπου καὶ ἡ ύψικάμινος.

Ίδεαν τοῦ πῶς εἶναι κατεσκευασμένοι οἱ προθερμαντῆρες καὶ πῶς λειτουργοῦν μᾶς δίδει τὸ σχῆμα 15 · 2 β.

Οἱ ισολογισμὸς τῶν συστατικῶν κατὰ βάρος, ποὺ λαμβάνουν μέρος κατὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ χυτοσιδήρου εἰς τὴν ύψικαμίνου καὶ τῶν προϊόντων τῆς ύψικαμίνου, μᾶς δίδει μίαν ίδεαν περὶ τοῦ τί γίνεται εἰς τὴν ύψικαμίνον. Οἱ ισολογισμὸς αὐτὸς διὰ τὴν παρασκευὴν 1500 τόννων χυτοσιδήρου ἔχει χονδρικῶς, ὡς ἔξῆς:

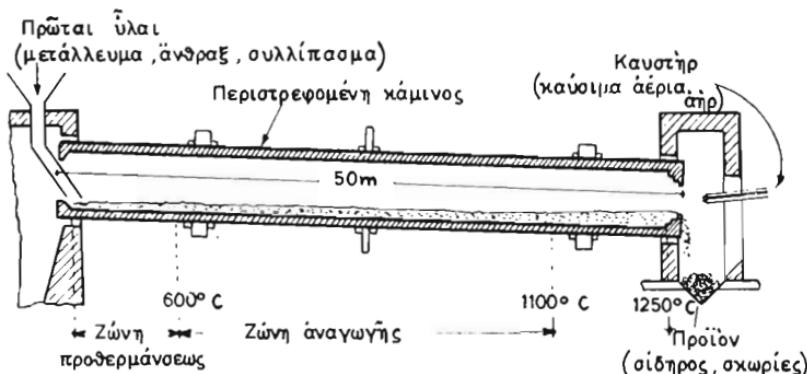
Εἰσερχόμενα εἰς ύψικαμίνον συστατικά		Προϊόντα ύψικαμίνου	
Σιδηρομετάλλευμα (π.χ. 50% σίδηρος)	3000 τόνοι	Χυτοσίδηρος	1500 τόνοι
Μεταλλουργικὸν κώκ	1350 »	Σκωρία	1200 »
Συλλιπάσματα	600 »	Αέριον	8100 »
Ἄηρ καύσεως	6000 »	Κόνις	150 »
Σύνολον	10950 »	Σύνολον	10950 »

Τὸ παραγόμενον ἀέριον τῆς ύψικαμίνου ἀποτελεῖται ἀπὸ 30% ἔως 35% CO, 6% ἔως 10% CO₂, 52% ἔως 60% N₂ καὶ 2% ἔως 3% H₂, ἔχει δὲ ἀξιόλογον θερμογόνον δύναμιν (κατὰ μέσον ὄρον 3800 kcal/kg).

2) Ἡ μέθοδος διὰ πτωχὰ σιδηρομεταλλεύματα ἡ μέθοδος Κρούπ - R.i.v.

Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν δὲν εἶναι ἀπαραίτητον νὰ χρησιμοποιοῦνται ὅπως εἰς τὴν ύψικαμίνον μεταλλεύματα πλούσια εἰς σίδηρον οὔτε κώκ μεταλλουργικόν. Δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν πτωχότερα σιδηρομεταλλεύματα καὶ ἀντὶ τοῦ κώκ ἔξανθράκωμα λιγνίτου (σεμικώκ) θερμογόνου δυνάμεως περίπου 5000 kcal/kg ἡ ξηρὸς λιγνίτης εἰς κόκκους ὥρισμένης κοκκομετρικῆς συστάσεως καὶ θερμογόνου δυνάμεως 4500 ἔως 5000 kcal/kg. Ἡ ἀναγωγὴ τῶν σιδηρομεταλλευ-

μάτων γίνεται εἰς εἰδικὰς κεκλιμένας καὶ περιστρεφομένας καμίνους (σχ. 15 · 2 γ.).



Σχ. 15 · 2 γ.

Σχηματική παράστασις παραγωγῆς χυτοσιδήρου διὰ τῆς μεθόδου Κρούπ - Ρέν.

Απὸ τὸ ὑψηλότερον μέρος τῆς καμίνου εἰσάγεται κονιοποιημένον μῖγμα ἀπὸ μετάλλευμα, λιγνίτην καὶ συλλιπάσματα, ἐνῶ ἀπὸ τὸ κάτω μέρος τῆς ἐκτοξεύονται καὶ καίονται ἀέρια, ποὺ παράγονται ἀπὸ λιγνίτην εἰς εἰδικὰς ἐγκαταστάσεις (ἀεριογόνα).

Η μέθοδος Κρούπ - Ρέν ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τὴν Ἑλλάδα (εἰς Λάρυμναν), ὅπου, ἐπειδὴ τὰ σιδηρομεταλλεύματα τῆς περιοχῆς περιέχουν νικέλιον, ὁ σίδηρος ποὺ παράγεται ἔκεī περιέχει νικέλιον.

15 · 3 Παρασκευὴ τοῦ σφυρηλάτου σιδήρου καὶ τοῦ χάλυβος.

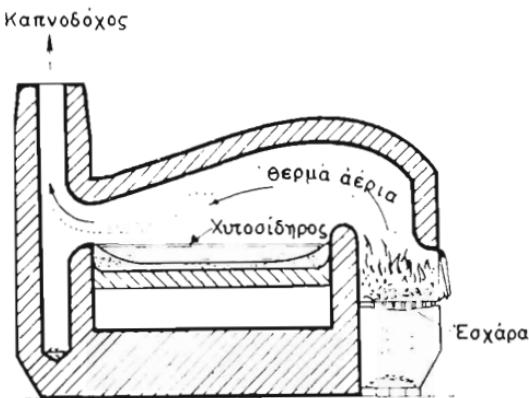
Ἄσ ἔξετάσωμεν τώρα τὴν δευτέραν φάσιν τῆς μεταλλουργίας τοῦ σιδήρου, κατὰ τὴν ὅποιαν λαμβάνομεν τὸν σφυρήλατον σίδηρον καὶ τὸν χάλυβα.

Καὶ τὰ δύο αὐτὰ εἴδη περιέχουν ἐλαχίστας προσμίξεις ξένων στοιχείων. Τὸ κυριώτερον ἀπὸ τὰ ξένα αὐτὰ στοιχεῖα εἶναι ὁ ἄνθραξ, ποὺ εἰς τὸν σφυρήλατον σίδηρον φθάνει περίπου μέχρι 0,03 %, ἐνῶ εἰς τὸν χάλυβα μέχρις 1,5 %.

I.) Παρασκευὴ σφυρηλάτου σιδήρου.

Τὸν σφυρήλατον σίδηρον παρασκευάζομεν, ὅταν ἀπὸ τὸν λευκὸν χυτοσίδηρον ἀπομακρύνωμεν τὰς ξένας προσμίξεις του (κατὰ τὸ μεγαλύτερον ποσοστόν).

Ἡ ἑργασία αὐτὴ γίνεται εἰς φλογοβόλους καμίνους (σχ. 15·3 α), ὅπου εἰς θερμοκρασίαν 1300 ἔως 1400° C καίονται κατὰ τὸ πλεῖστον αἱ προσμίξεις καὶ ἔτσι ἐλαττούται ἡ περιεκτικότης τοῦ σιδήρου εἰς ἄνθρακα καὶ ἄλλα στοιχεῖα. Μέ τὴν καῦσιν αὐτήν, ἄλλαι ἀπὸ τὰς προσμίξεις, ὅπως ὁ ἄνθραξ, σχηματίζουν ἀέρια προϊόντα, ἄλλαι δὲ σκωρίας, ποὺ ἐπιπλέουν εἰς τὸν ρευστὸν σιδῆρον καὶ ἔτσι ἀπομακρύνονται.



Σχ. 15·3 α.

Σχηματική παράστασις φλογοβόλου καμίνου διὰ παραγωγὴν σφυρηλάτου σιδήρου.

Ο ἀπὸ τὴν ὑψικάμινον λαμβανόμενος χυτοσίδηρος πλὴν τοῦ σιδήρου περιέχει προσμίξεις ξένων στοιχείων εἰς ποσοστὸν περίπου 10%. Αἱ προσμίξεις αὐταὶ εἰναι ὁ ἄνθραξ, τὸ πυρίτιον, τὸ μαγγάνιον, ὁ φωσφόρος καὶ τὸ θεῖον.

Αἱ περιοχαί, εἰς τὰς ὅποιας κυμαίνονται αἱ προσμίξεις ξένων στοιχείων εἰς τὸν σφυρήλατον σιδῆρον ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν [%], εἰναι αἱ ἔξης:

C :	0,02	ἕως	0,03
Si :	0,02	ἕως	0,10
S :	0,008	ἕως	0,02
Mn :	0,00	ἕως	0,02
P :	0,05	ἕως	0,25
Σκωρίαι :	0,05	ἕως	1,50

2) Παρασκευὴ χάλυβος.

Τὸν χάλυβα λαμβάνομεν ἀπὸ τὸν λευκὸν χυτοσίδηρον. Τοῦτο

έπιτυγχάνομεν ἐλαττώνοντες τὴν περιεκτικότητα τοῦ λευκοῦ χυτοσιδήρου εἰς ἄνθρακα καὶ εἰς ἄλλα στοιχεῖα, τὰ ὅποια περιέχει, διὰ πυρώσεως εἰς εἰδικὰς καμίνους.

Ἡ ἐπεξεργασία τοῦ λευκοῦ χυτοσιδήρου, μὲ τὴν ὅποιαν λαμβάνομεν τὸν χάλυβα, δύναται νὰ γίνη κατὰ τρεῖς μεθόδους:

- Τὴν μέθοδον Bessemer (Μπέσσεμερ).
- Τὴν μέθοδον Siemens - Martin (Σῆμενς - Μαρτέν) καὶ
- τὴν ἡλεκτρικὴν μέθοδον.

Θὰ ἔξετάσωμεν καὶ τὰς τρεῖς συντόμως.

α) Ἡ μέθοδος Μπέσσεμερ.

Χρησιμοποιεῖται εἰδικὴ κάμινος εἰς σχῆμα ἀχλαδιοῦ, ποὺ λέγεται ἄπιον (ἀπίδι) τοῦ Μπέσσεμερ (σχ. 15 · 3 β).

Τὸ ἄπιον Μπέσσεμερ ἔχει δυνατότητα περιστροφῆς ἀπὸ τῆς κατακορύφου θέσεως μέχρι τῆς ὁρίζοντίας, ὥστε ἡ πλήρωσί του διὰ ρευστοῦ χυτοσιδήρου καὶ ἡ ἀπόχυσις ἀκολούθως τοῦ ρευστοῦ χάλυβος νὰ γίνωνται μὲ εὐκολίαν.

Ἡ δέξιδωσις τῶν ξένων προσμίξεων, ὅπως καὶ εἰς τὸν σφυρήλατον σίδηρον, ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ δέξυγόνον τοῦ ἀέρος, τὸ ὅποιον ἔδω προσφυσᾶται ἀπὸ τὰς ὅπας τοῦ πυθμένος τῆς καμίνου διὰ μέσου τοῦ ρευστοῦ χυτοσιδήρου. Πρῶτον δέξειδοῦται τὸ μαγγάνιον καὶ τὸ πυρίτιον καὶ ἀκολούθως ὁ ἄνθραξ. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐμφυσήσεως τοῦ ἀέρος παρατηρεῖται ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ τήγματος, λόγω τῆς ἐκλυομένης θερμότητος ἀπὸ τὴν καῦσιν τῶν ξένων προσμίξεων.

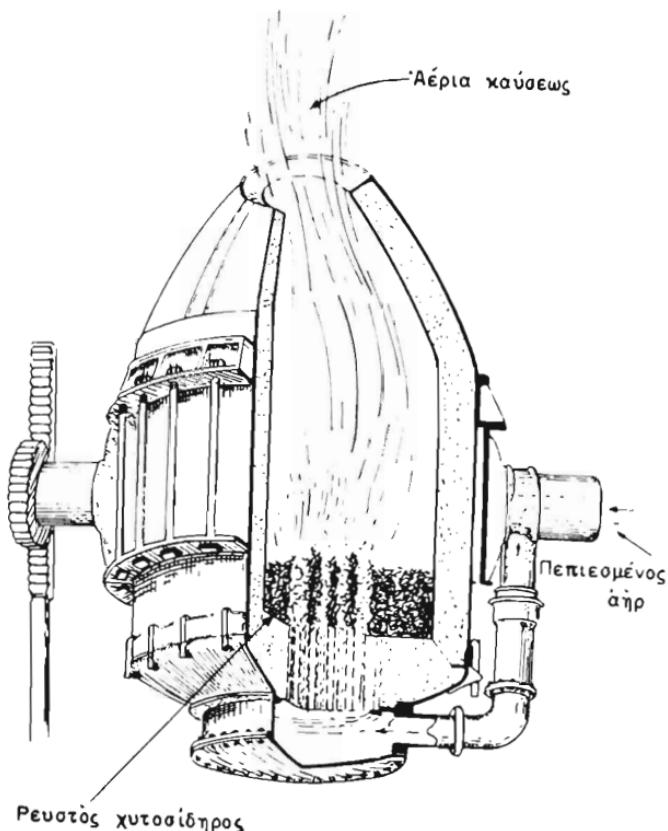
Ἡ ἐργασία τῆς παρασκευῆς χάλυβος κατὰ τὴν μέθοδον αὔτὴν διαρκεῖ 20 ἔως 25 min. Ἡ ἀπόχυσις τοῦ ρευστοῦ χάλυβος εἰς κάδους γίνεται δι' ἀναστροφῆς τοῦ ἀπίου.

β) Ἡ μέθοδος Σῆμενς - Μαρτέν.

Κατὰ τὴν μέθοδον αὔτὴν θερμαίνεται μῆγμα ἀπὸ χυτοσίδηρον καὶ ἀπορρίμματα σφυρηλάτου σιδήρου ἡ χάλυβος (δηλαδὴ παλαιοσιδηρικὰ) μὲ δλίγον δέξιδιον τοῦ σιδήρου, ποὺ προστίθεται εἰς τὸ μῆγμα.

Τὸ δέξιδιον αὔτὸ τοῦ σιδήρου, ἐπειδὴ ἔχει δέξυγόνον, δέξειδώνει τὸν ἄνθρακα τοῦ χυτοσιδήρου καὶ ἔτσι ἐλαττοῦται ἡ περιεκτικότης τοῦ προϊόντος εἰς ἄνθρακα.

Ἡ παρασκευὴ τοῦ χάλυβος γίνεται εἰς εἰδικὰς ἐπιπέδους φλογοβόλους καμίνους Σῆμεν - Μαρτέν (σχ. 15·3 γ).



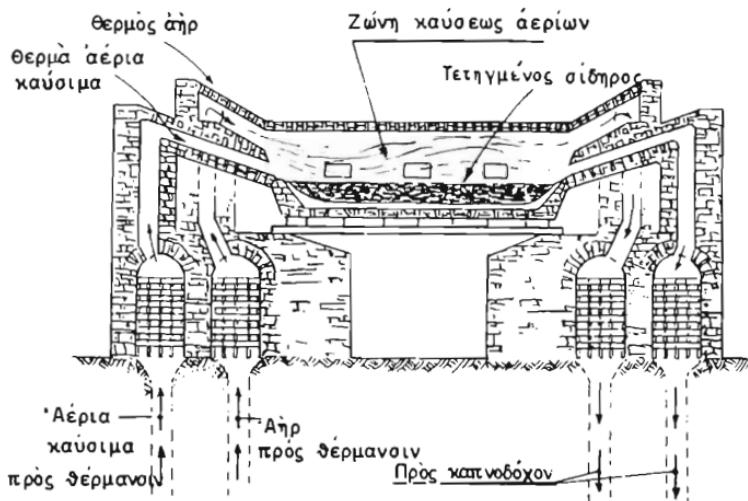
Σχ. 15·3 β.

Ἄπιον Μπέσσεμερ διὰ παρασκευὴν χάλυβος ἀπὸ χυτοσίδηρον. Παραγωγὴ 20 τόννων τὴν ὥραν.

Ἡ θέρμανσις γίνεται μὲ καύσιμα ἀέρια (ἀπὸ ἀεριογόνα). Τὰ ἀέρια αὐτὰ προθέρμανται εἰς τοὺς προθερμαντῆρας, ποὺ ἔναι κάτω ἀπὸ τὴν κάμινον. Ἡ προθέρμανσις τῶν ἀερίων γίνεται μὲ τὸ ἴδιον σύστημα ποὺ γίνεται εἰς τὴν ὑψικάμινον. Μὲ τὴν χρῆσιν τῶν προθερμαντήρων αὐτῶν ἡ θερμοκρασία εἰς τὴν κάμινον φθάνει εἰς τοὺς 1700°C .

Μία κάμινος Σῆμεν - Μαρτέν παράγει 100 ἕως 200 τόννους χάλυβος ἀνὰ 10 ὥρας. Ὁ χάλυψ, ποὺ παρασκευάζεται μὲ αὐτὴν τὴν

μέθοδον, είναι άνωτέρας ποιότητος ἀπὸ τὸν χάλυβα, ποὺ παρασκευάζεται μὲ τὴν μέθοδον Μπέσσεμερ. Ἐξ ἄλλου, ἡ πρώτη ύλη, ποὺ χρησι-



Σχ. 15·3 γ.

Σχηματική παράστασις καμίνου Σῆμενς-Μαρτέν διὰ παρασκευὴν χάλυβος.

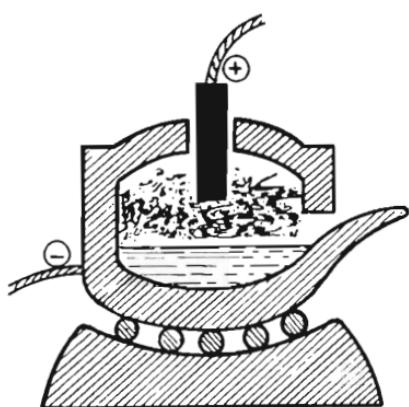
μοποιεῖται διὰ τὴν παρασκευὴν χάλυβος μὲ τὴν μέθοδον Σῆμενς - Μαρτέν, είναι κυρίως παλαιοσιδηρικά.

Δύο μεγάλα ἐργοστάσια εἰς τὴν περιοχὴν Σκαραμαγκᾶ ('Αττικῆς) παράγουν χάλυβα μὲ τὴν μέθοδον Σῆμεν - Μαρτέν.

γ) Η ἡλεκτρικὴ μέθοδος.

Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν ἡ παρασκευὴ χάλυβος γίνεται εἰς ἡλεκτρικὰς καμίνους χωρητικότητος 10 ἔως 30 τόννων (σχ. 15·3 δ).

Εἰς τὰς καμίνους αὐτὰς ἡ θέρμανσις τοῦ λευκοῦ χυτοσιδήρου γίνεται μὲ ἡλεκτρικὸν τόξον. Η μέθοδος αὐτὴ είναι κατάλληλος διὰ τὴν παρασκευὴν χαλυβοκραμάτων (ἰδὲ Μέρος 8ον).



Σχ. 15·3 δ.

Ηλεκτρικὴ κάμινος παρασκευῆς χάλυβος.

ρού γίνεται μὲ ἡλεκτρικὸν τόξον. Η μέθοδος αὐτὴ είναι κατάλληλος διὰ τὴν παρασκευὴν χαλυβοκραμάτων (ἰδὲ Μέρος 8ον).

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟΝ
ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ

Οι άνθρακούχοι χάλυβες, ὅπως μέχρι τώρα έχομεν άναφέρει, είναι κράματα σιδήρου και άνθρακος μὲ περιεκτικότητα εἰς άνθρακα μέχρι 2%, πρακτικῶς δύμως ἀπὸ 0,01% ἕως περίπου 1,5%.

Οι βιομηχανικῶς χρησιμοποιούμενοι άνθρακούχοι χάλυβες περιέχουν συνήθως πλήν τοῦ άνθρακος και σημαντικήν άναλογίαν μαγγανίου, ποὺ παραμένει εἰς τὸ κράμα και μετὰ τὴν καῦσιν τῶν ξένων προσμίξεων κατὰ τὴν παρασκευὴν τοῦ χάλυβος (παράγρ. 15·3). Περιέχουν ἐπίσης, εἰς μικρὰν δύμως ἀναλογίαν, πυρίτιον, θεῖον και φωσφόρον.

Εἰς τὸ μέρος αὐτὸν θὰ ἔξετάσωμεν:

α) Τὰς ἀλλοτροπίας τοῦ σιδήρου, δηλαδὴ τὰς διαφορετικὰς μορφὰς κρυσταλλικῆς δομῆς, τὰς ὅποιας παρουσιάζει ὁ σίδηρος, ὅταν θερμανθῇ ἢ ψυχθῇ. Τοῦτο θὰ μᾶς βοηθήσῃ εἰς τὴν κατανόησιν τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος ίσορροπίας τῶν κραμάτων σιδήρου - άνθρακος.

β) Τὸ θερμικὸν διάγραμμα ίσορροπίας (Κεφάλ. 4) τῶν κραμάτων σιδήρου - άνθρακος ἢ καλύτερον σιδήρου - σεμεντίτου και τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τῶν άνθρακούχων χαλύβων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 16

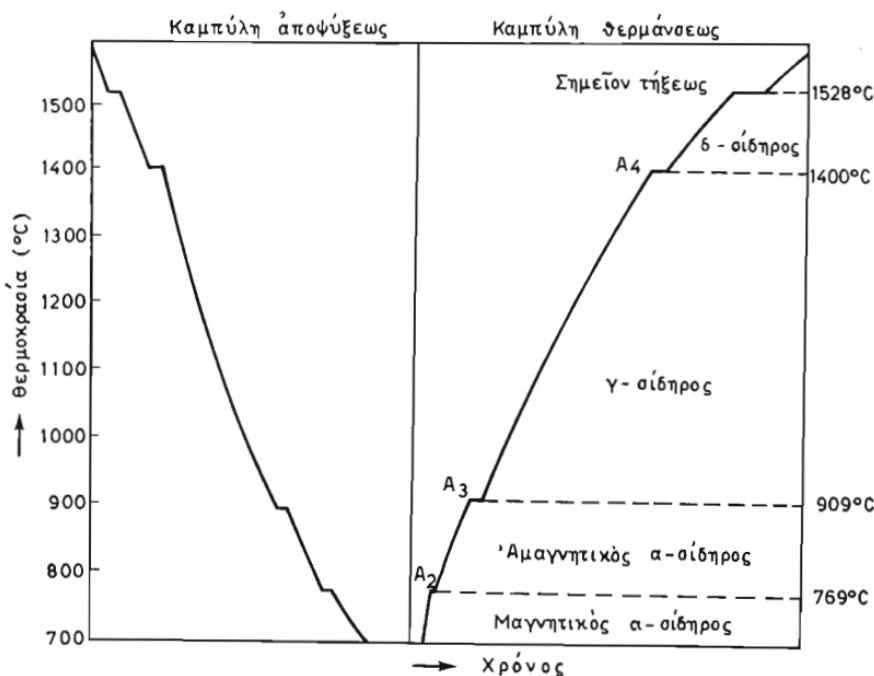
ΑΛΛΟΤΡΟΠΙΑΙ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ

"Ας ἴδωμεν λοιπὸν ποίας μορφὰς κρυσταλλικῆς δομῆς παρουσιάζει ὁ καθαρὸς σίδηρος κατὰ τὴν θέρμανσίν του μέχρι τήξεως, ἀλλὰ και κατὰ τὴν ἀπόψυξίν του μέχρι τῆς συνήθους θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

'Η καμπύλη θερμάνσεως και ἀποψύξεως τοῦ καθαροῦ σιδήρου δίδεται εἰς τὸ σχῆμα 16·α. Εἰς τὸν ὄριζόντιον ἄξονα τίθεται ὁ χρόνος θερμάνσεως ἢ ἀποψύξεως και εἰς τὸν κάθετον πρὸς αὐτὸν ἄξονα ἡ θερμοκρασία, εἰς 0C.

Κατὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ σιδήρου(δεξιὰ καμπύλη τοῦ σχ. 16·α),

παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν ἡ θερμοκρασία φθάσῃ εἰς τοὺς 769°C , 909°C , 1400°C καὶ 1528°C (σημεῖον τήξεως τοῦ καθαροῦ σιδήρου), παραμένει ἐπὶ μικρὸν χρονικὸν διάστημα στάσιμος, κατόπιν δὲ ἔξακολουθεῖ νὰ ἀνυψώνεται. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ὁ σίδηρος εἰς τὰς θερμοκρασίας αὐτὰς ἀπορροφεῖ θερμότητα, χωρὶς ὅμως νὰ αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία του. Κατὰ συνέπειαν κάποια μεταβολὴ θὰ ἐπέρχεται μέσα του. Αἱ θερμοκρασίαι τῶν 769°C , 909°C καὶ 1400°C καλοῦνται κρίσιμα σημεῖα καὶ



Σχ. 16. α.

Καμπύλη θερμάνσεως καὶ ἀποψύξεως τοῦ καθαροῦ σιδήρου.

κατὰ σειρὰν ἐμφανίσεώς των κατὰ τὴν θέρμανσιν παρίστανται μὲ A₂, A₃ καὶ A₄. Κατὰ τὸν χρόνον, ποὺ ἡ θερμοκρασία παραμένει στάσιμος εἰς τὰ κρίσιμα σημεῖα A₃ καὶ A₄, παρατηρεῖται μεταμόρφωσις εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ σιδήρου. Ἔτσι, ὁ καθαρὸς σίδηρος μέχρι τῆς θερμοκρασίας τῶν 909°C (κρίσιμον σημεῖον A₃) παρουσιάζεται ὡς ἀλφα - σίδηρος (α - σίδηρος ή α - Fe). Ἐχει χωροκεντρωμένον κυβικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα [Κεφάλ. 2 · 5, σχ. 2 · 5 α (α)]. Ὁ α - σίδηρος

μέχρι τοὺς 769^0 C είναι μαγνητικός. Άπό τῆς θερμοκρασίας δὲ αύτῆς (κρίσιμον σημείον A_2) καὶ μέχρι τοῦ κρισίμου σημείου A_3 καθίσταται ἀμαγνητικός. Περαιτέρω, ὁ α-σίδηρος εἰς τοὺς 909^0 C μεταμορφώνεται εἰς γάμμα-σίδηρον (γ -σίδηρον ἢ $\gamma\text{-Fe}$), ὁ όποιος ἔχει ἐδροκεντρωμένον κυβικὸν πλέγμα [παράγρ. 2 · 5, σχ. 2 · 5 α (β))] καὶ είναι ἀμαγνητικός. 'Ο γ-σίδηρος θερμαινόμενος ἀκόμη εἰς τοὺς 1400^0 C (κρίσιμον σημείον A_4) μετασχηματίζεται εἰς δέλτα-σίδηρον (δ -σίδηρον ἢ $\delta\text{-Fe}$), μὲ χωροκεντρωμένον κυβικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα, δηλαδὴ ὅμοιον μὲ τὸ πλέγμα τοῦ α-σιδήρου. Εἰς τοὺς 1528^0 C ἐπέρχεται ἡ τῆξις τοῦ καθαροῦ σιδήρου.

Κατὰ τὴν ἀπόψυξιν τοῦ τήγματος καθαροῦ σιδήρου παρατηροῦνται αἱ αὐταὶ μεταβολαί, κατ' ἀντίστροφον ὅμως τάξιν, εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν του εἰς τὰ αὐτὰ περίπου σημεῖα A_4 , A_3 καὶ A_2 , ὅπως συμβαίνει κατὰ τὴν θέρμανσιν.

'Ο α-σίδηρος δὲν διαλύει τὸν ἄνθρακα. 'Ο γ-σίδηρος, ὁ όποιος τὸν διαλύει, δύναται νὰ ὑπάρξῃ καὶ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος, ἐὰν προστεθοῦν εἰς αὐτὸν ὥρισμένα στοιχεῖα, ὅπως είναι τὸ νικέλιον καὶ τὸ μαγγάνιον, τὰ όποια ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ καταβιβάζουν τὰ κρίσιμα σημεῖα (παράγρ. 20 · 2).

'Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι ὁ σίδηρος ὑπάρχει ὑπὸ δύο ἀλλοτροπικὰς μορφάς, δηλαδὴ ὡς α-σίδηρος καὶ ὡς δ-σίδηρος μὲ χωροκεντρωμένον κυβικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα καὶ ὡς γ-σίδηρος μὲ ἐδροκεντρωμένον κυβικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα.

ΤΟ ΘΕΡΜΙΚΟΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΤΩΝ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΣΙΔΗΡΟΥ ΚΑΙ ΑΝΘΡΑΚΟΣ

17 · 1 Τὸ πλῆρες διάγραμμα.

“Εχοντες ύπ’ ὅψει τὰς ἀλλοτροπικὰς μορφάς, τὰς ὅποιας ὁ σίδηρος λαμβάνει κατὰ τὴν θέρμανσιν καὶ τὴν ἀπόψυξιν του, ἃς μελετήσωμεν τώρα τὸ θερμικὸν διάγραμμα ίσορροπίας τῶν κραμάτων σιδήρου-ἄνθρακος.

Ἐδῶ πρέπει νὰ τονίσωμεν ὅτι ὁ ἄνθραξ εἰς τοὺς χάλυβας δὲν εύρισκεται ἐλεύθερος (ύπὸ μορφὴν γραφίτου), ἀλλὰ σχηματίζει μετὰ τοῦ σιδήρου χημικὴν ἔνωσιν (καρβίδιον), τὴν ὅποιαν ὀνομάζομεν σεμεντίτην (Fe_3C). Ὁ σεμεντίτης ἔχει περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα 6,67 %.

Εἰς τὸ σχῆμα 17 · 1 δίδεται ὁλόκληρον τὸ θερμικὸν διάγραμμα ίσορροπίας τῶν κραμάτων σιδήρου-σεμεντίτου, δηλαδὴ ἀπὸ τοῦ καθαροῦ σιδήρου $[\pi(C) = 0,00\%]$ * μέχρι τοῦ σεμεντίτου $[\pi(C) = 6,67\%]$. Τὰ κράματα αὐτὰ ἀνήκουν εἰς τὴν κατηγορίαν τοῦ διμεροῦς κράματος συνθέτου τύπου, ὅπως τὸ μελετηθὲν κράμα κασσιτέρου-μολύβδου (παράγρ. 4 · 3, σχ. 4 · 3 γ), ὅποτε τὰ δύο στοιχεῖα τοῦ κράματος εἶναι πλήρως ἀναμίξιμα εἰς τὴν ύγρὰν κατάστασιν καὶ μερικῶς ἀναμίξιμα εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν.

Παρ’ ὅλον ὅτι τὸ διάγραμμα αὐτὸ φαίνεται πολύπλοκον, βασικῶς ἔχομεν νὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ δύο στερεὰ διαλύματα, δηλαδὴ, τὸν ὡστενίτην καὶ τὸν φερρίτην καὶ μὲ τὸν σεμεντίτην (καρβίδιον).

“Οπως ἔχομεν ἀναφέρει, ὁ ὡστενίτης εἶναι στερεὸν διάλυμα παρεμβολῆς (παράγρ. 3 · 2). Σχηματίζεται, ὅταν εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ γ - σιδήρου διαλυθῇ ἄνθραξ. Ὁ ἄνθραξ διαλύεται εἰς

* Μὲ τὸ σύμβολον $\pi(C)$ παριστάνομεν τὴν περιεκτικότητα τοῦ κράματος εἰς ἄνθρακα ἐπὶ τοῖς ἑκατόν. Ὁ αὐτὸς συμβολισμὸς $\pi(σύμβολον στοιχείου)$ θὰ χρησιμοποιηθῇ εἰς τὰ ἐπόμενα διὰ νὰ ύποδηλώσῃ τὴν περιεκτικότητα εἰς οιονδήποτε δλλο στοιχεῖον.

ἀναλογίαν περίπου μέχρι 2% εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν 1130⁰ C. Εἰς τὴν ἀναλογίαν αὐτὴν ἄνθρακος ἔχομεν κεκορεσμένον ὡστενίτην. 'Ο ώστενίτης εἶναι ἀμαγνητικός.

'Ο φερρίτης εἶναι ἐπίσης στερεὸν διάλυμα παρεμβολῆς καὶ σχηματίζεται, ὅταν ὁ ἄνθραξ διαλυθῇ εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ α-σιδήρου. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ ἄνθραξ διαλύεται εἰς πολὺ μικρὰν ἀναλογίαν. Φθάνει κατὰ μέγιστον τὰ 0,03% εἰς θερμοκρασίαν 723⁰ C (κεκορεσμένος φερρίτης). 'Ο φερρίτης εἶναι μαγνητικὸς μέχρι τῆς θερμοκρασίας τῶν 769⁰ C. Κατὰ τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ὁ φερρίτης θεωρεῖται ὅτι ἔχει τὰς αὐτὰς μὲ τὸν καθαρὸν σίδηρον μηχανικὰς ἴδιότητας.

'Ο σεμεντίτης, ὅπως εἴδομεν, εἶναι χημικὴ ἔνωσις. Σχηματίζεται, ὅταν ἡ περιεκτικότης τοῦ κράματος εἰς ἄνθρακα εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν περιεκτικότητα κορεσμοῦ τοῦ φερρίτου (ἄνω τῶν 0,03%). Εἶναι πολὺ σκληρός (ἡ σκληρότης του ὑπερβαίνει τοὺς 700 βαθμούς Brinell) καὶ πολὺ εὔθραυστος.

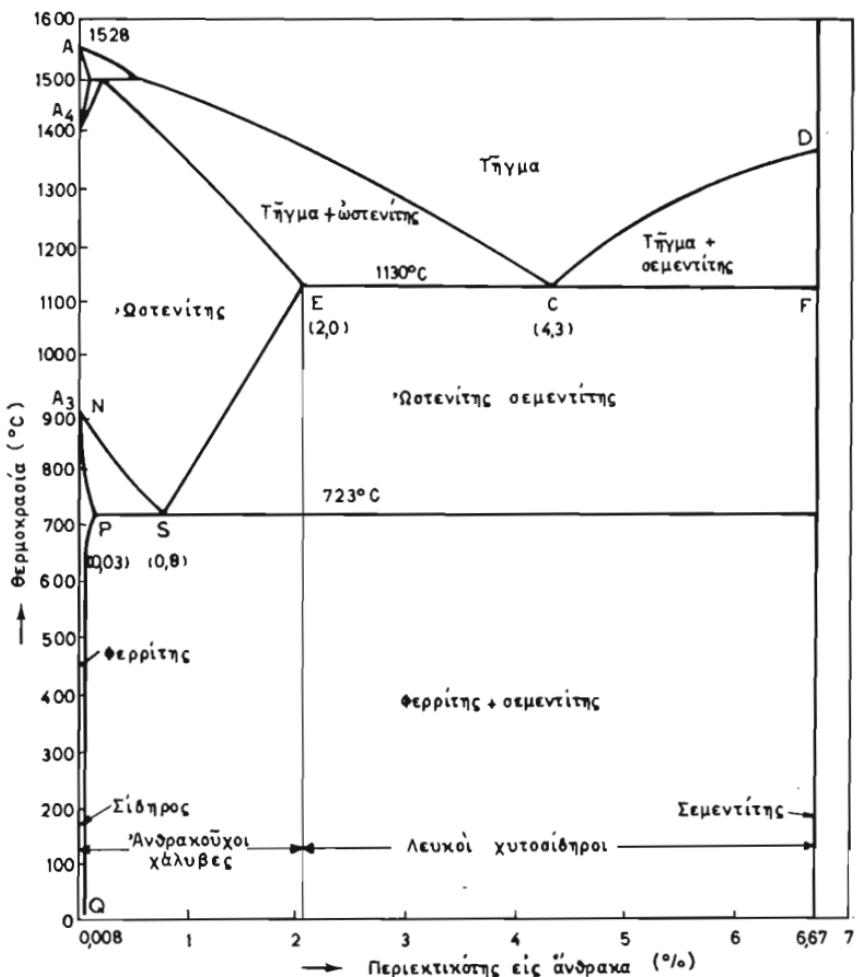
'Η γραμμὴ τοῦ liquidus (σχ. 17·1) εἶναι ἡ ACD (παράγρ. 4·2) καὶ ἡ γραμμὴ τοῦ solidus εἶναι ἡ AECD, ἐὰν δὲν λάβωμεν ὑπὸ δψιν τὰς λεπτομερείας τοῦ ἄνω ἀριστεροῦ μέρους τοῦ διαγράμματος, αἱ ὅποιαι καὶ τὸ καθιστοῦν πολύπλοκον.

'Η γραμμὴ τοῦ solidus ἀρχίζει ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν τήξεως τοῦ καθαροῦ σιδήρου (1528⁰ C) καὶ ἀκολουθεῖ τὸν σχηματισμὸν τοῦ ώστενίτου μέχρι τοῦ κορεσμοῦ του εἰς ἄνθρακα εἰς ἀναλογίαν 2% καὶ εἰς θερμοκρασίαν 1130⁰ C (σημεῖον Ε τοῦ διαγράμματος). Ἀπὸ ἐκεῖ καὶ πέρα ἡ γραμμὴ τοῦ solidus παραμένει εὐθεῖα μέχρι τοῦ καθαροῦ σεμεντίτου. Ἐτσι, ἡ στερεοποίησις τελειώνει διὰ μὲν τὰ κράματα μὲ περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα μέχρι 2%, εἰς τὸ διάστημα θερμοκρασιῶν ἀπὸ 1528⁰ C ἕως 1130⁰ C, διὰ δὲ τὰ λοιπὰ κράματα εἰς τὴν σταθερὰν θερμοκρασίαν τῶν 1130⁰ C.

Εἰς τὸ σημεῖον C τοῦ διαγράμματος, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς ἀναλογίαν ἄνθρακος 4,3% καὶ βεβαίως πάντοτε εἰς τὴν σταθερὰν θερμοκρασίαν 1130⁰ C, ἡ ἔναρξις καὶ τὸ πέρας τῆς στερεοποιήσεως συμπίπτουν. Παρατηροῦμεν ἐπίσης ὅτι ἡ θερμοκρασία αὐτὴ (1130⁰ C) εἶναι ἡ χαμηλοτέρα θερμοκρασία τήξεως, ποὺ συναντῶμεν εἰς τὰ κράματα σιδήρου-σεμεντίτου.

Τὸ σημεῖον C εἶναι τὸ σημεῖον τῆς εὐτηκτικῆς ἀναλογίας (πα-

ράγρ. 3·3), τό δὲ κράμα μὲ άναλογίαν εἰς άνθρακα 4,3% εἶναι τό εύτηκτικὸν κράμα. Τό εύτηκτικὸν κράμα εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν όνομάζεται λεδεμβουρίτης, σχηματίζεται δὲ ἀπὸ πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἐναλλάξ κεκορεσμένου ώστενίτου [$\pi(C) = 2\%$] καὶ σεμεντίτου.



Σχ. 17·1.

Τό πλήρες θερμικόν διάγραμμα ίσορροπίας τῶν κραμάτων σιδήρου-σεμεντίτου.

Τό σημεῖον S τοῦ διαγράμματος, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς ἀναλογίαν άνθρακος 0,80% καὶ εἰς θερμοκρασίαν 723° C, εἶναι τό λεγόμενον σπι-

μείον εὐτηκτοειδοῦς ἀναλογίας καὶ τὸ σχετικὸν κρᾶμα εἶναι τὸ εὐτηκτοειδὲς κρᾶμα (παράγρ. 3·3). Τὸ εὐτηκτοειδὲς κρᾶμα ὄνομάζεται περλίτης, σχηματίζεται δὲ ἀπὸ πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἐναλλὰξ φερρίτου καὶ σεμεντίτου, ὅπως λεπτομερέστερον θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Παρατηροῦντες τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 17.1 διακρίνομεν γενικῶς τὰς ἔξης κατηγορίας κραμάτων σιδήρου - σεμεντίτου λαμβάνοντες ὑπ' ὅψιν τὰ σημεῖα Ε καὶ C τοῦ διαγράμματος:

- α) $\pi(C) < 2,0\%$: Χάλυβες (πρακτικῶς μέχρι 1,5%).
- β) $2,0 < \pi(C) < 4,3\%$: 'Υποευτηκτικὰ κράματα.
- γ) $\pi(C) = 4,3\%$: Εὐτηκτικὸν κρᾶμα (λεδεμβουρίτης).
- δ) $\pi(C) > 4,3\%$: 'Υπερευτηκτικὰ κράματα.

Τὰ κράματα σιδήρου - σεμεντίτου μὲ περιεκτικότητα εἰς ἀνθρακα ἄνω τοῦ 2% ἀποτελοῦν τοὺς λεγομένους λευκοὺς χυτοσιδήρους.

Οἱ χυτοσίδηροι αὐτοὶ ὄνομάζονται ἔτσι, διότι ἡ ἐπιφάνεια θραύσεώς των φαίνεται λευκόχρος. Ἐδῶ πρέπει νὰ ἀναφέρωμεν ὅτι ἐκτὸς ἀπὸ τοὺς λευκοὺς χυτοσιδήρους ἔχομεν καὶ τοὺς λεγομένους φαιοὺς χυτοσιδήρους, τῶν ὅποιων ἡ ἐπιφάνεια θραύσεως παρουσιάζεται φαιόχρος. Οἱ χυτοσίδηροι αὐτοὶ ἀνήκουν εἰς τὰ κράματα σιδήρου - γραφίτου (ό ἀνθραξ εύρισκεται εἰς αὐτὰ ἐλεύθερος καὶ ὅχι εἰς χημικὴν ἔνωσιν ὡς σεμεντίτης), μὲ τὰ ὅποια θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς τὸ Κεφάλαιον περὶ Χυτοσιδήρων (Μέρος 9ον).

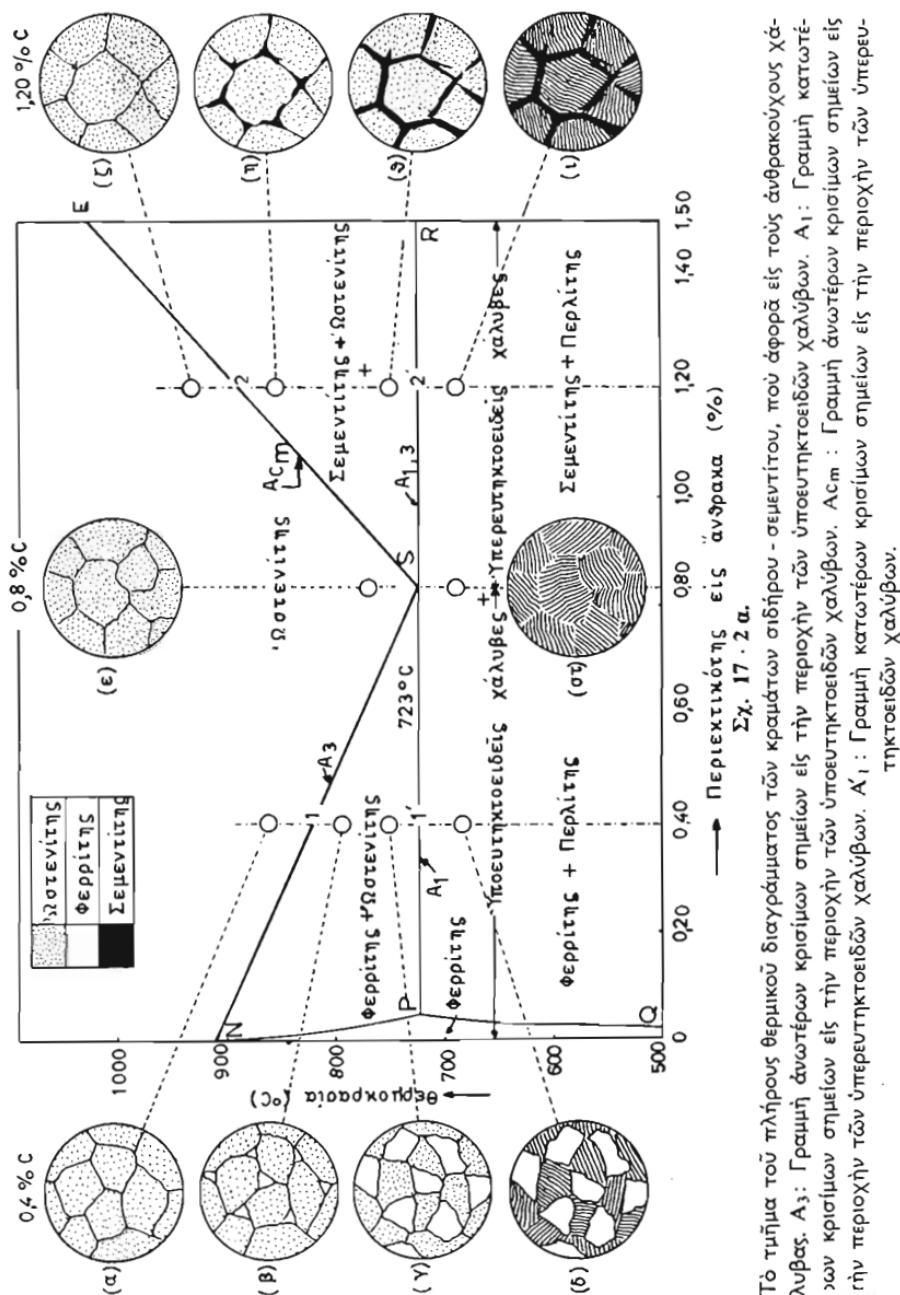
17.2 Ή περιοχή τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων.

Διὰ τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς μᾶς ἐνδιαφέρει ἴδιαιτέρως τὸ τμῆμα τοῦ πλήρους θερμικοῦ διαγράμματος ισορροπίας, ποὺ περιλαμβάνει τοὺς χάλυβας, δηλαδὴ ἀπὸ $\pi(C) = 0,0\%$ μέχρι $\pi(C) = 2,0\%$.

Τοῦ τμήματος αὐτοῦ τοῦ διαγράμματος κάμνομεν χρῆσιν καὶ κατὰ τὰς θερμικὰς κατεργασίας τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων. Διὰ τοὺς λόγους αὐτούς θὰ μελετήσωμεν κατωτέρω λεπτομερέστερον τὸ τμῆμα αὐτό, τὸ ὅποιον δίδεται εἰς τὸ σχῆμα 17·2 α.

"Οπως ἔχομεν ἥδη ἀναφέρει, εἰς τὸ σημεῖον S τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 17·1 σχηματίζεται τὸ εὐτηκτοειδὲς κρᾶμα, ποὺ ἐκαλέσαμεν περλίτην. Μὲ βάσιν τὸ σημεῖον αὐτὸ οἱ ἀνθρακούχοι χάλυβες διακρίνονται εἰς:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| α) 'Υποευτηκτοειδεῖς μὲ | $\pi(C) < 0,80\%$ |
| β) Εὐτηκτοειδεῖς μὲ | $\pi(C) = 0,80\%$ καὶ εἰς |



Σχ. 17. 2 α.

Τὸ ταῦτα ματ τοῦ πλήρους θερμικοῦ διαγράμματος τῶν κραμάτων σιδήρου - σεμεντίτου, τοῦ ἀφορᾶ εἰς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας. A_3 : Γραμμὴ ἀνατέρων κρισίμων σημείων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν ὑποευηκτοειδῶν χαλύβων. A_1 : Γραμμὴ κατωτέρων κρισίμων σημείων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν ὑποευηκτοειδῶν χαλύβων. $\text{A}_{1,3}$: Γραμμὴ ἀνωτέρων κρισίμων σημείων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν περλίτων κρισίμων σημείων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν υπερευηκτοειδῶν χαλύβων. A_c : Γραμμὴ κατωτέρων κρισίμων σημείων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν χαλύβων. N : Γραμμὴ τῆς περιοχῆς εἰς τὸν υπερευηκτοειδῶν χαλύβων. P : Γραμμὴ τῆς περιοχῆς εἰς τὸν υπερευηκτοειδῶν χαλύβων. R : Γραμμὴ τῆς περιοχῆς εἰς τὸν υπερευηκτοειδῶν χαλύβων. S : Γραμμὴ τῆς περιοχῆς εἰς τὸν υπερευηκτοειδῶν χαλύβων. Q : Γραμμὴ τῆς περιοχῆς εἰς τὸν υπερευηκτοειδῶν χαλύβων.

γ) ὑπερευτηκτοειδεῖς μὲν $0,80\% < \pi(C) < 2,0\%$.

Εἰς τὸ ἀριστερὸν ἄκρον τοῦ διαιγράμματος εὐρίσκεται ἡ περιοχὴ τοῦ φερρίτου. Κάθε σημείου τῆς περιοχῆς αὐτῆς ἀντιστοιχεῖ εἰς ὥρι-
σμένην θερμοκρασίαν καὶ περιεκτικότητα τοῦ κράματος εἰς ἀνθρακα-
τούς τὰς ὁποίας ὁ ἀνθραξ δύναται νὰ διαλυθῇ ὅλοσχερῶς ἐντὸς τοῦ κρά-
ματος τοῦ φερρίτου. Κάθε σημείου δεξιὰ τῆς γραμμῆς PQ τοῦ διαι-
γράμματος δεικνύει ὅτι ὁ φερρίτης εἶναι πλέον κεκορεσμένος εἰς ἀνθρακα-
(παράγρ. 17 · 1) καὶ κατὰ συνέπειαν ὁ ὑπόλοιπος ἀνθραξ τοῦ κρά-
ματος θὰ πρέπει νὰ ὑπάρχῃ εἰς αὐτὸν ὡς σεμεντίτης. Ή σημασία τῆς
κλίσεως τῆς γραμμῆς PQ εἶναι ὅτι, ἐνῷ ὁ ἀνθραξ διαλύεται ἐντὸς τοῦ
α-σιδήρου εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος κατὰ πο-
σοστὸν περίπου $0,008\%$, εἰς τοὺς 723°C διαλύεται κατὰ $0,03\%$.

Διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν πορείαν τῆς στερεοποιήσεως, ἀλλὰ καὶ
τὰς μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι γίνονται εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τῶν
ἀνθρακούχων χαλύβων, ἀς μελετήσωμεν τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος
17 · 2 α διὰ τρεῖς ἀντιπροσωπευτικούς χάλυβας. Οἱ χάλυβες θερμαί-
νονται, ὡστε νὰ μετασχηματισθοῦν εἰς ὡστενίτην καὶ κατόπιν ἀφί-
νονται νὰ ψυχθοῦν ἡρέμως μέχρι τῆς συνήθους θερμοκρασίας τοῦ περι-
βάλλοντος.

1) *Χάλυψ μὲν $\pi(C) = 0,40\%$ (ὑπερευτηκτοειδής).*

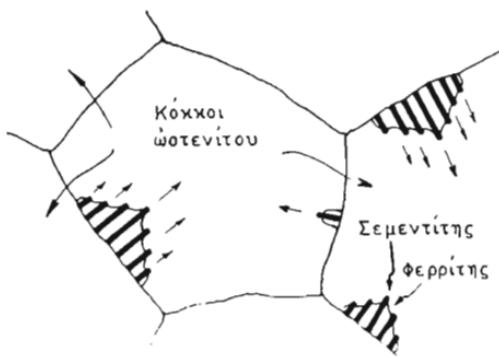
‘Ο χάλυψ αὐτὸς θερμὸν ὥμενος εἰς θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τοῦ
σημείου 1 (ἀνωτέρου κρισίμου σημείου) μετασχηματίζεται πλήρως
εἰς ὡστενίτην (σχ. 17 · 2 α, περίπτωσις α).

“Οταν ψυχόμενος ἀποκτήσῃ θερμοκρασίαν ὀλίγον κατωτέραν
ἀπὸ ἐκείνην τοῦ σημείου 1, τὸ κρυσταλλικόν του πλέγμα ἀρχίζει νὰ
μετασχηματίζεται ἀπὸ ἔδροκεντρωμένον κυβικὸν εἰς χωροκεντρωμένον
κυβικὸν διὰ τοῦ ἀποχωρισμοῦ ὡρισμένων κρυστάλλων α-σιδήρου ἀπὸ
τὸν ὡστενίτην. Οἱ κρύσταλλοι αὗτοὶ κρατοῦν ὡρισμένον ποσοστὸν
ἀνθρακος καὶ παρουσιάζονται ὡς κρύσταλλοι φερρίτου (σχ. 17 ·
2 α, περίπτωσις β).

Καθὼς συνεχίζεται ἡ πτῶσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ κράματος,
οἱ κρύσταλλοι τοῦ φερρίτου αὔξανονται εἰς μέγεθος (σχ. 17 · 2 α,
περίπτωσις γ) εἰς βάρος ὅμως τοῦ ὡστενίτου ἀφοῦ δὲ ὁ φερρίτης ἔχει

μικρὰν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα, ὁ ἀπομένων ὥστενίτης γίνεται πλουσιώτερος εἰς ἄνθρακα.

Ἐτσι, ὅταν ψυχόμενος ὁ χάλυψ φθάσῃ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν 723^0 C (σημεῖον 1', κατώτερον κρίσιμον σημεῖον), θὰ ἀποτελῆται ἀπὸ κεκορεσμένον φερρίτην, δηλαδὴ μὲ 0,03% εἰς ἄνθρακα, καὶ ἀπὸ ὥστενίτην, μὲ 0,80% εἰς ἄνθρακα (ἢ σύνθεσις τοῦ ὥστενίτου καθορίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖον S τοῦ διαγράμματος). Ὁ ὥστενίτης δὲν δύναται νὰ



Σχ. 17 · 2 β.

Μηχανισμὸς μετασχηματισμοῦ τοῦ ὥστενίτου εἰς περλίτην.

δεσμεύσῃ ἄνθρακα ἄνω τοῦ 0,80% καὶ κατὰ συνέπειαν καθὼς ἡ θερμοκρασία πίπτει, οἱ κόκκοι τοῦ ὥστενίτου διασπᾶνται. Ὁ ἐπὶ πλέον ἄνθραξ ἀποχωριζόμενος σχηματίζει μετὰ τοῦ σιδήρου σεμεντίτην. Πυρῆνες σεμεντίτου σχηματίζονται τυχαίως εἰς τὰ ὄρια τῶν κόκκων τοῦ ὥστενίτου (σχ. 17 · 2 β), ἐκ τῶν δόποιων ἀναπτύσσονται πλακοειδεῖς κρυσταλλῖται σεμεντί-

του. Ἡ ἀφαίρεσις τοῦ ἄνθρακος πρὸς σχηματισμὸν τοῦ ὥστενίτου ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν πτώχευσιν εἰς ἄνθρακα τοῦ περιβάλλοντος ὥστενίτου.

Ὁ ὥστενίτης γίνεται τόσον πτωχὸς εἰς ἄνθρακα, ὥστε ἐκατέρωθεν τοῦ σχηματισθέντος πλέον κρυσταλλίτου τοῦ σεμεντίτου νὰ σχηματίζωνται πλακοειδεῖς κρυσταλλῖται φερρίτου.

Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀναπτύσσονται πλακοειδεῖς κρυσταλλῖται ἀπὸ φερρίτην καὶ σεμεντίτην ἐναλλάξ, οἱ δόποιοι καὶ ἀποτελοῦν τὸν περλίτην (παράγρ. 17 · 1). Ὁ σχηματισμὸς τοῦ περλίτου συνεχίζεται, μέχρις ὅτου ὁ ὑπάρχων ὥστενίτης ἀναλωθῇ. Ἡ περιεκτικότης εἰς ἄνθρακα τοῦ περλίτου εἶναι ἀκριβῶς 0,80%.

Μικροφωτογραφία* περλιτικοῦ κρυσταλλικοῦ ἰστοῦ δίδεται εἰς τὸ σχῆμα 17 · 2 γ (α).

* Ἡ μικροφωτογραφία λαμβάνεται διὰ παρατηρήσεως μέσω τοῦ λεγομένου

Οίοσδήποτε ύποευτηκτοειδής χάλυψ θὰ ἔχῃ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος κρυσταλλικήν δομήν ἀποτελουμένην ἀπὸ κόκκους φερρίτου καὶ ἀπὸ κόκκους περλίτου (σχ. 17 · 2 α, περίπτωσις δ). Ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου ἀρχίζει ἀπὸ ὥρισμένην θερμοκρασίαν, ποὺ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γραμμὴν NS τοῦ διαγράμματος δι' ὥρισμένην εἰς ἄνθρακα ἀναλογίαν καὶ περατοῦται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν 723⁰ C (γραμμὴ PS). Αἱ ἀναλογίαι τοῦ φερρίτου καὶ τοῦ περλίτου εἰς τὸν χάλυβα καθορίζονται ἀπὸ τὴν εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητά του. Μὲ αὐξησιν τῆς περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα, αὔξανεται καὶ ἡ ἀναλογία τοῦ περλίτου.

Μικροφωτογραφία τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς ύποευτηκτοειδοῦς χάλυβος φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 17 · 2 γ (β).

2) *Χάλυψ μὲ π(C) = 0,80% (εὐτηκτοειδῆς).*

Ὁ χάλυψ αύτὸς διατηρεῖται ὡς ὡστενίτης (σχ. 17 · 2 α, περίπτωσις ε) μέχρι τῆς θερμοκρασίας τῶν 723⁰ C (εὐτηκτοειδὲς σῆμεῖον S). Ὁ μετασχηματισμὸς του εἰς περλίτην (ἰσχύει ὁ προηγουμένως ἀναπτυχθεὶς μηχανισμὸς μετασχηματισμοῦ, σχ. 17 · 2 β) ἀρχίζει καὶ περατοῦται εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτήν. Ἐφ' ὅσον ὁ ἔξεταζόμενος εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν χάλυψ περιέχει 0,80 % ἄνθρακα, ἐπεται ὅτι εἰς τὸ σύνολόν του θὰ ἔχῃ κρυσταλλικήν δομὴν περλίτου (σχ. 17 · 2 α, περίπτωσις στ).

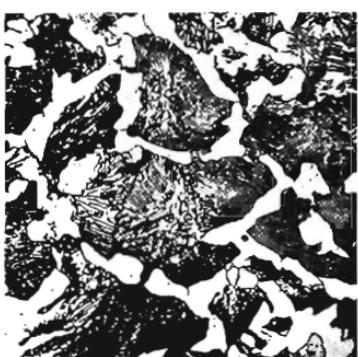
κρυσταλλογραφικὸν μικροσκοπίον. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ δοκιμίου κατὰ πρῶτον λειαίνεται, εἰς ὑψηλὸν ὅμως βαθμὸν, εἰς εἰδικὰς πρὸς τοῦτο μηχανὰς λειάνσεως. Ἀκολούθως προσβάλλεται μὲ τὸ κατάλληλον διὰ κάθε περίπτωσιν ἀντιδραστήριον καὶ ἔτσι είναι ἔτοιμη πρὸς παρατήρησιν ἡ καὶ φωτογράφησιν.

Τὸ συνηθέστερον χρησιμοποιούμενον διὰ τοὺς χάλυβας ἀντιδραστήριον είναι τὸ λεγόμενον Nital. Πρόκειται περὶ διαλύματος 1% ἔως 2% νιτρικοῦ ὁξέος καὶ καθαροῦ οἰνοπνεύματος. Τὸ Nital προσβάλλει περισσότερον τὸν φερρίτην ἀπὸ τὸν σεμεντίτην, διότι ὁ τελευταῖος ὡς πολὺ σκληρότερος ἀντέχει περισσότερον εἰς τὴν προσβολήν. Ἐτσι, ἐπὶ τῆς ἔξεταζομένης ἐπιφανείας τοῦ μετάλλου οἱ πλακοειδεῖς κρυσταλλογραφικὸν μικροσκόπιον βλέπομεν τὸν φερρίτην κατὰ λευκὰς ζώνας καὶ τὸν σεμεντίτην κατὰ μαύρας ζώνας. Λόγω τοῦ μικροῦ πάχους τῶν ζωνῶν αὐτῶν, ἡ ἀνάλυσις τῶν κόκκων τοῦ περλίτου γίνεται μὲ ἀρκετὰ μεγάλας μεγεθύνσεις, δηλαδὴ ~ 500 ἡ ~ 1000.



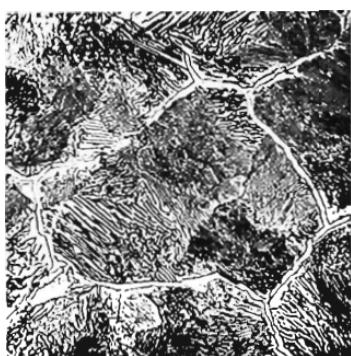
α) Κρυσταλλικὴ δομὴ περλίτου [$\pi(C) = 0,80\%$]. Φαίνονται καθαρὰ οἱ πλακοειδεῖς κρυσταλλῖται τοῦ φερρίτου (λευκοὶ) καὶ τοῦ σεμεντίτου (μαῦροι).

(α)



β) Κρυσταλλικὴ δομὴ ὑποευτηκτοειδοῦς ἄνθρακούχου χάλυβος [$\pi(C) = 0,60\%$]. Οἱ λευκοὶ κρυσταλλῖται εἰναι φερρίτης καὶ οἱ σκοτεινοὶ εἰναι περλίτης. Φαίνεται ἐπίσης ἡ χαρακτηριστικὴ μορφὴ τῶν κρυσταλλίτων τοῦ περλίτου.

(β)



γ) Κρυσταλλικὴ δομὴ ὑπερευτηκτοειδοῦς ἄνθρακούχου χάλυβος [$\pi(C) = 1,20\%$]. Οἱ σεμεντίτης (λευκός) περιβάλλει τοὺς κρυσταλλῖτας τοῦ περλίτου.

(γ)

Σχ. 17 · 2 γ.

Κρυσταλλικὴ δομὴ τῶν ἄνθρακούχων χαλύβων (μικροφωτογραφίαι).

3) Χάλυψ μὲ $\pi(C) = 1,20\%$ (ὑπερευτηκτοειδῆς).

‘Ο χάλυψ αὐτὸς θὰ ἀρχίσῃ νὰ μετασχηματίζεται ἀπὸ τὴν κατά-

στασιν τοῦ ώστενίτου (σχ. 17·2 α, περίπτωσις ζ), ὅταν ἡ θερμοκρασία του πέση κάτω τοῦ σημείου 2 τοῦ διαγράμματος. Ἐφ' ὅσον ὁ ἀνθραξ εἶναι περισσότερος ἀπὸ τὴν εὐτηκτοειδῆ ἀναλογίαν ($0,80\%$), ἀρχίζει νὰ ἀποχωρίζεται πρῶτος, ὅχι ὅμως ὡς καθαρὸς ἀνθραξ, ἀλλὰ ὡς πρωτογενῆς σεμεντίτης*. Ή μορφὴ τοῦ σεμεντίτου αὐτοῦ εἶναι βελονοειδῆς, ἐναποτίθεται δὲ αὐτὸς εἰς τὰ ὄρια τῶν κόκκων τοῦ ώστενίτου (σχ. 17·2 α, περίπτωσις η). Συνέπεια αὐτοῦ εἶναι νὰ καθίσταται ὁ ώστενίτης προοδευτικῶς πτωχότερος εἰς ἀνθρακα (σχ. 17·2 α, περίπτωσις θ) καὶ ὅταν ἡ θερμοκρασία φθάσῃ τοὺς 723°C (σημείον 2'), τότε ὁ ώστενίτης θὰ περιέχῃ $0,80\%$ ἀνθρακα. Ό ώστενίτης αὐτὸς θὰ μετασχηματισθῇ, κατὰ τὰ γνωστά, δόλοκληρος εἰς περλίτην.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι κάθε ὑπερευτηκτοειδῆς χάλυψ θὰ ἔχῃ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος κρυσταλλικὴν δομὴν ἀπὸ κόκκους σεμεντίτου καὶ περλίτου (σχ. 17·2 α, περίπτωσις ι). Ἐπειδὴ ὁ περλίτης περιέχει σταθερῶς $0,80\%$ ἀνθρακα, ἔπειται ὅτι αὕησις τῆς περιεκτικότητος τοῦ χάλυβος εἰς ἀνθρακα συνεπάγεται ἀνάλογον αὔξησιν τοῦ πρωτογενοῦς σεμεντίτου.

Μικροφωτογραφία τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς ἀνθρακούχου ὑπερευτηκτοειδοῦς χάλυβος δίδεται εἰς τὸ σχῆμα 17·2 γ (γ).

* Πρωτογενῆς σεμεντίτης εἶναι ἐκεῖνος, ποὺ σχηματίζεται πρῶτος, πρὶν δηλαδὴ γίνη ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ἀπομένοντος ώστενίτου εἰς περλίτην (φερρίτην + σεμεντίτην).

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΘΕΡΜΙΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΙ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 18

ΓΕΝΙΚΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑΝ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ

18 · 1 Ὁρισμός, σημασία καὶ εἰδη θερμικῶν κατεργασιῶν.

Θερμικὴν κατεργασίαν μετάλλου, ίδιως δὲ κράματος, όνομάζομεν συνδυασμὸν θερμάνσεως καὶ ἀποψύξεως, ὡστε τοῦτο νὰ ἀποκτήσῃ ὥρισμένην κρυσταλλικὴν δομὴν καὶ μέγεθος κόκκων καὶ συνεπῶς τὰς μηχανικὰς ίδιότητας ποὺ ἐπιθυμοῦμεν. Γενικῶς τὸ κρᾶμα θερμαίνεται εἰς προκαθωρισμένην θερμοκρασίαν, παραμένει εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν ἐπὶ ὥρισμένον χρονικὸν διάστημα καὶ ἀκολουθεῖ ἀπόψυξίς του μὲ ὥρισμένην ἐπίσης ταχύτητα.

Εἰς τὸ Μέρος αὐτὸν θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὰς θερμικὰς κατεργασίας τῶν χαλύβων. Καὶ τοῦτο, διότι οἱ χάλυβες εἶναι ἐκ τῶν δλίγων κραμάτων τῆς τεχνικῆς, τὰ δποῖα μὲ θερμικὰς κατεργασίας εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποκτήσουν βελτιωμένας μηχανικὰς ίδιότητας ἢ καὶ νὰ ἀλλάξουν σημαντικὰς μηχανικὰς ίδιότητας. Αὐτὸ δόφείλεται εἰς μετασχηματισμοὺς τῆς κρυσταλλικῆς τῶν δομῆς, οἱ δποῖοι γίνονται εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν (Κεφάλ. 17). Ἐδῶ πρέπει νὰ σημειώσωμεν, ὅτι χάριν ἀπλότητος θὰ μελετήσωμεν βασικῶς τὰς θερμικὰς κατεργασίας τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων (παράγρ. 17 · 2). Θὰ προσθέσωμεν ὅμως καὶ γενικὰς παρατηρήσεις διὰ τὰς θερμικὰς κατεργασίας τῶν χαλυβοκραμάτων (παράγρ. 19 · 11).

Ἡ ἐκτέλεσις τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν τῶν χαλύβων ἔχει ἔξαιρετικὴν σημασίαν. Εἶναι δυνατὸν τεμάχιον χάλυβος σταθερᾶς χημικῆς συνθέσεως, μετὰ κατάλληλον θερμικὴν κατεργασίαν ἢ συνδυασμὸν θερμικῶν κατεργασιῶν, νὰ ἀποκτήσῃ διαφορετικὴν ἐκάστοτε κρυσταλλικὴν δομὴν καὶ μέγεθος κόκκων. Εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸν πρέπει νὰ τονίσωμεν, ὅτι μὲ τὰς θερμικὰς κατεργασίας δὲν ἐπενεργοῦμεν οὔτε εἰς τὴν μορφὴν τοῦ τεμαχίου οὔτε εἰς τὴν χημικὴν του σύνθεσιν, ἀλλὰ μόνον εἰς τὸ εἶδος τῆς κρυσταλλικῆς του δομῆς. Ὅπως θὰ ίδωμεν εἰς

τὰ ἐπόμενα, αἱ μηχανικαὶ ἴδιότητες τοῦ κράματος ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὸ εἶδος τῆς κρυσταλλικῆς του δομῆς καὶ ἀπὸ τὸ μέγεθος τῶν κόκκων του. Ἐπειδὴ μὲ τὰς θερμικὰς κατεργασίας, συμφώνως πρὸς τὸν ὄρισμὸν ποὺ ἐδώσαμεν, ἀλλὰ καὶ ὅπως θὰ παρατηρήσωμεν, δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν καὶ τὰ δύο αὐτά, ἐπεται ὅτι δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὰς μηχανικὰς ἴδιότητας ποὺ ἐπιθυμοῦμεν. Ἔτσι, μὲ τὴν ἑκτέλεσιν καταλλήλων θερμικῶν κατεργασιῶν, εἰναι δυνατὸν ὅχι μόνον νὰ αὔξησωμεν λόγου χάριν τὴν σκληρότητα τοῦ χάλυβος, ἀλλὰ καὶ νὰ βελτιώσωμεν τὴν ἀντοχήν, τὴν δυσθραυστότητα καὶ τὴν πλαστικότητά του. Καὶ ως παράδειγμα φέρομεν τὸν ὑποευτηκοειδῆ χάλυβο (παράγρ. 17·2) μὲ $\pi(C) = 0,30\%$, ποὺ εἰναι δυνατὸν νὰ ἀποκτήσῃ τὰς μηχανικὰς ἴδιότητας τοῦ Πίνακος 18·1·1, αἱ ὅποιαι σημαντικῶς διαφέρουν μεταξύ των διὰ τὰς θερμικὰς κατεργασίας τοῦ Πίνακος αὐτοῦ.

Π Ι Ν Α Ξ 18·1·1

Μηχανικαὶ ἴδιότητες ἀνθρακούχου χάλυβος μὲ $\pi(C) = 0,30\%$ μετὰ διαφόρους θερμικὰς κατεργασίας

Θερμικὴ κατεργασία	Όριον θραύσεως σ _B [kp/mm ²]	Ἐπιμήκυνσις θραύσεως A [%]	Δυσθραυστότης κατὰ IZOD* [kp/cm ²]	Σκληρότης Brinell H _B [kp/mm ²]
'Εξουμάλυνσις εἰς 850 ⁰ C Βαφὴ εἰς θερμούς ουρανούς εἰς 850 ⁰ C Βαφὴ εἰς θερμούς ουρανούς εἰς 850 ⁰ C μέ.: α) Ἐπαναφοράν εἰς 200 ⁰ C β) Ἐπαναφοράν εἰς 400 ⁰ C γ) Ἐπαναφοράν εἰς 600 ⁰ C δ) Ἐπαναφοράν εἰς 800 ⁰ C	52 134 121 97 63 54	37,0 1,2 4,3 15,8 34,2 36,1	16,0 2,0 4,4 9,7 16,6 16,0	141 394 347 272 194 141

* Μὲ τυποποιημένον δοκίμιον κρούσεως κατὰ τὴν μέθοδον IZOD (σχ. 8·α)

Κατὰ τὴν ἑκτέλεσιν τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν ἔξαιρετικὴν σημασίαν ἔχουν οἱ ἐπόμενοι παράγοντες, οἱ ὅποιοι, ὅπως θὰ ἀναφέρωμεν, συμβάλλουν εἰς τὴν τελικὴν μορφὴν τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς τοῦ χάλυβος :

α) Ἡ ἀνωτάτη θερμοκρασία, εἰς τὴν ὅποιαν θερμαίνεται τὸ τεμάχιον.

β) Ὁ χρόνος παραμονῆς τοῦ τεμαχίου εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτήν.

γ) Ἡ ταχύτης ἀποψύξεως τοῦ τεμαχίου, ποὺ καθορίζεται ἀπὸ τὸ χρησιμοποιούμενον μέσον (λουτρὸν) ψύξεως. Τὸ τεμάχιον π.χ. ἀποψύχεται ταχύτερον, ἐὰν ἐμβαπτισθῇ εἰς ὕδωρ μετὰ τὴν θερμανσίν του, ἀπὸ ὅ, τι ἔὰν ἐμβαπτισθῇ εἰς ἔλαιον ἢ ἀφεθῇ νὰ ἀποψυχθῇ εἰς ἥρεμον ἀέρᾳ.

Αἱ σπουδαιότεραι ἐν χρήσει θερμικαὶ κατεργασίαι εἰναι αἱ ἔξης:

- α) Ἡ πλήρης ἀνόπτησις ἢ ἀπλῶς ἀνόπτησις.
- β) Ἡ ἔξομάλυνσις.
- γ) Ἡ ἀνόπτησις δι' ἀνακρυστάλλωσιν.
- δ) Ἡ ἀποτατικὴ ἀνόπτησις.
- ε) Ἡ ἀνόπτησις πρὸς σφαιροποίησιν τοῦ σεμεντίτου.
- στ) Ἡ βαφὴ καὶ
- η) ἡ ἐπαναφορά.

Θεωροῦμεν σκόπιμον, εἰς τὸ Μέρος αὐτὸ τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν, νὰ περιλάβωμεν καὶ τὰς θερμοτεχνικὰς κατεργασίας καταλλήλων χαλύβων μὲ μικρὰν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα· αἱ κατεργασίαι αὐταὶ εἰναι ἢ ἐνανθράκωσις καὶ ἡ ἐναζώτωσις, ποὺ προσδίδουν μεγάλην σκληρότητα εἰς τὴν ἐπιφανειακὴν στιβάδα (ζώνην) τῶν τεμαχίων, ἐνῶ ἡ ἀντοχὴ καὶ ἡ δυσθραυστότης τοῦ πυρῆνος παραμένουν εἰς ἀνεκτὰ ὅρια. Ἀναφέρομεν ἐπίσης καὶ τὴν φλογοβαφήν, ὡς καὶ τὴν βαφὴν δι' ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς, διὰ τῶν ὅποιών ἐπιτυγχάνομεν ἐπίσης ἐπιφανειακὴν σκλήρωσιν τεμαχίων ἀπὸ χάλυβα, ὁ ὅποιος ὅμως ἐπιδέχεται βαφήν.

18 · 2 Ἐπίδρασις τῆς ταχύτητος ἀποψύξεως.

1) Ἡρεμος ἀπόψυνξις.

Εἰς τὴν παράγραφον 17 · 2 ἐμελετήσαμεν τὸ διάγραμμα θερμικῆς ίσορροπίας τῶν ἄνθρακούχων χαλύβων (κραμάτων σιδήρου - σεμεντίτου).

Εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος σχηματίζεται φερρίτης καὶ περλίτης, μόνον περλίτης, ἢ περλίτης καὶ σεμεντίτης ἀναλόγως τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητος τοῦ χάλυβος. Τοῦτο ὅμως εἰναι ἀποτέλεσμα βραδυτάτης ἀποψύξεως τοῦ κράματος (ώστενίτου) ἀπὸ θερμο-

κρασίας ύψηλοτέρας τοῦ ἀνωτέρου κρισίμου σημείου. Ἡ ἀπόψυξις αὐτὴ εἶναι γνωστή ὡς ἀπόψυξις ὑπὸ συνθήκας ἴσορροπίας τῶν φάσεων (παράγρ. 4·1). Ἡ ταχύτης ἀπόψυξεως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι τόσον μικρά, ὥστε νὰ δοθῇ εἰς τὸ κράμα ἡ εὔκαιρία καὶ ὁ ἀπαιτούμενος χρόνος νὰ ἀποκτήσῃ τὴν κρυσταλλικήν του δομήν κατὰ τρόπον φυσιολογικὸν καὶ πλήρη. Ἔτσι, λαμβάνομεν τὸν μαλακώτερον χάλυβα καὶ εἰς τὴν πλέον εύσταθη του κατάστασιν.

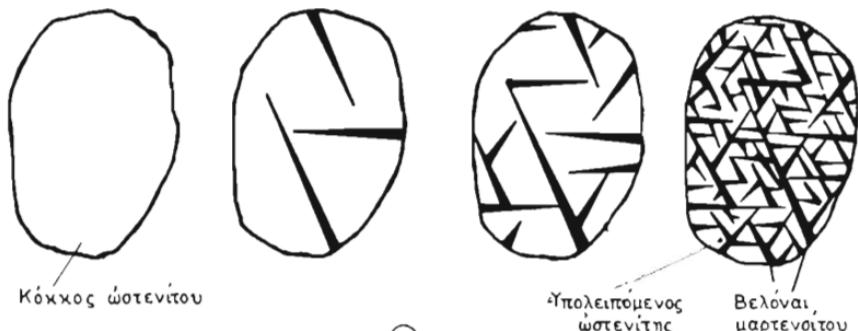
2) Ἀπότομος ἀπόψυξις.

Ἐὰν ἡ ἀπόψυξις τοῦ χάλυβος, ποὺ εύρισκεται εἰς κατάστασιν ὡστενίτου, γίνη ἀποτόμως (μὲν μεγάλην ταχύτητα) καὶ μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος, τότε ἡ τελικὴ κρυσταλλικὴ δομή του δὲν θὰ προκύψῃ κατόπιν φυσιολογικῆς ἔξελίξεως, ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει. Θὰ παρουσιασθοῦν νέα ἐν γένει μικροκρυσταλλογραφικὰ εἴδη μὲ ἄλλο σχῆμα, μέγεθος καὶ κατανομήν. Τοῦτο θὰ ἔχῃ ὡς ἀποτέλεσμα διαφορετικὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ χάλυβος.

Ἄσ εἶετάσωμεν τώρα λεπτομερέστερον, τί συμβαίνει εἰς τὴν κρυσταλλικήν δομήν τοῦ χάλυβος μετὰ ἀπὸ ἀπότομον ἀπόψυξιν του μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος. Πρὸς τοῦτο λαμβάνομεν τεμάχιον ἀνθρακούχου εύτηκτοειδοῦς χάλυβος, δηλαδὴ μὲ $\pi(C) = 0,80\%$, τὸ ὅποιον θερμαίνομεν εἰς θερμοκρασίαν κατὰ περίπου 50°C ἀνω τῶν 723°C (σημεῖον S τοῦ διαγράμματος τοῦ σχ. 17·2 α). Τὸ τεμάχιον παραμένει εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν τόσον χρόνον, ὥστε νὰ ἀποκτήσῃ δομὴν ὡστενίτου. Κατόπιν ἀποψύχεται ἀποτόμως ἐντὸς λουτροῦ ψυχροῦ ὕδατος ἡ ἀλατούχου ὕδατος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν, ὅπως λέγομεν, τυπικὴν βαφὴν τοῦ χάλυβος. Ἀποτέλεσμα τῆς ἀποτόμου ἀπόψυξεώς του εἶναι ἡ ἐμφάνισις εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ἐνὸς νέου κρυσταλλικοῦ εἴδους, τὸ ὅποιον ὀνομάζεται μαρτενσίτης. Αὐτὸς εἶναι ἐντελῶς διαφορετικὸν ἀπὸ τὸν περλίτην [σχ. 17·3 γ (α)], ὁ ὅποιος σχηματίζεται κατὰ τὴν ἱρεμον ἀπόψυξιν τοῦ ἴδιου χάλυβος.

Ο μαρτενσίτης ἀποτελεῖται ἀπὸ λεπτούς βελονοειδεῖς κρυσταλλίτας, πολὺ σκληροὺς καὶ εὐθραύστους, ποὺ προσανατολίζονται κατὰ τὰς πλευρὰς ἰσοπλεύρου τριγώνου κατὰ προσέγγισιν [σχ. 18·2 α (α)]. Ο μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην φαίνεται σχηματικῶς, εἰς τὸ αὐτὸ σχῆμα.

Συνοπτικῶς ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην γίνεται ως ἔξης: "Οπως γνωρίζομεν (παράγρ. 3 · 2 καὶ 17 · 1), ὁ ὡστε-



Σχ. 18 · 2 α.

α) Σχηματικὴ παράστασις μετασχηματισμοῦ τοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην. Τὸ σχῆμα παριστάνει ἔνα κόκκον ὡστενίτου εἰς θερμοκρασίας, αἱ δποῖαι προοδευτικῶς γίνονται μικρότεραι τῆς θερμοκρασίας ἐνάρξεως μετασχηματισμοῦ τοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην θε (σχ. 18 · 3). "Οταν συμπληρωθῇ ὁ μετασχηματισμός, μεταξὺ τῶν βελονῶν τοῦ μαρτενσίτου παραμένει ὁ λεγόμενος ὑπολειπόμενος ὡστενίτης (λευκαὶ ἐπιφάνειαι). β) Κρυσταλλικὴ δομὴ ἀνθρακούχου χάλυβος μὲ π(C)= = 1,30% βαμμένου εἰς ἀλατοῦχον ὄντωρ καὶ ὑπὸ μεγέθυνσιν × 500. Χαρακτηριστικῶς διακρίνεται ἡ βελονοειδῆς ὑφὴ τῆς.

νίτης εἶναι στερεὸν διάλυμα παρεμβολῆς ἀνθρακος εἰς γ-σίδηρον (Κεφάλ. 16). Κατὰ τήν ἀπόψυξιν δὲ γ-σίδηρος μετασχηματίζεται εἰς

α - σίδηρον, πλὴν ὅμως, λόγω τῆς ἀποτόμου ἀποψύξεως, ὁ ἄνθραξ, ποὺ εὐρίσκεται εἰς τὸ πλέγμα τοῦ γ - σιδήρου, δὲν δύναται νὰ ἔξελθῃ ἀπὸ τὸ πλέγμα τοῦ α - σιδήρου, ἂν καὶ δὲν διαλύεται εἰς αὐτό. Παραμένει ὁ ἄνθραξ κατὰ συνέπειαν ἀναγκαστικῶς ἐγκεκλεισμένος εἰς τὸν α - σίδηρον (φερρίτην). 'Ο μαρτενσίτης ἐπομένως εἶναι φερρίτης ὑπερκορεσμένος εἰς ἄνθρακα εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος, εὐρισκόμενος ὅμως εἰς κατάστασιν ἀσταθείας. 'Αναφέρεται χαρακτηριστικῶς, ὅτι ὁ ἐγκεκλεισμένος εἰς τὸν φερρίτην ἄνθραξ δύναται νὰ φθάσῃ καὶ μέχρις 1,50 %, ἐνῶ κατὰ τὴν ἡρεμον ἀπόψυξιν τοῦ χάλυβος δὲν ὑπερβαίνει τὰ 0,025 %.

'Ο ἐπὶ πλέον ἄνθραξ στρεβλώνει τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ φερρίτου καὶ τὸ μετατρέπει ἀπὸ χωροκεντρωμένον κυβικὸν εἰς χωροκεντρωμένον τετραγωνικὸν (ή διάστασις β τοῦ πλέγματος γίνεται μεγαλυτέρα) (σχ. 2 · 5 α).

Τοῦτο ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀνάπτυξιν σοβαρῶν ἐσωτερικῶν τάσεων. Κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τοῦ ὥστενίτου εἰς μαρτενσίτην αὔξανεται ὁ ὅγκος τοῦ τεμαχίου.

Λόγω τοῦ μετασχηματισμοῦ τοῦ μαρτενσίτου, ὁ χάλυψ ἀποκτᾶ μεγάλην σκληρότητα, καθὼς ἐπίσης καὶ ὑψηλότερον ὄριον θραύσεως σ_B καὶ ὄριον ἐλαστικότητος σε ποὺ συνοδεύονται ὅμως ἀπὸ μικρὰν δυσθραυστότητα καὶ ἀπὸ ἔλλειψιν πλαστικότητος. 'Ενδεικτικῶς ἀναφέρεται ὅτι ἀνθρακοῦχος χάλυψ μὲ π(C) = 0,80 % βαμμένος (μαρτενσίτης) ἔχει σκληρότητα 940 Vickers, ἐνῶ ἀνωπτημένος (περλίτης) ἔχει μόνον 220 Vickers.

3) Ἀπόψυξις μὲ ἐνδιαμέσους ταχύτητας.

Μέχρι τώρα ἔχομεν ἔξετάσει τοὺς μετασχηματισμοὺς εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ χάλυβος εἰς τὰς ἀκραίας περιπτώσεις, δηλαδὴ κατὰ τὴν ἡρεμον καὶ τὴν ἀπότομον ἀπόψυξιν. Μᾶς ἐνδιαφέρει ὅμως νὰ μελετήσωμεν τὸ τί συμβαίνει, ὅταν ὁ χάλυψ ἀποψύχεται μὲ ἐνδιαμέσους ταχύτητας. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐφαρμόζεται ἡ λεγομένη ἰσόθερμος βαφή. Μὲ τὴν βοήθειάν της καταρτίζεται νέον διάγραμμα, τὸ διάγραμμα *Xρόνου - Θερμοκρασίας - Μετασχηματισμοῦ* [διάγραμμα X - Θ - M (σχ. 18 · 2 β)], ποὺ θὰ μᾶς ἀπασχολήσῃ εὐθὺς ἀμέσως. Καὶ τοῦτο, διότι εἰς τὸ διάγραμμα θερμικῆς ἰσορροπίας τοῦ χάλυβος, ποὺ ἐν ἔκτάσει ἔχομεν μελετήσει (σχ. 17 · 2 α), δὲν λαμβάνεται ὑπ'

ὅψιν ὁ χρόνος παραμονῆς τοῦ τεμαχίου εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, οὔτε ἡ ταχύτης ἀποψύξεώς του. Κατὰ τὴν ἀπόψυξιν μὲν ἐνδιαμέσους ταχύτητας ἀποψύξεως προκύπτουν νέα κρυσταλλικὰ εἴδη μεταξὺ περιλίτου καὶ μαρτενσίτου, τὰ διποῖα ἔχουν μεγάλην σημασίαν κατὰ τὴν βιομηχανικήν χρῆσιν τῶν χαλύβων. Τὰ νέα αὐτὰ κρυσταλλικὰ εἴδη εἶναι ὁ ἀνώτερος μπαινίτης καὶ ὁ κατώτερος μπαινίτης (σχ. 18 · 2 β καὶ 18 · 3).

Τονίζομεν πάλιν, ὅτι κάθε εἶδος κρυσταλλικῆς δομῆς τοῦ χάλυβος, ἀλλὰ καὶ τὸ μέγεθος τῶν κόκκων, σχετίζονται μὲν ὡρισμένας μηχανικάς ιδιότητας.

'Ο καλύτερος τρόπος διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν ἀξίαν τῶν διαγραμμάτων X - Θ - M είναι νὰ παρακολουθήσωμεν τὸν τρόπον, μὲ τὸν διποῖον καταρτίζονται. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν, ἐκλέγομεν εὐτηκτοειδῆ ἀνθρακοῦχον χάλυβα. Κατασκευάζομεν μικρὰ δοκίμια τοῦ χάλυβος αὐτοῦ καὶ τὰ θερμανόμενα εἰς θερμοκρασίαν κατὰ 500°C περίπου ὑψηλοτέραν ἀπὸ τὸ ἀνώτερον κρίσιμον σημεῖον (7230°C εἰς τὴν περιπτωσιν αὐτῆς) ἐπὶ ἡμιειδίᾳ περίπου ὠραν, ὥστε νὰ ἀποκτήσουν δομὴν ὡστεύτου. Κατόπιν, τὰ δοκίμια ἐμβαπτίζονται εἰς λουτρὸν ἀλάτων προκαθωρισμένης σταθερᾶς θερμοκρασίας θ₁, μικροτέρας τῶν 7230°C, ὥστε ταχύτατα νὰ ἀποκτήσουν τὴν θερμοκρασίαν αὐτῆν. Εύθυς ἀμέσως, καθ' ὠρισμένα χρονικά διαστήματα, κάθε δοκίμιον ἀποψύχεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος εἰς ψυχρὸν ὄδωρ ἢ ἀλατοῦχον ὄδωρ. Τὸ δοκίμιον ὑφίσταται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, βαφήν. Μετρεῖται ἡ σκληρότης κάθε δοκίμιου καὶ ἔχετάζεται εἰς τὸ μεταλλογραφικὸν μικροσκόπιον ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ του. "Ετσι, προσδιορίζομεν διὰ κάθε θερμοκρασίας θ₁ τὸ σημεῖον, ποὺ ἀρχίζει ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστεύτου (σημεῖον M₁) καὶ τὸ σημεῖον, ποὺ τελειώνει ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστεύτου (σημεῖον M₂), διπῶς φαίνεται εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 18 · 2 β.

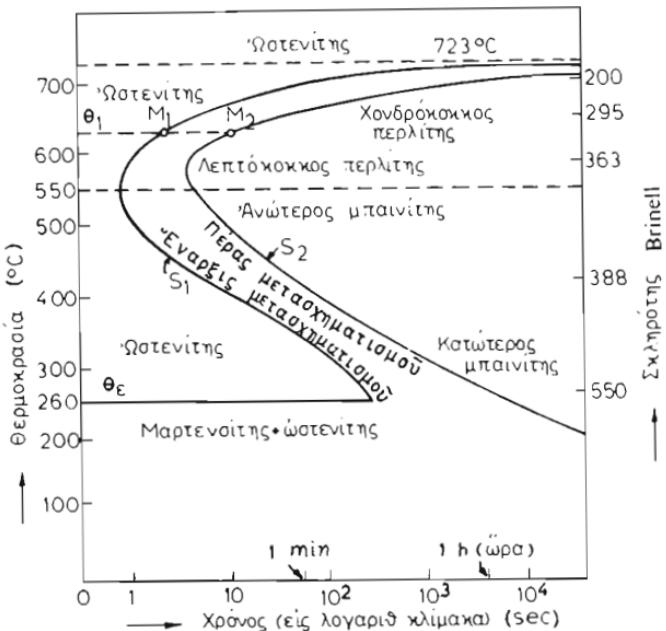
Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον διὰ διαφορετικάς θερμοκρασίας θ₁ τὸ σημεῖον M₁ διαγράφει τὴν καμπύλην S₁ καὶ τὸ σημεῖον M₂ τὴν καμπύλην S₂. Εἰς κάθε σημεῖον τῆς καμπύλης S₁ ἀρχίζει ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστεύτου (100% ὡστενίτης) καὶ εἰς κάθε σημεῖον τῆς καμπύλης S₂ τελειώνει ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστεύτου (0% ὡστενίτης).

Τὰ διαγράμματα αὐτά, διπῶς φαίνεται χαρακτηριστικῶς εἰς τὸ σχῆμα 18 · 2 β, ἔχουν μορφὴν S, διὰ κάθε δὲ περιεκτικότητα εἰς ἀνθρακα τοῦ χάλυβος ἀντιστοιχεῖ ιδιαίτερον διάγραμμα. Εἰς τὸν ὄριζόντιον δέχοντα τοῦ διαγράμματος τίθεται ὁ χρόνος, εἰς λογαριθμικὴν ὁμως κλίμακα. "Ετσι είναι δυνατὸν νὰ τεθοῦν πολὺ μικροὶ χρόνοι, διπῶς δευτερόλεπτα, ἀλλὰ καὶ πολὺ μεγάλοι, διπῶς ἡμέραι ἢ ἑβδομάδες (σχ. 18 · 2 β). Εἰς τὸν κατακόρυφον ἔχοντα τοῦ διαγράμματος τίθεται ἡ θερμοκρασία.

'Απὸ τὸ διάγραμμα X - Θ - M τοῦ σχήματος 18 · 2 β τοῦ εὐτηκτοειδοῦς χάλυβος προκύπτουν τὰ ἔξι:

1) Εἰς θερμοκρασίας θ₁ μεταξὺ 550°C περίπου καὶ δλίγον κάτω τῶν 7230°C

σχηματίζεται κατά τήν ισόθερμον βαφήν περλίτης [σχ. 17·2 γ (α)], που γίνεται τόσου περισσότερον λεπτόκοκκος και σκληρότερος, όσον ή θερμοκρασία θ_1 είναι χαμηλοτέρα. Ήταν, εις θερμοκρασίαν $\theta_1 = 700^\circ C$ σχηματίζεται χονδρόκοκκος περλίτης μὲ σκληρότητα περίπου 200 Brinell, εις $\theta_1 = 650^\circ C$ σχηματίζεται περλίτης μέσου μεγέθους κόκκων μὲ σκληρότητα 295 Brinell, εις δὲ $\theta_1 = 580^\circ C$ σχηματίζεται λεπτόκοκκος περλίτης μὲ σκληρότητα 363 Brinell.



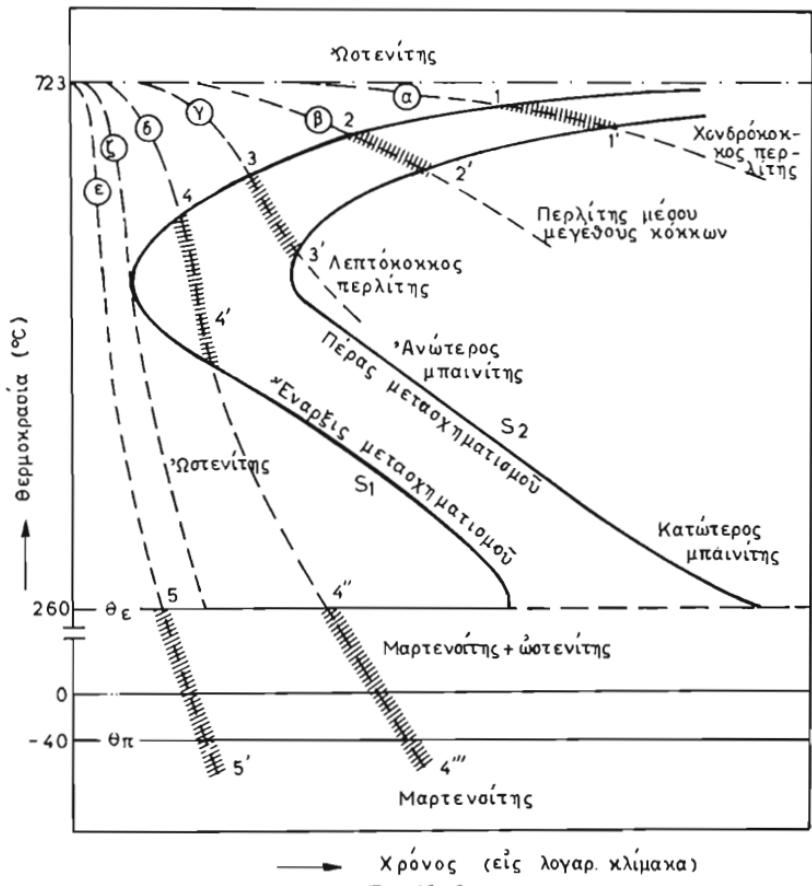
Σχ. 18·2 β.

Τὸ διάγραμμα X - Θ - M ἀνθρακούχου εύτηκτοειδοῦς χάλυβος.

Εἰς θερμοκρασίας μεταξὺ δύλιγον κάτω τῶν $550^\circ C$ καὶ ἄνω τῶν $2600^\circ C$ (θερμοκρασίας θ_E ἐνάρξεως σχηματισμοῦ τοῦ μαρτενσίτου διὰ τὸν εὐτηκτοειδῆ χάλυβα, σχ. 19·7 α) σχηματίζεται νέον κρυσταλλικὸν εἶδος, ὁ μπαινίτης. Ἀποτελεῖται ἀπὸ πλάκας (κρυσταλλίτας) φερίτου καὶ σεμεντίτου, ὅπως καὶ ὁ περλίτης, μὲ τὴν διαφορὰν ὅμως ὅτι οἱ κρυσταλλίται τοῦ φερίτου καὶ σεμεντίτου είναι πολὺ μικρῶν διαστάσεων καὶ δὲν είναι εύδιάκριτοι εἰς τὸ μεταλλογραφικὸν μικροσκόπιον. Ὁ μπαινίτης διὰ θερμοκρασίας δχι πολὺ κάτω τῶν $550^\circ C$ ὀνομάζεται ἀνώτερος μπαινίτης, μὲ σκληρότητα περίπου 388 Brinell διὰ $\theta_1 = 420^\circ C$, ἔνω διὰ θερμοκρασίαν πλησίον τῶν $2600^\circ C$ ὀνομάζεται κατώτερος μπαινίτης, μὲ σκληρότητα 550 Brinell διὰ $\theta_1 = 270^\circ C$.

18.3 Συνδυασμὸς τῶν καμπυλῶν ἀποψύξεως χάλυβος καὶ τοῦ διαγράμματος X - Θ - M.

Εἰς τὴν πρᾶξιν, ὁ χάλυψ δὲν βάφεται δι' ίσοθέρμου βαφῆς, ἀλλὰ διὰ συνεχοῦς βαφῆς. Ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν δηλαδὴ, ὅπου εὑρίσκεται εἰς κατάστασιν ὡστενίτου, ἀποψύχεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ἐντὸς καταλλήλου μέσου. Τὸ μέσον αὐτὸ ἀποψύξεως εἶναι συνήθως ὄνδωρ, ἔλαιον ἢ ἄρρ. Ἡ ταχύτης ἀποψύξεως



Σχ. 18.3.

Καμπύλαι ἀποψύξεως — Διάγραμμα X - Θ - M εὐτηκτοειδοῦς δινθρακούχου χάλυβος.

αύξάνεται κατὰ τὴν σειρὰν τῶν συνήθων μέσων βαφῆς: ἄρρ, ἔλαιον, ὄνδωρ. Εἰς κάθε μέσον ἀποψύξεως ἀντιστοιχεῖ καὶ ὥρισμένη καμπύλη ἀποψύξεως, ποὺ εἶναι δυνατὸν νὰ παρασταθῇ εἰς τοὺς αὐτοὺς ἄξονας, ὅπως καὶ τὸ διάγραμμα X - Θ - M, δηλαδὴ εἰς τὸν ἄξονα τοῦ χρόνου καὶ τῆς θερμοκρασίας (σχ. 18.3). Ἐδῶ ὑποθέτομεν

ὅτι τὸ διάγραμμα Χ-Θ-Μ τοῦ χάλυβος, ποὺ ἔχεταί ομέν, δύναται κατὰ προσέγγισιν νὰ χρησιμοποιηθῇ καὶ διὰ συνθήκας συνεχοῦς βαφῆς.

Ἄσ παρακολουθήσωμεν τὰ διαιγράμματα τοῦ σχῆματος 18 · 3, ποὺ ἀφοροῦν ἐπίσης εἰς εὐτηκτοειδῆ ἀνθρακούχον χάλυβα. Αἱ καμπύλαι ἀποψύξεως (α), (β), (γ), (δ), (ε), (ζ) ἀναφέρονται εἰς διαφόρους ταχύτητας καὶ μάλιστα συνεχῶς αὐξάνονταις ἀπὸ τὴν καμπύλην (α) μέχρι τὴν καμπύλην (ε).

Ἡ καμπύλη ἀποψύξεως (α) παριστάνει ἀπόψυξιν μὲν χαμηλὴν ταχύτητα, ὅπως συμβαίνει κατὰ τὴν ἀνόπτησιν τοῦ χάλυβος (παράγρ. 19 · 2).

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα, ὁ χάλυψ παραμένει εἰς τὴν κατάστασιν τοῦ ὡστενίτου ἐπὶ μέγα χρονικὸν διάστημα. 'Ο μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου ἀρχίζει ἀπὸ τὸ σημεῖον I καὶ περατοῦται εἰς τὸ σημεῖον I'. Τὸ προϊὸν τοῦ μετασχηματισμοῦ αὐτοῦ εἶναι, ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει, χονδρόκοκκος περλίτης μὲν χαμηλὴν σκληρότητα. Ἐπειδὴ ἡ διαφορὰ θερμοκρασίας μεταξὺ τῶν σημείων I καὶ I' εἶναι πολὺ μικρά, ἐπεται ὅτι πολὺ μικρὰ θὰ εἶναι καὶ ἡ διαφορὰ τοῦ μεγέθους κόκκων τοῦ περλίτου κατὰ τὴν ἔναρξιν (σημεῖον I) καὶ κατὰ τὸ πέρας (σημεῖον I') μετασχηματισμοῦ τοῦ ὡστενίτου. Κάτωθεν τοῦ σημείου I' ἡ ταχύτης ἀποψύξεως δὲν ἔχει καμμίαν πλέον ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς τοῦ χάλυβος. Τὸ τεμάχιον δηλαδὴ δύναται νὰ ἀποψυχθῇ καὶ μὲ πολὺ μεγαλυτέρων ταχύτητα, χωρὶς νὰ παρατηρηθῇ καμμία ἐπὶ πλέον μεταβολὴ εἰς τὴν δομήν του. Τοῦτο ἔχει ἔξαιρετικὴν σημασίαν ἀπὸ οἰκονομικῆς ἀπόψεως, διότι κατὰ τὴν ἀνόπτησιν δὲν εἶναι ἀπαραίτητον νὰ παραμένουν τὰ τεμάχια ἐντὸς τοῦ κλιβάνου ἀνοπτήσεως, μέχρις ὅτου ἀποψυχθοῦν ἐντελῶς, ἀλλὰ εἶναι δυνατὸν μετὰ τὸ σημεῖον I' νὰ ἔχασθοῦν ἀπὸ τὸν κλιβάνον καὶ νὰ ἀφεθοῦν εἰς τὸν ἐλεύθερον δέρα. Ἔτσι, ὁ χρόνος τῆς ἀνοπτήσεως εἶναι δυνατὸν νὰ μειωθῇ κατὰ πολὺ.

Ἡ καμπύλη (β) ἀντιστοιχεῖ εἰς μεγαλυτέρων ταχύτητα ἀποψύξεως καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς τυπικὴ διὰ τὴν θερμικὴν κατεργασίαν τῆς ἐξομαλύνσεως (παράγρ. 19 · 3). Εἰς τὸ διάγραμμα φαίνεται ὅτι ὁ ὡστενίτης μετασχηματίζεται εἰς χονδρόκοκκον περλίτην (σημεῖον 2) καὶ εἰς περλίτην μὲ μέσον μέγεθος κόκκων (σημεῖον 2'). Ἐπειδὴ ἡ διαφορὰ θερμοκρασίας μεταξὺ τῶν σημείων 2 καὶ 2' εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ δ, τι κατὰ τὴν ἀνόπτησιν, ὁ χάλυψ μετὰ ἀπὸ ἔξομάλυνσιν παρουσιάζει κρυσταλλικήν δομὴν κάπως ἀνομοιόμορφον, μὲ μικρότερον διμως ποσοστὸν χονδροκόκκου περλίτου.

Ἡ καμπύλη ἀποψύξεως (γ) εἶναι τυπικὴ τῆς βαφῆς (παράγρ. 19 · 7) τοῦ χάλυβος εἰς ἔλαιον, ἡ δὲ κρυσταλλική του δομὴ θὰ περιλαμβάνῃ λεπτόκοκκον περλίτην καὶ περλίτην μέσου μεγέθους κόκκου.

Ἡ καμπύλη (δ) εἶναι χαρακτηριστικὴ ἐνδιαμέσου ταχύτητος ἀποψύξεως. 'Ο μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου ἀρχίζει ἀπὸ τὸ σημεῖον 4 καὶ περατοῦται μερικῶς εἰς τὸ σημεῖον 4'', ὅπου ὥρισμένον ποσοστὸν ὡστενίτου ἔχει μετασχηματισθῆ εἰς λεπτόκοκκον περλίτην, ποὺ περιβάλλεται ἀπὸ τὸν ὡστενίτην, ποὺ ἔχει ἀπομείνει. Εἰς τὸ σημεῖον 4'' (θερμοκρασία θ_ε), ἀφοῦ ἐν τῷ μεταξὺ ἡ θερμοκρασία ἔχει ἀρκετὰ μειωθῆ, ἀρχίζει ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου αὐτοῦ εἰς μαρτενσίτην, εἰς δὲ τὸ σημεῖον 4''' (θερμοκρασία θ_π) ὁ ὡστενίτης ἔχει ὀλοσχερῶς μετασχηματισθῆ εἰς μαρτενσίτην.

'Η καμπύλη (ϵ) είναι τυπική τῆς βαφῆς μὲν μεγάλην ταχύτητα ἀποψύξεως, ὅπως συμβαίνει, ἃν χρησιμοποιηθῇ ὡς μέσον ψύξεως ψυχρὸν ἀλατοῦχον ὄνδωρ. 'Η καμπύλη (ϵ) δὲν τέμνει καθόλου τὸ διάγραμμα X-Θ-Μ. 'Ο χάλυψ, εἰς κατάστασιν ὡστενίτου, μετασχηματίζεται εἰς μαρτενσίτην μεταξὺ τῶν θερμοκρασιῶν $\theta_c = 260^\circ C$ (σημείου 5) καὶ $\theta_\pi = -40^\circ C$ (σημείου 5'). Κάτωθεν τῆς θερμοκρασίας θ_π ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ χάλυβος είναι μαρτενσίτης.

'Η καμπύλη (ζ) ἐφάπτεται εἰς τὴν μύτην τοῦ διαγράμματος X-Μ-Θ καὶ μᾶς δρίζει τὴν λεγομένην κρίσιμον ταχύτητα ἀποψύξεως. Δηλαδὴ, οἱαδήποτε ταχύτης ἀποψύξεως ἵση ἡ μεγαλυτέρα ἀπὸ αὐτῆν μᾶς δίδει μαρτενσίτην.

ΑΙ ΘΕΡΜΙΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΙ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ ΕΙΣ ΤΗΝ ΠΡΑΞΙΝ

Εις τὸ κεφάλαιον αὐτὸ θὰ πραγματευθῶμεν τὴν ἐκτέλεσιν τῶν διαφόρων θερμικῶν κατεργασιῶν εἰς τὴν πρᾶξιν ἔχοντες κατὰ νοῦν ὅ, τι ἀνεπτύξαμεν εἰς τὸ προηγούμενον Κεφάλαιον σχετικὸν μὲ τὰς γενικὰς ἀρχὰς, ἐπὶ τῶν ὁποίων βασίζονται αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι. Θὰ μᾶς ἀπασχολήσῃ κυρίως ὁ τρόπος, μὲ τὸν ὃποιον αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι ἐκτελοῦνται, καθὼς ἐπίσης καὶ τὸ τί ἐπιτυγχάνεται μὲ αὐτάς.

Πρὸν ὅμως ἀρχίσωμεν τὴν ἀνάπτυξιν αὐτῆν, κρίνομεν σκόπιμου νὰ ἀναφέρωμεν ὀλίγα σχετικὰ μὲ τὴν μέτρησιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὰς διαφόρους βιομηχανικὰς ἐφαρμογάς. Καὶ τοῦτο, διότι, ὅπως καταφαίνεται ἀπὸ τὸ προηγούμενον κεφάλαιον, ἡ θερμοκρασία ἀποτελεῖ σοβαρώτατον παράγοντα κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν καὶ κατὰ συνέπειαν μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίσωμεν τὰ κυριώτερα ὅργανα μετρήσεώς της, τὰς ἀρχὰς λειτουργίας των καὶ τὴν χρῆσιν των.

‘Η μέτρησις τῆς θερμοκρασίας γίνεται:

- α) Μὲ ὄπτικὴν ἐκτίμησιν τοῦ χρωματισμοῦ.
- β) Μὲ θερμόμετρα διαστολῆς ύγρου ἢ πιέσεως ἀτμοῦ ἢ ἀερίου.
- γ) Μὲ θερμόμετρα ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως.
- δ) Μὲ θερμοηλεκτρικὰ πυρόμετρα.
- ε) Μὲ πυρόμετρα ἀκτινοβολίας καὶ
- στ) μὲ χρησιμοποίησιν τῶν δεικτῶν θερμοκρασίας Seger.

Γενικῶς, διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν ἄνω τῶν 500° C χρησιμοποιοῦνται τὰ λεγόμενα πυρόμετρα. ἐνῶ διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν κάτω τῶν 500° C χρησιμοποιοῦνται τὰ θερμόμετρα.

19 · 1 Μέτρησις τῆς θερμοκρασίας.

1) Θερμομετρικαὶ κλίμακες.

Εἰς πολλὰς χώρας, ἡ κανονικὴ θερμομετρικὴ κλίμαξ είναι ἡ ἑκατοντάβαθμος ἡ κλίμαξ Κελσίου. 'Ἐν τούτοις εἰς τὰς ἀγγλοσαξωνικὰς χώρας ('Αγγλία, 'Αμερικὴ) χρησιμοποιεῖται σχεδὸν ἀποκλειστικῶς ἡ θερμομετρικὴ κλίμαξ Φαρενάϊτ (Fahrenheit).

Αἱ σχέσεις μετατροπῆς τῆς θερμοκρασίας ἐκ τῆς μιᾶς κλίμακος εἰς τὴν ἄλλην εἰναι αἱ ἔξης:

$${}^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} ({}^{\circ}\text{F} - 32)$$

$${}^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} {}^{\circ}\text{C} + 32$$

ὅπου: ${}^{\circ}\text{C}$ ἡ θερμοκρασία εἰς βαθμοὺς Κελσίου καὶ ${}^{\circ}\text{F}$ εἰς βαθμοὺς Φαρενάτ.

2) *Μέτρησις τῆς θερμοκρασίας μὲ δόπτικήν ἐκτίμησιν τοῦ χρωματισμοῦ.*

Μία ἀπὸ τὰς ἀπλουστέρας μεθόδους ἐκτίμησεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ χάλυβος εἶναι ἡ βασιζομένη εἰς τὴν παρατήρησιν τῶν διαφόρων χρωματισμῶν, ποὺ παρουσιάζει ἡ ἐπιφάνειά του κατὰ τὴν θέρμανσίν του.

Οἱ χρωματισμοὶ διφείλονται εἰς δέξιδια, τὰ δόπια σχηματίζονται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χάλυβος κατὰ τὴν θέρμανσίν του εἰς ἀντιστοίχους θερμοκρασίας.

Ἡ μέθοδος αὐτὴ μᾶς δίδει χονδρικὴν ἐκτίμησιν τῆς θερμοκρασίας καὶ ἔξαρταται εἰς μέγαν βαθμὸν ἀπὸ τὸ πρόσωπον ποὺ κάμνει τὴν ἐκτίμησιν αὐτῆς.

Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν ἔχομεν μεγαλυτέραν σχετικῶς ἀκρίβειαν διὰ τὸν σίδηρον καὶ τοὺς χάλυβας ἀπὸ 2000° C μέχρι 3500° C. Ἡ ἔξελιξις τῶν χρωματισμῶν εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν θερμοκρασιῶν ἔχει ὡς ἔξης:

Κίτρινος βαθύς	εἰς	2200° C
Χρυσοκίτρινος	εἰς	2450° C
Ἐρυθροκαστανόχρους	εἰς	2650° C
Πορφυροῦς	εἰς	2750° C
Κυανοῦς ἀνοικτὸς	εἰς	2900° C
Κυανοῦς βαθύς	εἰς	3000° C
Κυανοτεφρόχρους	εἰς	3100° C
Τεφρόχρους (γκρι)	εἰς	3250° C

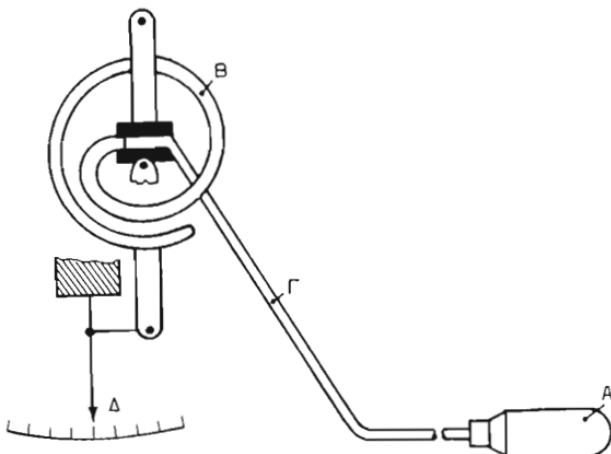
Εἰς περιοχὴν ὑψηλοτέρων θερμοκρασιῶν ὁ χρωματισμὸς μεταβάλλεται ὡς ἀκολούθως:

Ἐλαφρῶς ἐρυθρὸς	εἰς	5000° C
Σκοτεινὸς ἐρυθρὸς	εἰς	7000° C
Ἐρυθρὸς - κερασόχρους	εἰς	8000° C
Ἐρυθρὸς ἀνοικτὸς	εἰς	9000° C
Κερασόχρους - κόκκινος	ἀνοικτὸς εἰς	10000° C
Πορτοκαλόχρους	εἰς	11000° C
Κίτρινος σκοτεινὸς	εἰς	11500° C
Κίτρινος ἀνοικτὸς	εἰς	12000° C
Ἰσχυρῶς λευκόχρους	εἰς	13500° C
Λαμπρὸς λευκόχρους	εἰς	15000° C

3) *Θερμόμετρα διαστολῆς ύγροῦ. Θερμόμετρα πιέσεως ἀτμοῦ ἢ ἀερίου.*

Τὸ θερμόμετρον διαστολῆς ύγροῦ ἀποτελεῖται ἀπὸ φούσκων A (σχ. 19 · 1 α).

τὴν ὅποιαν τοποθετοῦμεν εἰς τὸν χῶρον, τοῦ ὅποιου ἐπιθυμοῦμεν νὰ μετρήσωμεν τὴν θερμοκρασίαν καὶ ἀπὸ σωλῆνα Β. 'Ο σωλὴν αὐτὸς εἰς τὸ ἄκρον του φέρει δείκτην Δ ἡ πένναν καταγραφῆς διὰ τὴν μέτρησιν τῆς θερμοκρασίας. 'Η φούσκα Α καὶ ὁ σωλὴν Β συνδέονται μεταξύ των μὲ ἀραχνοειδῆ (πολὺ μικρᾶς διαμέτρου) σωλῆνα Γ.



Σχ. 19·1 α.
Θερμόμετρον διαστολῆς ύγροῦ.

Τὸ ὅλον σύστημα τοῦ θερμομέτρου αὐτοῦ πληρώνεται μὲ κατάλληλον ύγρον ἡ ύδραργυρον. Μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας εἰς τὴν περιοχὴν τῆς φούσκας Α ἀναγκάζουν τὸ ύγρὸν νὰ διαστέλλεται ἡ νὰ συστέλλεται, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ διαστέλλεται ἡ νὰ συστέλλεται ὁ σωλὴν Β καὶ ἀντιστοίχως νὰ μετακινήται ὁ δείκτης Δ.

Χρησιμοποιοῦνται τὰ κατωτέρω ύγρα ἀναλόγως τῆς θερμοκρασίας:

‘Υδράργυρος : ἀπὸ – 40° C μέχρι 510° C

Οἰνόπνευμα : ἀπὸ – 80° C μέχρις 71° C

Πεντάνιον : ἀπὸ – 2000° C μέχρις 290° C

Κρεόζωτον : ἀπὸ – 70° C μέχρι 2040° C

Τὸ θερμόμετρον πιέσεως ἀτμοῦ ἔχει τὴν αὐτὴν διάταξιν μὲ τὸ θερμόμετρον διαστολῆς ύγροῦ, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἡ φούσκα Α πληροῦται μερικῶς ἀπὸ κατάλληλον ύγρον. Τὸ ύγρὸν ποὺ χρησιμοποιεῖται πρέπει νὰ ἔχαται ζετεῖται εὐκόλως. Μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας τῆς φούσκας προξενοῦν ἀντιστοίχους μεταβολὰς τῆς πιέσεως τοῦ ἀτμοῦ, ποὺ εὑρίσκεται ἀνωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ύγρου τῆς φούσκας. Αἱ μεταβολαὶ αὗται τῆς πιέσεως μεταφέρονται εἰς τὸν σωλὴν Β καὶ μετατρέπονται εἰς μετακινήσεις τοῦ δείκτου Δ.

Μὲ τὸ θερμόμετρον πιέσεως ἀτμοῦ καὶ μὲ κατάλληλον ἐκλογὴν τοῦ ύγρου δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν θερμοκρασίας ἀπὸ –50° C μέχρι 260° C. Χρησιμοποιούμενα ύγρα εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι ὁ αἰθήρ, ἡ αἰθυλικὴ ἀλκοόλη, ἡ γλυκόλη καὶ ἄλλα.

Τὸ θερμόμετρον πιέσεως ἀερίου ἔχει τὴν αὐτὴν διάταξιν μὲ τὰ προηγούμενα μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἀντὶ ὑγροῦ χρησιμοποιεῖται ἀέριον, συνήθως ἀζωτον. Ἡ περιοχὴ θερμοκρασιῶν, ποὺ μετροῦνται μὲ τὸ θερμόμετρον αὐτό, εἶναι ἀπὸ -2680°C μέχρι 650°C .

Γενικῶς, τὰ θερμόμετρα ποὺ ἔξητάσαμεν χρησιμοποιοῦνται κυρίως διὰ μετρήσεις χαμηλῶν θερμοκρασιῶν, ὅπως εἶναι λουτρὰ καθαρισμοῦ, ἐπιμεταλλώσεως, ἀπολιπάνσεως καὶ ἄλλα. Εἶναι εὐθηνά, ὅμως ἡ ἀκρίβεια μετρήσεώς των δὲν εἶναι πολὺ μεγάλη.

4) Θερμόμετρα ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως.

Ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τῶν θερμομέτρων αὐτῶν βασίζεται εἰς τὸ φαινόμενον αὔξησεως τῆς ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως' φύγωγοῦ μὲ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας.

Ο ἀγωγός, ὑπὸ μορφὴν πηνίου, τοποθετεῖται ἐντὸς προστατευτικοῦ σωληνωτοῦ περιβλήματος καὶ οἱ ἀκροδέκται τοῦ πηνίου συνδέονται πρὸς ὡμόμετρον, συνήθως πρὸς γέφυραν Γουϊτστον (Wheatstone). Αἱ μεταβολαὶ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ ἀπὸ κατάλληλον βαθμονόμησιν τοῦ ὀργάνου ἀνταποκρίνονται εἰς μεταβολὰς τῆς θερμοκρασίας. "Ἐτσι, εἰς κάθε ἐνδειξιν τοῦ ὡμομέτρου ἀντιστοιχεῖ ὠρισμένη θερμοκρασία. Τὸ πηνίον κατασκευάζεται ἀπὸ σύρμα χαλκοῦ, νικελίου ἢ λευκοχρύσου (πλατίνας). Τὰ θερμόμετρα μὲ πηνίον ἀπὸ χαλκὸν ἢ νικέλιον χρησιμοποιοῦνται διὰ μέτρησιν θερμοκρασιῶν ἀπὸ 650°C μέχρι 2600°C , ἐνῶ ὅσα ἔχουν πηνίον ἀπὸ λευκόχρυσον χρησιμοποιοῦνται ἀπὸ -2120°C μέχρι 5400°C .

Τὰ θερμόμετρα ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως παρουσιάζουν μεγάλην ἀκρίβειαν, ἡ βιομηχανικὴ τῶν ὅμως χρῆσις εἶναι περιωρισμένη, διότι εἶναι εὐθραυστα καὶ ὡς ἐκ τούτου πρέπει νὰ λαμβάνωνται μεγάλαι προφυλάξεις.

5) Θερμοηλεκτρικὰ πυρόμετρα.

Αὐτὰ χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα εἰς τὴν μεταλλουργίαν καὶ μεταλλοεχνίαν διὰ τὴν μέτρησιν καὶ τὸν ἔλεγχον τῆς θερμοκρασίας μέχρι περίπου 1650°C .

Τὸ θερμοηλεκτρικὸν πυρόμετρον τοῦ σχήματος 19 · 1 β ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ ἔξης μέρη:

α) Τὸ θερμοηλεκτρικὸν ζεῦγος, δηλαδὴ δύο σύρματα διαφορετικῶν μετάλλων ἡ κραμάτων, ποὺ ἔχουν συγκολληθῆ, χωρὶς ὅμως νὰ χρησιμοποιηθῇ συγκολλητικὸν μέσον (θερμὴ σύνδεσις).

β) Τὴν πυρίμαχον μόνωσιν τῶν συρμάτων τοῦ θερμοηλεκτρικοῦ ζεύγους, ὥστε τὰ σύρματα νὰ ἐφάπτωνται μόνον εἰς τὴν θέσιν τῆς θερμῆς συνδέσεως.

γ) Τὸ πυρίμαχον κάλυμμα τοῦ θερμοηλεκτρικοῦ ζεύγους, ποὺ τὸ προστατεύει ἀπὸ τὴν δξείδωσιν καὶ διάβρωσιν.

δ) Τοὺς συνδετικοὺς ἀγωγούς.

ε) Κατάλληλον γαλβανόμετρον (μιλλιβολτόμετρον) ἡ καταγραφικὸν ὅργανον, πρὸς τὸ δόποιον συνδέονται τὰ ἄκρα τοῦ θερμοηλεκτρικοῦ ζεύγους (ψυχρὰ σύνδεσις).

Ἡ ἀρχὴ τοῦ πυρομέτρου αὐτοῦ εἶναι ἡ ἔξης:

"Εστω, ὅτι δύο σύρματα ἀπὸ διαφορετικὰ μέταλλα ἡ κράματα συγκολλῶνται μεταξύ τῶν καὶ κατὰ τὰ δύο τῶν ἄκρα. Ἐάν ἡ μία σύνδεσις (θερμὴ σύνδεσις) θεο-

μανθή εις θερμοκρασίαν ύψηλοτέραν τής αλλής (ψυχρά σύνδεσις), τότε εις τὸ κλειστόν ἡλεκτρικὸν κύκλωμα, ποὺ σχηματίζουν τὰ σύρματα, ἀναπτύσσεται ὥρι- σμένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (ἡλεκτρικὴ τάσις). 'Εάν τώρα ἀποκολληθοῦν τὰ σύρματα εἰς τὴν θέσιν τῆς ψυχρᾶς συνδέσεως καὶ συνδεθοῦν εἰς τὰ ὄρια εὐασιθήτου γαλβανομέτρου, ικανοῦ νὰ μετρήσῃ χιλιοστά τοῦ βόλτ (mV), τότε τοῦτο θὰ με- τρήσῃ τὴν συνολικὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τοῦ κυκλώματος, ποὺ ὀφείλεται εἰς τὴν θερμήν σύνδεσιν. 'Εχει εύρεθη ἐπίσης ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ποὺ μετρεῖται ἀπὸ τὸ γαλβανόμετρον, αὐξάνεται, ὅσον ἡ θερμοκρασία τῆς θερμῆς συνδέσεως αὐξάνεται.

'Η ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς φαίνεται παραστατικῶς εἰς τὸ σχῆμα 19·I·β.

Διὰ τὴν σύνδεσιν τοῦ θερμολεκτρικοῦ ζεύγους μὲ τὸ ὄργανον χρησιμοποι- οῦνται συνήθως ἀγωγοὶ ἀπὸ χαλκόν, διότι τὰ σύρματα τῶν περισσότερων θερμο- ηλεκτρικῶν ζευγῶν εἰναι πολὺ ἀκριβά καὶ τὸ ὄργανον τοποθετεῖται μακρὰν τοῦ ζεύγους.

Τὰ μέταλλα ἡ κράματα, ποὺ χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰς τὰ θερμο- λεκτρικὰ ζεύγη, καὶ τὰ χαρακτηριστικά των, δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 19·I·I.

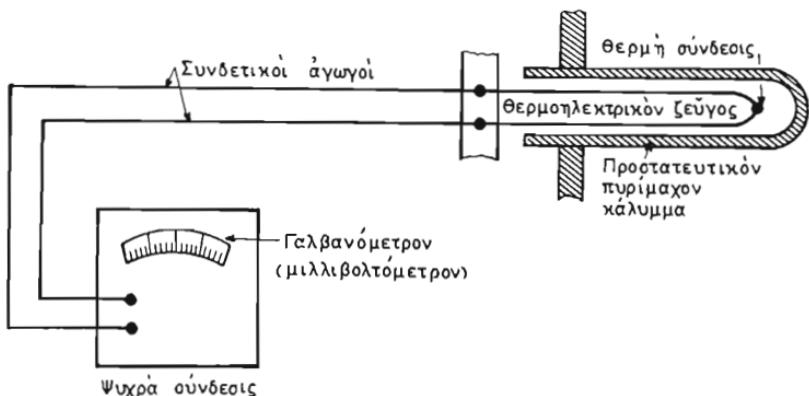
Π Ι Ν Α Ξ 19·I·I

Χαρακτηριστικά συνήθων θερμολεκτρικῶν ζευγῶν

Θερμολεκτρικὸν ζεύγος	Χημικὴ σύνθεσις [%]	Περιοχὴ θερμοκρασίας [°C]	Μεγίστη θερμοκρασία λειτουργίας* [°C]
Χαλκὸς - Κονσταντάν	Καθαρὸς χαλκὸς Cu Cu : 60 Ni : 40	Κονσταντάν Cu : 60 Ni : 40	-200 ἕως 300 600
Σίδηρο - Κονσταντάν	Καθαρὸς σίδηρος Fe Cu : 60 Ni : 40	Κονσταντάν Cu : 60 Ni : 40	-200 ἕως 750 1000
Χρωμέλ - 'Αλουμέλ	Χρωμέλ Ni : 90 Cr : 10	'Αλουμέλ Ni : 95 Al : 2 Mn : 3	-200 ἕως 1200 1350
Λευκόχρυσος - Λευκό- χρυσος, ρόδιον	Καθαρὸς λευκό- χρυσος Pt Pt : 90 Rh : 10	Λευκόχρυσος- ρόδιον: Pt : 90 Rh : 10	0 ἕως 1450 1700

* Τὸ θερμολεκτρικὸν ζεύγος δύναται νὰ ἐκτεθῇ εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν ἐπὶ μικρὸν χρονικὸν διάστημα

*Όπως γνωρίζομεν, αἱ ἐνδείξεις τοῦ γαλβανομέτρου θὰ είναι εἰς τὸν, ἐνῶ χρειαζόμεθα αἱ ἐνδείξεις αὐταὶ νὰ ἀναφέρωνται εἰς βαθμοὺς θερμοκρασίας. Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν λεγομένην βαθμονόμησιν τοῦ πυρομέτρου, ποὺ γίνεται ἡ μὲ σύγκρισιν πρὸς πρότυπον πυρόμετρον (πυρόμετρον γνωστῆς μεγάλης ἀκριβείας) ἡ ἐν σχέσει πρὸς τὰ γνωστὰ σημεῖα τήξεως ὥρισμένων καθαρῶν μετάλλων (Πίναξ 2 · 4 · 1). Κατὰ τὴν βαθμονόμησιν, τὸ πυρόμετρον συνδέεται ἀκριβῶς, ὅπως θὰ χρησιμοποιηθῇ εἰς τὴν πρᾶξιν.



Σχ. 19 · 1 β.

Διάταξις ἀπλοῦ θερμοηλεκτρικοῦ πυρομέτρου.

Τὰ ἐνδεικτικὰ ὅργανα τῶν θερμοηλεκτρικῶν πυρομέτρων συνήθως βαθμοῦνται εἰς βαθμοὺς Κελσίου ἢ καὶ Φαρενάιτ. Πάντοτε πρέπει νὰ ἔχωμεν κατὰ νοῦν, ὅτι ἡ βαθμονόμησις αὐτὴ ίσχύει δι' ὥρισμένον θερμοηλεκτρικὸν ζεῦγος καὶ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα (σχ. 19 · 1 β).

6) Πυρόμετρα ἀκτινοβολίας.

Εἰς τὴν πρᾶξιν, συχνὰ χρειάζεται νὰ μετρήσωμεν πολὺ ὑψηλάς θερμοκρασίας ποὺ δὲν είναι δυνατὸν νὰ μετρηθοῦν μὲ τὰ πυρόμετρα ποὺ ἔχομεν ἡδη περιγράψει. Ἐπίστης συχνὰ ἀπαιτεῖται ἡ μέτρησις θερμοκρασιῶν ἐπιφανειῶν, εἰς τὰς ὅποιας δὲν είναι δυνατὴ ἡ τοποθέτησις τῶν γνωστῶν θερμοηλεκτρικῶν ζευγῶν.

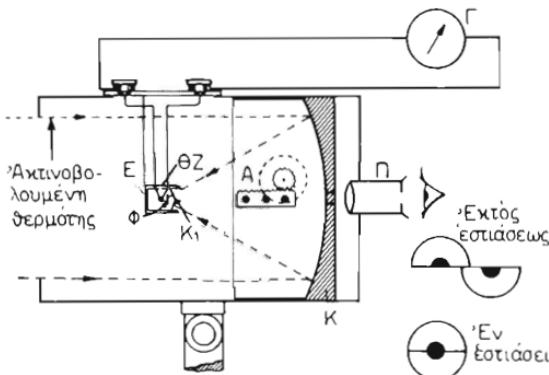
Αἱ δυσκολίαι αὐταὶ ἀντιμετωπίζονται μὲ τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ λεγομένου πυρομέτρου ἀκτινοβολίας, τὸ ὅποιον δὲν χρειάζεται νὰ εὔρισκεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν θερμὴν ἐπιφάνειαν, τῆς ὅποιας πρόκειται νὰ μετρήσωμεν τὴν θερμοκρασίαν. Τὸ πυρόμετρον αὐτὸ βασίζεται: α) Εἰς τὴν ἀρχὴν (Νόμος Stefan - Boltzmann), ὅτι ἡ ποσότης τῆς ἐνεργείας, ποὺ ἀκτινοβολεῖται ἀπὸ θερμὸν μέλαν σῶμα, είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τετάρτην δύναμιν τῆς ἀπολύτου θερμοκρασίας του ($T = 273^{\circ} + 0^{\circ}\text{C}$) καὶ β) εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ θερμοηλεκτρικοῦ ζεύγους, ποὺ ἀνεπτύξαμεν προηγουμένων.

Τυπικὸν πυρόμετρον αὐτοῦ τοῦ εἶδους είναι τὸ γνωστὸν πυρόμετρον τοῦ Fégy (σχ. 19 · 1 γ). Είναι εἶδος τηλεσκοπίου, ποὺ δέχεται τὴν ἀντινοβολουμένην θερμότητα ἀπὸ διπήν τοῦ κλιβάνου καὶ ποὺ μὲ τὴν βοήθειαν κοίλου κατόπτρου

τὴν συγκεντρώνει εἰς θερμοηλεκτρικὸν ζεῦγος ΘΖ. Τὸ θερμοηλεκτρικὸν ζεῦγος εύρισκεται εἰς ἐπαφὴν μὲ μικρὸν φύλλον πλαστίνης Φ μαυρισμένον μὲ αιθάλην, ὥστε ὅλη ἡ θερμότης, ποὺ ἀντανακλᾶται ἀπὸ τὸ κοῖλον κάτοπτρον, νὰ ἀπορροφῆται ἀπὸ αὐτό.

Ἡ συγκέντρωσις τῆς θερμότητος ἐπιτυγχάνεται μὲ κατάλληλον μετακίνησιν τοῦ κατόπτρου Κ μέσω ἀτέρμονος κοχλίου καὶ ὁδοντωτοῦ τροχοῦ Α.

Τὸ θερμοηλεκτρικὸν ζεῦγος ΘΖ συνδέεται πρὸς τὸ γαλβανόμετρον Γ καὶ προστατεύεται ἀπὸ τὴν κατ' εύθειαν ἀκτινοβολουμένην θερμότητα μὲ κατάλληλον «γυαλισμένον» ἐμπόδιον Ε. Κατὰ τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ πυρομέτρου αὐτοῦ τὸ τηλεσκόπιον κατευθύνεται πρὸς τὴν διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν ὑπάρχουσαν ὅπῃν εἰς τὴν θύραν ἢ τὸ τοίχωμα τοῦ κλιβάνου.



Σχ. 19·1 γ.

Ἡ ἐστίασις τοῦ κατόπτρου Κ ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Π, ποὺ προσβλέπει εἰς τὰ δύο κάτοπτρα Κ₁, ποὺ ἀνακλοῦν τὴν εἰκόνα τῆς ὅπῃς.

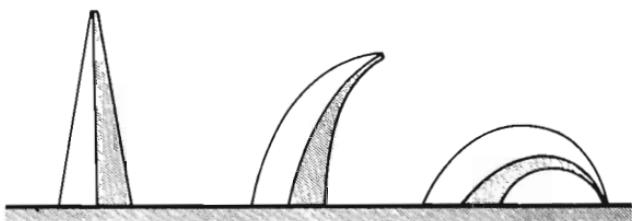
Τὸ κοῖλον κάτοπτρον Κ ρυθμίζεται μὲ τὸν ἀτέρμονα καὶ ὁδοντωτὸν τροχὸν Α, μέχρις ὅτου συμπέσουν τὰ δύο ἡμίση τοῦ εἰδώλου (τῆς ὅπῃς), ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 19·1 δ.

7) Δείκται θερμοκρασίας τοῦ Seger.

Οἱ δείκται αὗτοὶ εἶναι τριγωνικοὶ ὄρθιαι πυραμίδες ἀπὸ ὄλικά, ποὺ τῆκονται εἰς ὡρισμένην γνωστὴν διά τὸ καθένα θερμοκρασίαν. Αἱ πυραμίδες αὗται παραμορφώνονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 19·1 δ. Κατασκευάζονται ἀπὸ μίγματα καολίνου, ἀνθρακικοῦ νατρίου, ὁξειδίου τοῦ σιδήρου καὶ ἀλλων.

Ἡ σύνθεσις τῶν πυραμίδων ἐπιτρέπει, ὥστε νὰ τήκωνται διαδοχικῶς ἀνά 10°, 20°, ἢ 50° C. Ἐπάνω εἰς πυρίμαχον πλάκα καὶ εἰς κατάλληλον θέσιν πρὸς παρατήρησιν ἔντὸς τοῦ κλιβάνου τοποθετοῦμεν ἀριθμὸν πυραμίδων μὲ σημεῖα τῆξεως πλησίον τῆς θερμοκρασίας, τὴν ὅποιαν πρόκειται νὰ μετρήσωμεν. ᩴ θερμοκρασία

δίδεται ἀπὸ τὸν δείκτην (πυραμίδα) ἐκεῖνον, ποὺ κάμπτεται καὶ ἐγγίζει τὴν πυρίμαχον πλάκα (σχ. 19 · 1 δ).



Σχ. 19 · 1 δ.

Δεῖκται θερμοκρασίας τοῦ Seger.

19 · 2 Πλήρης ἀνόπτησις ἢ ἀνόπτησις.

Ἡ θερμικὴ αὐτὴ κατεργασία συνίσταται:

α) Εἰς τὴν θέρμανσιν τοῦ χάλυβος εἰς θερμοκρασίαν ὀλίγον ὑψηλοτέραν (50°C περίπου) ἐκείνης, ἡ ὅποια προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γραμμὴν NS ἢ A₃ ἢ SR ἢ A_{1,3} τῶν σχημάτων 17 · 2 α καὶ 19 · 2 α, ἀναλόγως τῆς περιεκτικότητός του εἰς ἄνθρακα.

β) Εἰς τὴν παραμονὴν τοῦ χάλυβος εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν ἐπὶ ώρισμένον χρονικὸν διάστημα διὰ νὰ ἀποκτήσῃ ὁμοιόμορφον θερμοκρασίαν καὶ

γ) εἰς ἥρεμον ἀπόψυξιν του, συνήθως ἐντὸς τοῦ ἴδιου τοῦ κλιβάνου ἀνοπτήσεως. Ἡ ἀπόψυξις συνεχίζεται μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

Ο ἀνωπτημένος χάλυψ θεωρεῖται ὅτι ἀνταποκρίνεται πρὸς τὸν χάλυβα φυσιολογικῆς καταστάσεως, ὅπως λέγομεν, δηλαδὴ ὅπως λαμβάνεται μὲν ἥρεμον ἀπόψυξιν ἀπὸ τῆς ρευστῆς του καταστάσεως, χωρὶς νὰ ὑποστῇ περαιτέρω οὐδεμίαν θερμικὴν ἢ μηχανικὴν κατεργασίαν.

Ἡ ἀνόπτησις ἔχει σκοπόν:

- Νὰ καταστήσῃ τὸν χάλυβα μαλακόν, ὁμοιογενῆ καὶ λεπτόκοκκον.
- Νὰ τὸν ἀπαλλάξῃ ἀπὸ τυχὸν ἐσωτερικὰς τάσεις καὶ
- νὰ βελτιώσῃ τὴν κατεργαστικότητά του.

Λέγοντες κατεργαστικότητα μετάλλου ἡ κράματος, ἐννοοῦμεν τὸ πόσον εὐκόλως δύναται τὸ μέταλλον ἡ κρᾶμα νὰ ὑποστῇ κατεργασίαν μὲ κοπῆν, δηλαδὴ μὲ τόρνευσιν, πλάνισμα, φραιζάρισμα κ.λπ.

Δυνάμεθα νὰ εἰπωμεν ὅτι ἡ άνόπτησις προσδίδει ἐν γένει εἰς τὸν χάλυβα τὴν περίπου φυσιολογικὴν τὸν κατάστασιν, ἡ ὅποια ἔχει ἀλλάξει ἔξι αἵτιας μηχανικῶν ἢ θερμικῶν κατεργασιῶν ἢ ἄλλων λόγων (θερμηλασία, χύτευσις, βαφή, ὑπερθέρμανσις κ.λπ.). Καὶ τοῦτο, ἐφ' ὅσον ἡ ἀλλαγὴ αὐτὴ δὲν ἔλλαβε μορφὴν ἀτυχήματος, ὅπως π.χ. συμβαίνει κατὰ τὴν καῦσιν τοῦ χάλυβος, ὅπως θὰ ἀναφέρωμεν κατωτέρω. Ἐτσι, ὁ βαμμένος εὐτήκτοειδῆς χάλυψ, ποὺ ἀποκτᾶ κρυσταλλικὴν δομὴν μαρτενσίτου (παράγρ. 18 · 2), εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπανέλθῃ μετὰ ἀπὸ ἀνόπτησιν εἰς τὴν φυσιολογικὴν του δομήν, δηλαδὴ εἰς τὴν δομὴν τοῦ περλίτου.

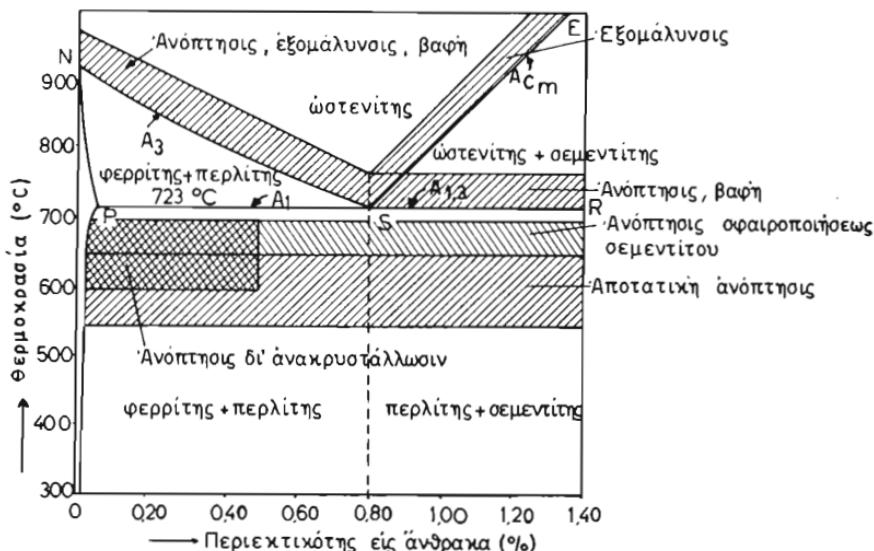
'Ἐπίστης, ὁ χυτοχάλυψ, ποὺ συνήθως γίνεται χονδρόκοκκος, ἃν χυτευθῇ εἰς τύπους (καλούπια) ἄμμου, λόγω τῆς μικρᾶς ταχύτητος ἀποψύξεως γίνεται λεπτόκοκκος καὶ μὲ καλυτέρας μηχανικάς ἴδιοτητας μετὰ ἀπὸ ἀνόπτησιν.

'Ἡ ἀνόπτησις δὲν δίδει ίκανοποιητικὰ ἀποτελέσματα εἰς χάλυβας μὲ ὑψηλὴν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα, ὅπως π.χ. εἴναι οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες ἐργάλειών [παράγρ. 21 · 3(A)]. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν ὁ ἀνωπτημένος χάλυψ ἀποκτᾶ κόκκους περλίτου, ποὺ περιβάλλονται ἀπὸ δίκτυον σκληροῦ σεμεντίτου, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ παρουσιάζῃ μικράν δυσθραυστότητα καὶ δυσκολίαν εἰς μηχανικὴν κατεργασίαν διὰ κοπῆς.

I) Θέρμανσις τοῦ χάλυβος.

Οἱ ὑποευτηκτοειδεῖς χάλυβες [$\pi(C) < 0,80\%$] θερμαίνονται 500°C ἄνω τῆς γραμμῆς NS τοῦ σχήματος 19 · 2 α, ὥστε νὰ ἀποκτήσουν κρυσταλλικὴν δομὴν ὡστενίτου. Ἐὰν π.χ. ἡ περιεκτικότης τοῦ χάλυβος εἰς ἄνθρακα εἴναι $0,30\%$, ἡ θερμοκρασία ἀνοπτήσεως θὰ εἴναι περίπου 890°C , ἐνῶ, ἂν εἴναι $0,60\%$, ἡ ἀνόπτησις θὰ πρέπει νὰ γίνη εἰς 830°C . Οἱ ὑπερευτηκτοειδεῖς χάλυβες [$\pi(C) \geq 0,80\%$] θὰ ἐπρεπε διὰ νὰ ἀποκτήσουν δομὴν ὡστενίτου, συμφώνως πρὸς τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 19 · 2 α, νὰ θερμανθοῦν κατὰ 500°C ἄνω τῆς γραμμῆς SE. Αἱ θερμοκρασίαι ὅμως αὐταὶ εἴναι πολὺ ὑψηλαὶ καὶ ὁ χάλυψ γίνεται χονδρόκοκκος, πρᾶγμα ποὺ εἴναι δυσμενὲς διὰ τὰς μηχανικάς του ἴδιοτητας. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἡ θερμοκρασία ἀνοπτήσεως τῶν χαλύβων αὐτῶν εἴναι περίπου κατὰ 500°C ἀνωτέρα τῶν 723°C (θερμοκρασία εὐτηκτοειδοῦς σημείου), δηλαδὴ κατὰ προσέγγισιν 770°C . Αἱ θερμο-

κρασίαι ἀνοπτήσεως ἀναλόγως τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητος τοῦ χάλυβος φαίνονται παραστατικῶς εἰς τὸ σχῆμα 19 · 2 α.



Σχ. 19 · 2 α.

Περιοχὴ θερμοκρασιῶν διαφόρων εἰδῶν ἀνοπτήσεως, ἔξομαλύνσεως καὶ βαφῆς τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων (Τὸ διάγραμμα εἴναι τὸ ἴδιον μὲ τὸ τοῦ σχήματος 17 · 2α).

Διὰ τοὺς λόγους, ποὺ ἔχομεν ἀναφέρει, ἡ μέτρησις καὶ γενικῶς ὁ ἔλεγχος τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὴν ἀνόπτησιν πρέπει νὰ γίνεται μὲ τὴν ἀναγκαίαν ἀκρίβειαν. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν συνήθως χρησιμοποιοῦνται τὰ θερμοηλεκτρικὰ πυρόμετρα (παράγρ. 19 · 1).

Κατὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ χάλυβος πρὸς ἀνόπτησιν πρέπει νὰ ἔχωμεν ὑπὸ δψει μας τὰ ἀκόλουθα:

α) Ἀπότομος θέρμανσις προκαλεῖ ταχεῖαν διαστολὴν τῆς ἐπιφανείας τοῦ τεμαχίου, Ιδιαιτέρως εἰς τεμάχια μεγάλης διατομῆς, ἐνῶ δὲ πυρὴν τοῦ τεμαχίου, λόγω σοβαρᾶς διαφορᾶς θερμοκρασίας, διαστέλλεται δλιγάντερον. Ἡ μεγάλη αὐτὴ διαφορὰ διαστολῆς προκαλεῖ τὴν ἀνάπτυξιν Ισχυρῶν ἐσωτερικῶν τάσεων, αἱ ὅποιαι εἰναι δυνατὸν νὰ ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα στρέβλωσιν τοῦ τεμαχίου ἢ ἀκόμη καὶ θραύσιν του. Πρέπει κατὰ συνέπειαν ἡ ταχύτης θέρμανσεως νὰ εἴναι χαμηλή, κυρίως δταν θερμαίνωμεν βαμμένα τεμάχια. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν είναι ἀπαραίτητος προθέρμανσις πρὸς ἀποφυγὴν στρεβλώσεων καὶ ρωγμῶν.

β) Ὁ χρόνος θέρμανσεως πρέπει νὰ εἴναι τόσος, δσος χρειάζεται διὰ νὰ

άποκτήση τὸ τεμάχιον όμοιόμορφον θερμοκρασίαν εἰς ὅλην του τὴν μᾶζαν, καθὼς ἐπίσης καὶ κρυσταλλικήν δομήν ὡστείνιτού.

Τεμάχια μὲ μικρὰν διατομὴν χρειάζεται νὰ θερμανθοῦν μέχρι τῆς θερμοκρασίας ἀνοπτήσεως ἐπὶ μερικὰ λεπτά, ἐνῶ τεμάχια μὲ μεγάλην διατομὴν συνήθως θερμαίνονται καὶ ἐπὶ ὥρας. Ὑπολογίζεται, ὅτι ἀρκοῦν 25 ἑως 30 min διὰ κάθε 10 mm πάχους διατομῆς.

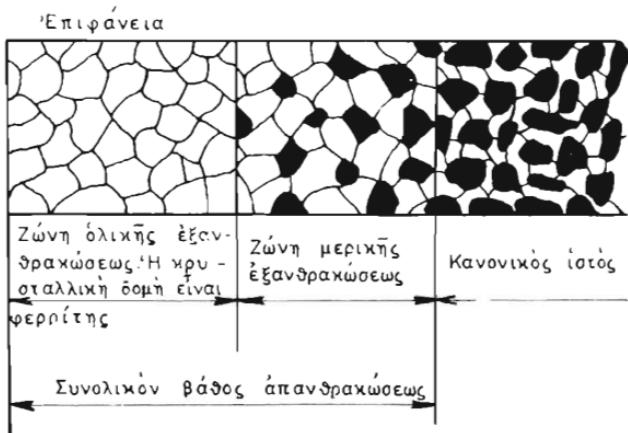
γ) Κατὰ τὴν θέρμανσιν τεμαχίων ἐκ χάλυβος εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἄέρα, ἡ ἐπιφάνειά των ὁξείδωνται (σχηματίζεται σκωρία) ταχέως μὲ δυσμενὴ ἀποτελέσματα διὰ τὴν μετέπειτα χρῆσιν τῶν τεμαχίων. Τὴν ὁξείδωσιν δυνάμεθα νὰ ἀποφύγωμεν ὡς ἔξης:

— Ἐμποδίζοντες τὰς φλόγας νὰ ἔρχωνται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰ τεμάχια.

— Δημιουργοῦντες οὐδετέραν (χωρὶς ὁξυγόνον) ἀτμόσφαιραν, συνήθως ὑπὸ πίεσιν, ἐντὸς τοῦ θαλάμου τοῦ κλιβάνου.

— Προστατεύοντες τὰ τεμάχια μὲ κατάλληλον ἐπιμετάλλωσιν (π.χ. ἐπιχάλκωσιν) ἡ μὲ κατάλληλον συσκευασίαν ἐντὸς πυριμάχων κιβωτίων μετ' ἀποβλίττων χυτοσιδήρου καὶ

— χρησιμοποιοῦντες κλίβανον λουτροῦ τετηγμένων ἀλάτων (σχ. 19·10 ζ), ὅπου τὰ τεμάχια προφυλάσσονται ὀλοσχερῶς ἀπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ἀτμοσφαίρας.



Σχ. 19·2 β.

Σχηματική παράστασις κρυσταλλικῆς δομῆς ἔξηνθρακωμένου χάλυβος.

Ὕπὸ τὰς ίδιας συνθήκας θερμάνσεως είναι δυνατὸν νὰ καῇ ὁ ἄνθραξ τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος τῶν τεμαχίων ἐν ὅλῳ ἡ ἐν μέρει καὶ εἰς ὥρισμένον βάθος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι ὁ χάλυψ ἔξανθρακώνεται. Εἰς τὸ σχῆμα 19·2 β φαίνεται ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος ἔξηνθρακωμένου χάλυβος. Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς ἔξανθρακώσεως τοῦ χάλυβος λαμβάνονται ἀνάλογα μέτρα, ὅπως καὶ πρὸς ἀποφυγὴν τῆς ὁξείδωσεως. Ἡ ὁξείδωσις καὶ ἡ ἔξανθρακωσίς γίνονται συγχρόνως. Ἔὰν ἡ ταχύτης ὁξείδωσεως είναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα

έξανθρακώσεως, τότε σχηματίζεται ἐπιφανειακῶς λεπτὸν στρῶμα δξειδίου τοῦ σιδήρου καὶ κάτωθεν αὐτοῦ ὁ χάλυψ ἔχει τὴν κανονικήν του σύνθεσιν. Ἐάν συμβαίνῃ τὸ ἀντίθετον, δηλαδὴ ἂν ἡ ταχύτης ἔξανθρακώσεως εἴναι μεγαλυτέρα, τότε ὁ χάλυψ χάνει ἐπιφανειακῶς τὸν ἄνθρακα του καὶ παραμένει ὡς φερρίτης.

δ) Ἐάν τὰ πρὸς ἀνόπτησιν τεμάχια θερμανθοῦν εἰς θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τῆς θερμοκρασίας ἀνοπτήσεως, ὅπως τὴν ἔχομεν ὄρισει, τότε ὁ ιστός των γίνεται χονδρόκοκκος καὶ συνεπῶς εὔθραυστος καὶ μάλιστα τόσον περισσότερον, ὃσον ἡ θερμοκρασία αὐτὴ είναι ύψηλοτέρα καὶ ὁ χρόνος παραμονῆς των εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν μακρότερος. Τότε λέγομεν ὅτι ὁ χάλυψ ὑπερθερμαίνεται. Τὰ ἀποτέλεσματα τῆς ὑπερθερμάνσεως ἔξαφανίζονται μὲ τὴν θερμικὴν κατεργασίαν τῆς ἀναγεννήσεως τῶν κόκκων. Κατ’ αὐτὴν ὁ ὑπερθερμανθεῖς χάλυψ ὑφίσταται βαφήν, καὶ ἀκολούθως ἀνόπτησιν μίαν ἡ περισσοτέρας φορὰς ἀναλόγως τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων του.

ε) Θέρμανσις τεμαχίων ἐκ χάλυβος εἰς θερμοκρασίαν πολὺ ἀνωτέραν ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν ἀνοπτήσεως, π.χ. εἰς 1300° C, καὶ παραμονή των εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν ἐπὶ ἀρκετὸν χρόνον ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν καῦσιν τοῦ χάλυβος. Εἰς τὰ δρια τῶν κόκκων σχηματίζεται εὔθραυστον δξείδιον τοῦ σιδήρου. Τὸ μέγεθος τῶν κόκκων αὐξάνεται πάρα πολὺ καὶ ὁ χάλυψ γίνεται ἔξαιρετικῶς εὔθραυστος καὶ ἀκατάλληλος πρὸς χρῆσιν.

2) Ἀπόψυξις τοῦ χάλυβος.

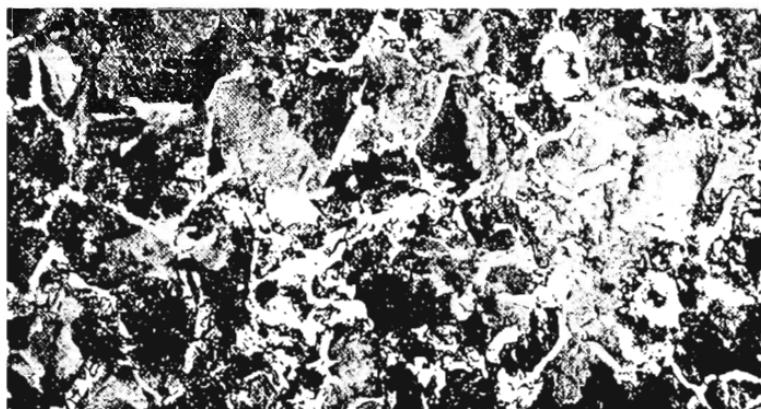
Τὰ τεμάχια μετὰ τὴν παραμονή των ἐπὶ ὥρισμένον χρόνον εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἀνοπτήσεως ἀφήνονται νὰ ἀποψυχθοῦν βραδύτατα ἐντὸς τῆς ίδιας καμίνου μέχρι συνήθως τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

Γενικῶς ἡ ἀνόπτησις είναι θερμικὴ κατεργασία, ἡ ὅποια χρειάζεται μέγα χρονικὸν διάστημα διὰ νὰ ἐκτελεσθῇ καὶ κατὰ συνέπειαν τὸ κόστος της είναι ύψηλόν. Ἡ μείωσις τοῦ χρόνου ἀποψύξεως είναι δυνατή, ἀν τὰ πρὸς ἀνόπτησιν τεμάχια ἔξαχθοῦν ἀπὸ τὴν καμίνον ἀνοπτήσεως μετὰ τὸ σημεῖον 1' (σχ. 18 · 3, παράγρ. 18 · 3) καὶ ἀφεθοῦν εἰς τὸν ἐλεύθερον, ἥρεμον ἀέρᾳ πρὸς πλήρη ἀπόψυξιν.

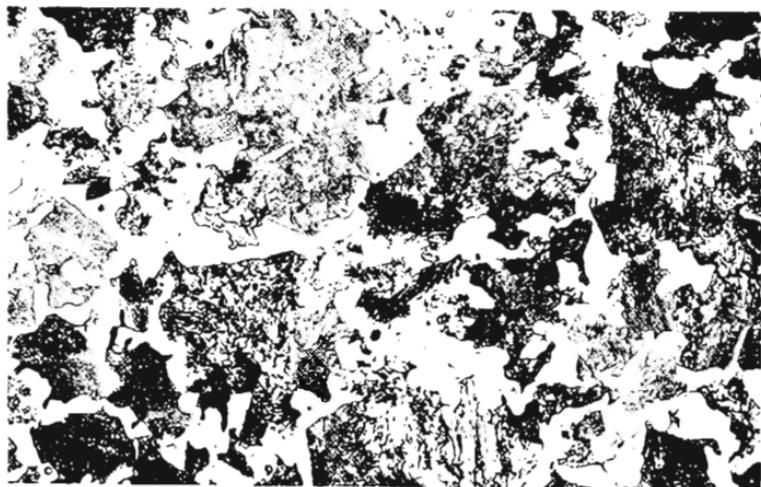
19 · 3 Ἐξομάλυνσις.

Ἡ ἐξομάλυνσις τοῦ χάλυβος ἐκτελεῖται ὅπως καὶ ἡ ἀνόπτησις, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι οἱ ὑπερευτηκοειδεῖς χάλυβες θερμαίνονται εἰς θερμοκρασίας ἄνω τῆς γραμμῆς SE ἡ Ac_m (σχ. 17 · 2 α ἢ 19 · 2 α), ἡ δὲ ἀπόψυξις γίνεται εἰς τὸν ἥρεμον ἀέρα (οὐχὶ εἰς ρεῦμα ἀέρος). Κατὰ τὴν ἐξομάλυνσιν δηλαδὴ τοῦ χάλυβος, ἡ ταχύτης ἀποψύξεως είναι μεγαλυτέρα ἀπὸ ὅ, τι κατὰ τὴν ἀνόπτησιν [καμπύλη (β) τοῦ σχ.

18·3]. Λόγω της μεγαλυτέρας ταχύτητος άποψύξεως, ό χάλυψ μετά τήν έξομάλυνσιν είναι περισσότερον λεπτόκοκκος.



(a)



(b)

Σχ. 19·3.

Κρυσταλλική δομή άνθρακούχου χάλυβος μὲ $\pi(C) = 0,60\%$ μὲ μεγέθυνσιν · 500: (α) Μετά έξομάλυνσιν: Λεπτοί κόκκοι περιβλαλόμενοι άπό πλέγμα φερρίτου (λευκὸν χρῶμα). (β) Μετά άνόπτησιν: Χονδροί κόκκοι περιλίτου μετά κόκκων φερρίτου (λευκὸν χρῶμα). Όλιγώτερον όμοιογενής ό κρυσταλλικός ίστος.

Εις τὸ σχῆμα 19·3 δίδονται μικροφωτογραφίαι τοῦ ιδίου

ἀνθρακούχου χάλυβος μὲν $\pi(C) = 0,60\%$ μετὰ ἀνόπτησιν καὶ ἔξομάλυνσιν. Χαρακτηριστικὴ εἶναι ἡ διαφορὰ τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων διὰ τὰς δύο αὐτὰς περιπτώσεις, ὅπως καὶ ἡ ὁμοιογένεια τοῦ κρυσταλλικοῦ ιστοῦ μετὰ ἔξομάλυνσιν. Αἱ μηχανικαὶ ἴδιότητες τοῦ ίδιου ἀνθρακούχου χάλυβος κατὰ συνέπειαν εἶναι καλύτεραι μετὰ τὴν ἔξομάλυνσιν παρὰ μετὰ τὴν ἀνόπτησιν, ὅπως φαίνεται εἰς τὸν Πίνακα 19 · 3 · 1.

Π Ι Ν Α Ξ 19 · 3 · 1

Μηχανικαὶ ἴδιότητες ἀνθρακούχων χαλύβων μετὰ ἀνόπτησιν καὶ ἔξομάλυνσιν

	Περιεκτικότης εἰς ἄνθρακα [%]	"Οριον διαρ- ροῆς σ_A [kp/mm ²]	"Οριον θραύ- σεως σ_B [kp/mm ²]	'Επιμήκυνσις θραύσεως A [%]	Σκληρότης Brinell H_B [kp/mm ²]
Μετὰ ἀνόπτη- σιν	0,20	25,0	41,5	37	115
	0,60	34,5	67,5	23	190
	0,80	36,5	81,0	15	220
	1,20	36,0	72,0	24	200
Μετὰ ἔξομά- λυνσιν	0,20	31,5	45,0	35	120
	0,60	42,0	77,0	19	220
	0,80	49,0	94,0	13	260
	1,20	70,0	108,0	3	315

Ἡ ἔξομάλυνσις ἐπομένως ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἀνόπτησιν ἔχει ὡς σκοπόν:

- α) Νὰ ἐλαττώσῃ τὸ μέγεθος τῶν κόκκων τοῦ χάλυβος.
- β) Νὰ καταστήσῃ τὸν χάλυβα περισσότερον ὁμοιογενῆ.
- γ) Νὰ βελτιώσῃ τὰς μηχανικάς του· ἴδιότητας.
- δ) Νὰ βελτιώσῃ τὴν κατεργαστικότητα, ἴδιατέρως τῶν χαλύβων ποὺ ἔχουν χαμηλὴν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα καὶ
- ε) νὰ ἀφαιρέσῃ τυχὸν ἐσωτερικὰς τάσεις.

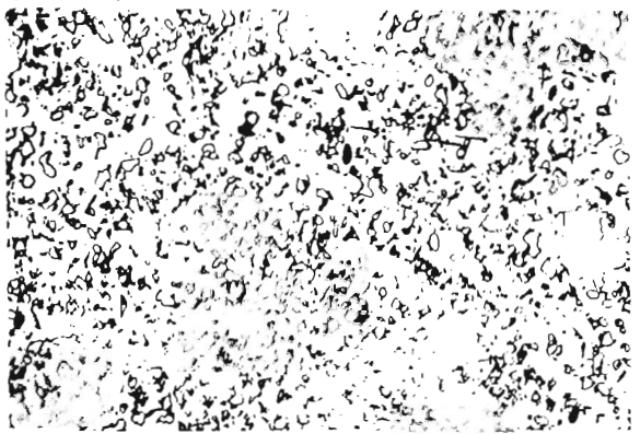
Χρησιμοποιεῖται κυρίως εἰς τεμάχια, ποὺ ἔχουν ὑποστῆ θερμηλασίαν (Κεφάλ. 13) πρὸ τῆς μηχανικῆς τῶν κατεργασίας, καθὼς ἐπίστης καὶ εἰς χυτοχαλύβδινα ἢ ὑπερθερμανθέντα τεμάχια.

Αἱ θερμοκρασίαι ἔξομαλύνσεως ἀναλόγως τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητος τοῦ χάλυβος εἶναι αἱ αὐταὶ, ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἀνόπτησιν (σχ. 19 · 2 α), πλὴν τῆς περιπτώσεως τῶν ὑπερευητοειδῶν χαλύ-

βων, ὅπου ἀκολουθεῖται ἡ γραμμή SE. Ἐπίσης ἡ θέρμανσις τῶν τεμαχίων γίνεται ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἀνόπτησιν, λαμβάνονται δὲ τὰ αὐτὰ προφυλακτικά μέτρα. Ἡ ἔξομάλυνσις ἐνίστε ἀκολουθεῖται ἀπὸ ἀνόπτησιν εἰς 6000°C ἕως 6800°C πρὸς ἐλάττωσιν τῆς σκληρότητος κυρίως χαλύβων μὲν μεγάλην περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα.

19·4 Ἀνόπτησις σφαιροποιήσεως σεμεντίτου.

Κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς ἀνόπτησεως ἀνεφέραμεν ὅτι αὐτὴ δὲν δίδει ίκανοποιητικά ἀποτελέσματα διὰ τοὺς χάλυβας μὲν μεγάλην περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα, λόγω τῆς παρουσίας σεμεντίτου (σκληροῦ καὶ εὔθρωντου) γύρω ἀπὸ τοὺς κόκκους. Οἱ χάλυβες αὗτοὶ ὑφίστανται κατεργασίαν δυσκόλως. Πρὸς βελτίωσιν τῆς κατεργαστικότητός των χρησιμοποιεῖται ἡ θερμικὴ κατεργασία, ποὺ ὀνομάζομεν ἀνόπτησιν σφαιροποιήσεως σεμεντίτου.



Σχ. 19·4.

Ἀνθρακοῦχος χάλυψ μὲν $\pi(C) = 0,94\%$ μετὰ ἀνόπτησιν σφαιροποιήσεως σεμεντίτου μὲν μεγέθυνσιν $\times 500$. Ὁ σφαιροποιημένος σεμεντίτης εἰς βάθος (φόντο) φερρίτου.

Ἡ κατεργασία συνίσταται εἰς παρατεταμένην θέρμανσιν τοῦ χάλυβος εἰς θερμοκρασίαν ὀλίγον κάτω τῶν 723°C (κατώτερον κρίσιμον σημείου), συνήθως μεταξύ 650°C καὶ 700°C (σχ. 19·2 α). Μετὰ τὴν θέρμανσιν ἀκολουθεῖ ἡρεμος ἀπόψυξις.

Μὲ τὴν θερμικὴν αύτὴν κατεργασίαν ὁ σεμεντίτης λαμβάνει σφαιροειδῆ μορφὴν ἀντὶ τῆς πλακοειδοῦς, τὴν ὅποιαν ἔχει εἰς τὸν συνή-

θη περλίτην (σχ. 19 · 4). Τὸ ἕδιον συμβαίνει καὶ διὰ τὸν σεμεντίτην, ποὺ περιβάλλει τοὺς κόκκους τοῦ περλίτου.

Ἡ κρυσταλλικὴ αὐτὴ μορφὴ προσδίδει εἰς τὸν χάλυβα καλήν κατεργαστικότητα καὶ καλὴν ἐπίσης πλαστικότητα. Τὸ πλεῖστον τῶν χαλύβων ἔργαλείων, μετὰ τὴν θερμηλασίαν πρὸς διαμόρφωσιν τῆς ἐπιθυμητῆς μορφῆς ύφισταται ἀνόπτησιν πρὸς σφαιροποίησιν τοῦ σεμεντίτου, διὰ νὰ διευκολυνθῇ ἡ κατεργασία των διὰ κοπῆς.

Τὸ εἶδος αὐτὸ ἀνοπτήσεως ἐφαρμόζεται καὶ εἰς ὑποευτηκτοειδεῖς χάλυβας διὰ τὴν αὔξησιν τῆς πλαστικότητός των, ὅταν πρόκειται νὰ ὑποστοῦν μηχανικὰς κατεργασίας διαμορφώσεως (σχ. 11 · α).

19 · 5 Ἀνόπτησις δι' ἀνακρυστάλλωσιν.

Ἡ θερμικὴ αὐτὴ κατεργασία ἔχει ὡς σκοπὸν νὰ ἔξαφανίσῃ τὰ ἀποτελέσματα τῆς σκληρώσεως τοῦ χάλυβος μετὰ συνήθως ἀπὸ ψυχρηλασίαν (Κεφάλ. 10). Ἐφαρμόζεται εἰς χάλυβας μὲ μικρὰν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα. Ἐκτελεῖται εἰς θερμοκρασίαν ἀπὸ 600°C ἕως 700°C (σχ. 19 · 2 α), δηλαδὴ ἀνωτέραν ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν ἀνακρυσταλλώσεως, ποὺ διὰ τὸν καθαρὸν σίδηρον εἴναι 480°C περίπου καὶ ὅπωσδήποτε χαμηλοτέραν τοῦ κατωτέρου κρισίμου σημείου (723°C , γραμμὴ PS τοῦ σχ. 19 · 2 α).

Ο μηχανισμὸς τῆς ἀνακρυσταλλώσεως ἀνεπτύχθη λεπτομερῶς εἰς τὸ Κεφάλαιον 12.

Τὸ τεμάχιον θερμαίνεται ἐπὶ ἀρκετὸν χρόνον, ὥστε ἡ ὅλη μᾶζα του νὰ ἀποκτήσῃ δόμοιόμορφον θερμοκρασίαν, ἐπὶ πλέον δὲ ἐπὶ τόσον χρόνον, ὅσος χρειάζεται διὰ νὰ γίνουν αἱ ἀπαιτούμεναι ἀλλαγαὶ εἰς τὴν κρυσταλλικήν του δομήν.

19 · 6 Ἀποτατικὴ ἀνόπτησις.

Ἡ ἀποτατικὴ ἀνόπτησις χάλυβος συνίσταται εἰς παρατεταμένην θέρμανσίν του εἰς θερμοκρασίας μεταξὺ 550°C καὶ 650°C (σχ. 19 · 2 α) καὶ βραδεῖαν ἀπόψυξιν μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

Σκοπὸς τῆς θερμικῆς αὐτῆς κατεργασίας εἴναι ἡ ἔξαλειψις τῶν ἐσωτερικῶν μηχανικῶν τάσεων, ποὺ παραμένουν μετὰ ἀπὸ ψυχρηλασίαν, ἀπὸ ἔντονον κατεργασίαν διὰ κοπῆς (π.χ. τόρνευσιν μὲ μέγα βάθος κοπῆς καὶ μεγάλην πρόωσιν) καὶ γενικῶς ἀπὸ κατεργασίας

πού δημιουργούν διαφορὰν θερμοκρασίας εἰς τὸ τεμάχιον, ὅπως μετὰ ἀπὸ συγκόλλησιν, χύτευσιν καὶ θερμηλασίαν.

19 · 7 Βαφή.

Ἡ βαφὴ συνίσταται εἰς τὰ ἑξῆς:

α) Ὁ χάλυψ (μέσης ἢ ύψηλῆς περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα) θερμαίνεται εἰς θερμοκρασίαν δλίγον ύψηλοτέραν (κατὰ περίπου 40°C) ἐκείνης, πού ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν γραμμὴν NS ἢ A₃ ἢ SR ἢ A_{1,3} τῶν σχημάτων 17 · 2 α καὶ 19 · 2 α, ἀναλόγως τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητός του.

β) Ἀκολούθως παραμένει εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον πρὸς ἀπόκτησιν ὁμοιομόρφου θερμοκρασίας καὶ

γ) ἀκολουθεῖ ταχεῖα ἀπόψυξις μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

Ἡ βαφὴ προσδίδει εἰς τὸν χάλυβα χαρακτηριστικῶς ύψηλήν σκληρότητα καὶ χαμηλήν δυσθραυστότητα.

Εἰς τὴν παράγραφον 18 · 2 ἀνεπτύξαμεν τὸν μηχανισμὸν τῆς βαφῆς καὶ εἶδομεν ὅτι ὁ βαμμένος χάλυψ ἀποκτᾶ βασικῶς κρυσταλλικὴν δομὴν μαρτενσίτου (σχ. 18 · 2 α). Ἐδῶ θὰ μᾶς ἀπασχολήσῃ, λεπτομερέστερον κάπως, ἡ ἔκτελεσις τῆς βαφῆς τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων.

Γενικῶς, διὰ νὰ βαφῇ ὁ χάλυψ, πρέπει ἡ περιεκτικότης του εἰς ἄνθρακα νὰ είναι μεγαλύτερα ἀπὸ 0,30 %. Χάλυβες μὲ μικροτέραν εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητα χρησιμοποιοῦνται εἰς κατάστασιν ἀνοπτήσεως ἢ ἔξομαλύνσεως καὶ δὲν βάφονται.

A. Θέρμανσις τοῦ χάλυβος.

Ο χάλυψ θερμαίνεται πρὸς βαφήν, ἀφοῦ προηγουμένως ἀνοπτήθῃ, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ τὴν φυσιολογικήν του κατάστασιν καὶ διὰ νὰ ἀπαλλαγῇ ἀπὸ τυχὸν μηχανικὰς τάσεις, ποὺ παραμένουν μετὰ ἀπὸ ἄλλας πρὸ τῆς βαφῆς κατεργασίας. Αἱ παραμένουσαι αὐταὶ τάσεις είναι ἐπικίνδυνοι κατὰ τὴν βαφήν καὶ δυνατὸν νὰ προκαλέσουν καὶ ρωγμὰς ἀκόμη εἰς τὸ τεμάχιον.

Οἱ ύποευτηκτοειδεῖς χάλυβες [$\text{p}(\text{C}) < 0,80\%$] θερμαίνονται κατὰ 40°C ἀνωθεν τοῦ ἀνωτέρου κρισίμου σημείου των (γραμμὴ NS ἢ A₃ τοῦ διαγράμματος τοῦ σχ. 19 · 2 α). Κατὰ τὴν βαφήν τῶν ύπερευτη-

κτοειδῶν χαλύβων δὲν ἀκολουθοῦμεν τὴν γραμμὴν SE ἢ Ac_m τοῦ διαγράμματος τῆς θερμικῆς ίσορροπίας (σχ. 19 · 2 α). Δι’ ὅλας τὰς περιεκτικότητας εἰς ἄνθρακα $\pi(C) \geqslant 0,80\%$, ἡ θερμοκρασία βαφῆς είναι σταθερὰ καὶ ἵση περίπου μὲ 760° C (723° C + 40° C περίπου).

Θέρμανσις ἄνω τῆς γραμμῆς SE θὰ εἶχεν ὡς ἐπακόλουθον αὔξησιν τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων τοῦ ὥστενίτου μὲ τὴν γνωστὴν χειρότερευσιν τῶν μηχανικῶν ἰδιοτήτων τοῦ χάλυβος. Ἐλλο ἀποτέλεσμα θὰ ἦτο ἡ ἀνάπτυξις μεγάλων ἐσωτερικῶν τάσεων κατὰ τὴν ἀπόψυξιν (ἰδιαιτέρως εἰς δραστικὰ λουτρὰ βαφῆς, ποὺ θὰ ἀναφέρωμεν κατωτέρω) καὶ κατὰ συνέπειαν στρέβλωσις τῶν τεμαχίων ἢ καὶ δημιουργία ρωγμῶν.

Κατὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ χάλυβος πρὸς βαφὴν λαμβάνονται παρόμοια προφυλακτικὰ μέτρα, ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἀνόπτησιν (παράγρ. 19 · 2). Ἡ θέρμανσίς του γίνεται εἰς κοινὰς καμίνους φλογὸς ἢ καὶ εἰς ἡλεκτρικάς, ἀντιστάσεως ἢ ἐπαγωγῆς (παράγρ. 19 · 10). Δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἐπίσης καὶ κάμινοι λουτρῶν τετηγμένων ἀλάτων (παράγρ. 19 · 10).

“Οταν ὁ χάλυψ ἐκτεθῇ εἰς ὀξειδωτικὴν ἀτμόσφαιραν κατὰ τὴν εἰς τὸν κλίβανον θέρμανσίν του, σχηματίζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειάν του στρῶμα ἀπὸ σκωρίαν. Τὸ στρῶμα αὐτὸ τῆς σκωρίας είναι θερμομονωτικὸν καὶ κατὰ συνέπειαν κατὰ τὴν ἀπόψυξιν τοῦ τεμαχίου ἐλαττώνει τὸν ρυθμὸν ροῆς τῆς θερμότητος ἀπὸ τὸ τεμάχιον πρὸς τὸ λουτρὸν βαφῆς. Ἔτσι, είναι δυνατὸν νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ταχύτης ἀποψύξεως κάτω τῆς κρισίμου της τιμῆς καὶ τὸ τεμάχιον νὰ μὴ βαφῇ κανονικῶς. Ἡ δημιουργία σκωρίας ἀποφεύγεται μὲ τοὺς τρόπους ποὺ ἔχουν ἀναφερθῆ καὶ διὰ τὴν ἀνόπτησιν.

B. Ἀπόψυξις τοῦ χάλυβος.

“Οπώς μέχρι τώρα ἔχομεν ἀναφέρει, σπουδαῖος παράγων διὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῆς βαφῆς είναι ἡ ταχύτης ἀποψύξεως τοῦ τεμαχίου ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας τῆς βαφῆς (ὁ χάλυψ εἰς κατάστασιν ὥστενίτου) μέχρι τῆς θερμοκρασίας θ_π, ποὺ ὀλοκληρώνεται ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὥστενίτου εἰς μαρτενσίτην (σχ. 18 · 3).

Αἱ θερμοκρασίαι ἐνάρξεως θ_ε καὶ πέραστος θ_π μετασχηματισμοῦ τοῦ ὥστενίτου εἰς μαρτενσίτην τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων ἔξαρτῶνται ἐκ τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητός των, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ

σχῆμα 19 · 7 α. 'Ο εύτηκτοειδής άνθρακουχος χάλυψ [$\pi(C) = 0,80\%$] έχει θερμοκρασίαν $\theta_c = 260^\circ C$ και $\theta_\pi = -40^\circ C$, όπως προκύπτει έκ του διαγράμματος του σχήματος 19 · 7 α. 'Ο αύτος χάλυψ άποψυχόμενος είς τὴν θερμοκρασίαν του περιβάλλοντος, π.χ. τῶν $20^\circ C$, άποκτᾶ κρυσταλλικήν δομήν μαρτενσίτου μὲ ώρισμένον ποσοστὸν ύπολειπομένου ώστενίτου (σχ. 18 · 2 α). 'Ο ώστενίτης αύτος παραμένει, διότι ἡ θερμοκρασία άποψυχεως τῶν $20^\circ C$ εἶναι μεγαλύτερα τῆς $\theta_\pi = -40^\circ C$ και συνεπῶς ὁ ώστενίτης δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ μετασχηματισθῇ πλήρως εἰς μαρτενσίτην.

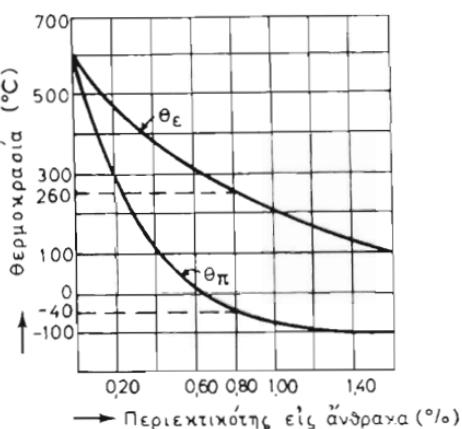
Διὰ νὰ ἔχωμεν πλήρη βαφήν, πρέπει ἡ ταχύτης άποψυχεως νὰ ἀκολουθῇ τὴν καμπύλην ζ του σχήματος 18 · 3 (καμπύλη κρισίμου ταχύτητος βαφῆς), ἡ νὰ εύρισκεται πρὸς τὰ ἀριστερά της, ὅπως π.χ. ἡ καμπύλη ε.

Μὲ μικροτέραν ταχύτητα άποψυχεως θὰ ἔχωμεν μερικήν βαφήν, ὅπως π.χ. εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς καμπύλης δ, ὅπότε σχηματίζεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν του περιβάλλοντος πλὴν του μαρτενσίτου καὶ λεπτόκοκκος περλίτης (παράγρ. 18 · 3).

'Η ταχύτης άποψυχεως ἔξαρτᾶται:

- α) 'Απὸ τὸ μέσον ψύξεως, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ λουτρὸν βαφῆς (φυσικαὶ ἴδιότητες καὶ θερμοκρασία), εἰς τὸ ὄποιον ἐμβαπτίζεται τὸ πρὸς βαφὴν τεμάχιον διὰ νὰ ἀποψυχθῇ.
- β) 'Απὸ τὸν βαθμὸν ἀναταράξεως τοῦ λουτροῦ βαφῆς, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ κατὰ πόσον τὸ λουτρὸν βαφῆς εύρισκεται εἰς ἡρεμίαν ἡ ἀναταράσσεται καὶ

- γ) ἀπὸ τὸ μέγεθος τῆς διατομῆς τοῦ τεμαχίου ποὺ βάφεται, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ κατὰ πόσον τὸ τεμάχιον εἶναι λεπτὸν ἡ χονδρόν.



Σχ. 19 · 7 α.

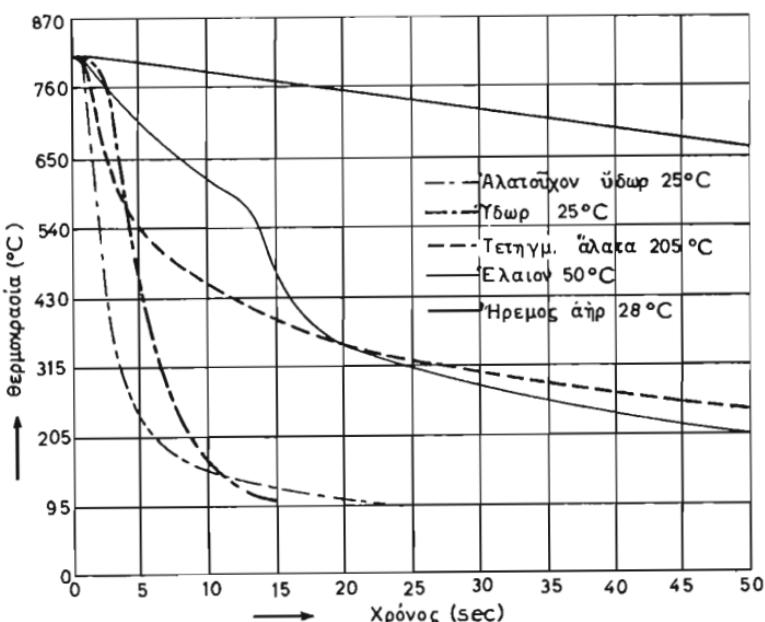
Σχέσις μεταξύ θερμοκρασιῶν θ_c , θ_π και περιεκτικότητος εἰς άνθρακα τῶν άνθρακούχων χαλύβων.

Γ. Λουτρὰ βαφῆς.

Ως λουτρὰ βαφῆς χρησιμοποιοῦνται βιομηχανικῶς τὰ ἀκόλουθα, μὲ ἐλαττουμένην κατὰ σειρὰν δραστικότητα. (Δραστικότητα λουτροῦ βαφῆς δυνομάζομεν τὴν δυνατότητα ποὺ ἔχει τοῦτο νὰ ἀναπτύξῃ μεγάλην ἡ μικροτέραν ταχύτητα ἀποψύξεως εἰς τεμάχιον ὥρισμένων διαστάσεων καὶ σχήματος, ὅπως π.χ. εἰς κυλινδρικὸν τεμάχιον διαμέτρου 25 mm καὶ μῆκους 100 mm):

- 'Αλατοῦχον ύδωρ (διάλυμα ύδατος καὶ 10% χλωριούχου νατρίου).
- "Υδωρ.
- Τετηγμένα ἄλατα.
- Διαλύματα ύδατος - ἑλαίου.
- "Ελαια.
- 'Αήρ ἐν ἡρεμίᾳ.

Εἰς τὸ σχῆμα 19 · 7 β δίδονται καμπύλαι ἀποψύξεως εἰς τὸ κέντρον τεμαχίου διὰ διάφορα λουτρὰ βαφῆς.



Σχ. 19 · 7 β.

Καμπύλαι ἀποψύξεως εἰς τὸ κέντρον τεμαχίου ἀπὸ ἀνοξείδωτον χάλυβα, διαμέτρου 12,5 mm καὶ μῆκους 75 mm διὰ διάφορα λουτρὰ βαφῆς.

Ἐὰν τὴν δραστικότητα τοῦ ύδατος ὡς λουτροῦ βαφῆς εὐρισκομένου ἐν ἡρεμίᾳ καὶ εἰς θερμοκρασίαν 200°C ἐκφράσωμεν μὲ τὴν μονάδα (δηλαδὴ ὡς 1,0), τότε

ὅ Πίναξ 19 · 7 · 1 μᾶς δίδει τὴν σχετικήν δραστικότητα ἀλλων λουτρῶν βαφῆς καιδὶ ὥρισμένον βαθμὸν ἀναταράξεως ὡς πρὸς αὐτό. Ἀπὸ τὸν Πίνακα 19 · 7 · 1 βλέπομεν π.χ. ὅτι τὸ ἀλατοῦχον ὑδωρ ἐν ἡρεμίᾳ ἔχει περίπου 7 φορὰς μεγαλυτέραν δραστικότητα βαφῆς ἀπὸ τὸ ἔλαιον και 2 φορὰς ἀπὸ τὸ ὑδωρ. Ἐπίσης τὸ ὑδωρ, μὲ μέγαν βαθμὸν ἀναταράξεως ὡς λουτρὸν βαφῆς ἔχει δραστικότητα 4 φορὰς μεγαλυτέραν ἀπὸ δ.τι, ὅταν εύρισκεται ἐν ἡρεμίᾳ.

Π Ι Ν Α Ξ 19 · 7 · 1

Σχετική δραστικότης λουτρῶν βαφῆς διὰ διάφορον βαθμὸν ἀναταράξεως τοῦ λουτροῦ

Βαθμὸς ἀναταράξεως λουτροῦ	Ἀλατοῦχον ὑδωρ	Ὑδωρ	Ἐλαιον	Ἄηρ
Ἐν ἡρεμίᾳ	2,0	1,0	0,3	0,02
Μέτριος	—	1,30	0,4	—
Μέγας	—	2,0	0,8	—
Κατὰ πολὺ μεγαλύτερος	5,0	4,0	1,0	—

Ἡ θερμοκρασία τοῦ λουτροῦ βαφῆς ἔχει σημασίαν διὰ τὴν καλὴν ἐκτέλεσιν τῆς βαφῆς. Ἡ θερμοκρασία του κατ' ἀρχὴν πρέπει νὰ είναι χαμηλοτέρα ὅπωσδήποτε ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν πέρατος τοῦ μετασχηματισμοῦ τοῦ ὥστενίτου εἰς μαρτενσίτην (θπ), διὰ νὰ ἔχωμεν πλήρη βαφήν.

Γενικῶς, μὲ αὐξήσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ λουτροῦ βαφῆς ἡ ταχύτης ἀποψύξεως μειούται διὰ τὸ ὑδωρ και τὸ ἀλατοῦχον ὑδωρ. Διὰ τὸ ἔλαιον, αὔξησις τῆς θερμοκρασίας ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα μικρὰν αὔξησιν τῆς ταχύτητος ἀποψύξεως, διότι τὸ ἔλαιον εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν γίνεται ὀλιγώτερον παχύρρευστον.

Πρὸς ἀποφυγὴν αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ λουτροῦ βαφῆς πρέπει νὰ ὑπάρχῃ ὁ ἀναγκαῖος δύκος του. Ἐπὶ πλέον, εἰς πολλὰς περιπτώσεις, εἰσάγονται εἰς τὸ λουτρὸν ψυκτικά στοιχεῖα διὰ τὸν ἔλεγχον τῆς θερμοκρασίας του. Ἐπίσης, είναι δυνατὸν νὰ διατηρηθῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ λουτροῦ σταθερὰ μὲ κατάλληλον κυκλοφορίαν τοῦ μέσου ψύξεως. Ἡ ταχύτης ἀποψύξεως αὐξάνεται μὲ ἀνάδευσιν τοῦ τεμαχίου πού πρόκειται νὰ βάψωμεν.

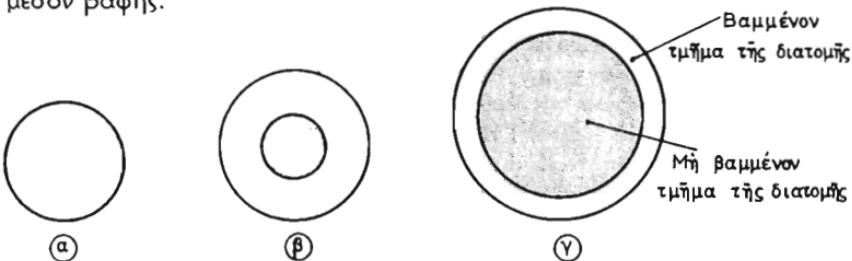
Δ. Ἐπίδρασις τοῦ μεγέθους τοῦ τεμαχίου.

Κατὰ τὴν βαφὴν παρατηρεῖται ἐν γένει ὅτι ἡ ταχύτης ἀποψύξεως ἐλαττούται, ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν πρὸς τὸν πυρῆνα τοῦ τεμαχίου.

Ἡ ἐλάττωσις αὐτὴ τῆς ταχύτητος ἀποψύξεως είναι τόσον ἐντονωτέρα, ὅσον τὸ τεμάχιον ἔχει μεγαλυτέραν διατομήν. Ἐὰν κατὰ συνέπειαν βάψωμεν ἐνα τεμάχιον μὲ σχετικῶς μεγάλην διατομήν, τότε θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ἐνῶ εἰς ὥρισμένον βάθος ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας του ἀποκτᾶ ἴστὸν μαρτενσίτου, δηλαδὴ βάφεται κανονικῶς, εἰς τὸ ὑπόλοιπον μέρος τῆς διατομῆς τοῦ πυρῆνος ἀποκτᾶ, ἀναλόγως τῆς

ταχύτητος ἀποψύξεως, ίστὸν μπαινίτου ἢ περλίτου, δηλαδὴ δὲν βάφεται. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ δόνομάζομεν φαινόμενον μάζης. Ἡ ἐπίδρασις αὐτὴ τοῦ μεγέθους τοῦ τεμαχίου φαίνεται παραστατικῶς εἰς τὸ σχῆμα 19 · 7 γ, διὰ τρία κυλινδρικὰ τεμάχια διαφορετικῆς διατομῆς (μεγάλης, μέσης, μικρᾶς).

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ εἶναι ἐντονώτερον εἰς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας, δηλαδὴ ἡ σκληρότης μετὰ βαφῆν ἐλαττώνεται ταχέως, ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ τεμαχίου πρὸς τὸν πυρῆνα του. Τοῦτο δύναται νὰ ἀποφευχθῇ εἰς τὴν πρᾶξιν μὲ προσθήκην ξένων στοιχείων εἰς τὸν ἀνθρακούχον χάλυβα, δπότε εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λαμβάνομεν χαλυβόκραμα (παράγρ. 20 · 1). Τὰ ξένα αὐτὰ στοιχεῖα ἐλαττώνουν τὴν κρίσιμον ταχύτητα ἀποψύξεως τοῦ χαλυβοκράματος καὶ ἐπομένως δίδουν τὸν χρόνον εἰς τὸ τεμάχιον νὰ βαφῇ εἰς ὅλην του τὴν μᾶζαν, ἀκόμη καὶ ἐντὸς ἐλαίου, τὸ δποῖον εἶναι ἡ πιον μέσον βαφῆς.



Σχ. 19 · 7 γ.

Ἐπίδρασις τοῦ μεγέθους τῆς διατομῆς τοῦ τεμαχίου ἐπὶ τοῦ βάθους βαφῆς:

- α) Μικρὰ διατομὴ → πλήρως βαμμένον τὸ τεμάχιον. β) Μέση διατομὴ → μὴ βαμμένος δὲ πυρῆν. γ) Μεγάλη διατομὴ → βαμμένη μόνον ἡ ἐπιφανειακὴ στιβάς, μὴ βαμμένον τὸ ὑπόλοιπον τοῦ τεμαχίου.

"Οπως εἶναι φυσικόν, καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὑπάρχει ἔνα ὄριον μεγέθους διατομῆς τοῦ τεμαχίου· ἀν ὑπερβῶμεν τὸ ὄριον αὐτό, ἡ βαφὴ δὲν θὰ εἶναι πλήρης εἰς ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ τεμαχίου.

Ἐνδεικτικῶς ἀναφέρεται ὅτι ἀνθρακούχος χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0,45\%$, βαμμένος εἰς ὕδωρ παρουσιάζει σκληρότητα 41 Rockwell C εἰς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ 29 Rockwell C εἰς τὸν πυρῆνα διὰ τεμάχιον μὲ διάμετρον 50 mm, ἐνῶ διὰ τεμάχιον μὲ διάμετρον 100 mm παρουσιάζει ἀντιστοίχως σκληρότητα 30 καὶ 20 Rockwell C. Ἀπὸ τὸ παράδειγμα αὐτὸ συμπεραίνομεν, ὅτι τὸ τεμάχιον μὲ τὴν διάμετρον τῶν

100 mm είναι κατά πολύ μαλακώτερον μετά τήν βαφήν καὶ εἰς τήν ἐπιφάνειάν του καὶ εἰς τὸν πυρῆνα του ἐν σχέσει πρὸς τὸ τεμάχιον μὲ τήν μικροτέραν διάμετρον τῶν 50 mm.

E. Ἀτυχήματα κατὰ τὴν βαφήν.

Ἐχομεν ἀναφέρει ὅτι κατὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ πρὸς βαφήν τεμαχίου λαμβάνομεν παρόμοια προφυλακτικὰ μέτρα πρὸς ἀποφυγὴν ἀχρηστεύσεως τεμαχίων, ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἀνόπτησιν.

Εἰς τὰ βαφόμενα διμῶς τεμάχια παρατηροῦνται χαρακτηριστικὰ ἀτυχήματα, ποὺ κυρίως συμβαίνουν κατὰ τὴν ἀπόψυξιν καὶ ἐκ τῶν ὅποιων τὰ συνηθέστερα είναι τὰ ἔξης:

α) Ἀνομοιογένεια τοῦ τεμαχίου, ἡ ὅποια ἐλέγχεται μὲ μέτρησιν τῆς σκληρότητος εἰς διαφόρους θέσεις τῆς ἐπιφανείας του. Ἡ ἀνομοιογένεια ὀφείλεται εἰς ἀνομοιόμορφον θέρμανσιν ἡ ἀνομοιόμορφον ἀπόψυξιν ἡ καὶ εἰς τὰ δύο μαζί. Δύναται νὰ ἔχειειφθῇ μόνον μὲ νέαν κανονικὴν θέρμανσιν καὶ βαφήν.

β) Ἀνεπαρκής βαφή, ὅπότε τὸ τεμάχιον δὲν ἀποκτᾶ τὴν σκληρότητα, ποὺ πρέπει νὰ ἀποκτήσῃ μετὰ ἀπὸ τὴν βαφήν. Ἡ ἀνεπαρκής βαφὴ ἐλέγχεται μὲ μέτρησιν τῆς σκληρότητός του. Ὁφείλεται δὲ εἰς δύο κατὰ βάσιν αἰτια:

— Εἰς δραστικότητα τοῦ λουτροῦ βαφῆς, μικροτέραν ἀπὸ ἑκείνην ποὺ χρειάζεται, ὅπως π.χ. ἔαν τὸ λουτρὸν είναι ἀκάθαρτον καὶ

— εἰς θέρμανσιν εἰς κατωτέραν θερμοκρασίαν ἀπὸ τὴν ὥρισμένην θερμοκρασίαν βαφῆς διὰ κάθε χάλυβα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆν είναι δυνατὸν ἡ βαφὴ νὰ είναι ἐντελῶς ἀνεπαρκής. Διὰ τοῦτο χρειάζεται σχολαστικὸς ἐλεγχος τῆς θερμοκρασίας μὲ κατάλληλον πυρόμετρον.

Καὶ εἰς περιπτώσεις ἀνεπαρκοῦς βαφῆς ἀπαιτεῖται ἐπανάληψις τῆς βαφῆς, κατὰ κανονικὸν διμῶς τρόπου.

γ) *Ρωγμαὶ καὶ στρεβλώσεις.* Ὁφείλονται εἰς μηχανικὰς ἐσωτερικὰς τάσεις, ποὺ ἀναπτύσσονται εἰς τὸ τεμάχιον κατὰ τὴν βαφήν, ὡς ἔξης:

“Οπως ἔχομεν ἀναφέρει (παράγρ. 18 · 2), ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὠστενίτου εἰς μαρτενίτην κατὰ τὴν βαφήν ἀκολουθεῖται ἀπὸ ἔργοκωσιν τοῦ τεμαχίου, ἡ ὅποια δὲν είναι ὄμοιόμορφος λόγω τῆς διαφορᾶς θερμοκρασίας μεταξὺ ἐπιφανείας καὶ πυρῆνος, ιδιαιτέρως εἰς τεμάχια μὲ μεγάλην διατομήν. Ἐπειδὴ ὁ μετασχηματισμὸς αὐτὸς γίνεται ταχέως καὶ εἰς χαμηλήν θερμοκρασίαν (θε., θπ τοῦ διαγράμματος τοῦ σχ. 18 · 3), ὁ χάλυψ δὲν παραμορφώνεται ὅσον χρειάζεται, καὶ κατὰ συνέπειαν ἀναπτύσσονται μεγάλαι ἐσωτερικαὶ μηχανικαὶ τάσεις.

Εἰς τὰς ἐσωτερικὰς αὐτὰς τάσεις προστίθενται καὶ ἀλλαὶ, αἱ ὅποιαι τυχὸν ὑπῆρχον εἰς τὸ τεμάχιον πρὸ τῆς βαφῆς, ὅπως π.χ. μετὰ ψυχρηλασίαν, συγκόλλησιν κ.λπ. καὶ ποὺ ἡ θέρμανσις εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς βαφῆς δὲν είναι ἀρκετὴ νὰ τὰς ἔχειειψή (ἀπαιτεῖται ἀνόπτησις τοῦ τεμαχίου πρὸ τῆς βαφῆς).

‘Ἐὰν αἱ ἐσωτερικαὶ τάσεις είναι ὑπερβολικαὶ, τότε προκαλοῦνται ρωγμαὶ εἰς τὸ τεμάχιον. ‘Ἐὰν είναι μικροτέρους μεγέθους, τότε παρατηροῦνται στρεβλώσεις, ποὺ ἀλλάσσουν τὰς διαστάσεις τοῦ τεμαχίου.

Τεμάχια μεγάλου μήκους, πού ἔχουν στρεβλωθῆ, δύνανται νὰ εύθυγραμμισθοῦν ἐν ψυχρῷ ἢ ἐν θερμῷ εἰς εἰδικὰ πρὸς τοῦτο μηχανήματα.

Διὰ νὰ ἀποφεύγωνται ὑπερβολικαὶ τάσεις λαμβάνονται τὰ ἔξης μέτρα:

— Διὰ κάθε χάλυβα χρησιμοποιοῦμεν τὸ κατάλληλον λουτρὸν βαφῆς καὶ ποτὲ δραστικώτερον, διότι τότε παρατηρεῖται μεγαλυτέρα διαφορὰ θερμοκρασίας μεταξὺ ἐπιφανείας καὶ πυρῆνος τοῦ τεμαχίου καὶ κατὰ συνέπειαν, συμφώνως πρὸς δόσα ἀνεπτύξαμεν τροπηγουμένως, δημιουργοῦνται μεγαλύτεραι ἐσωτερικαὶ τάσεις.

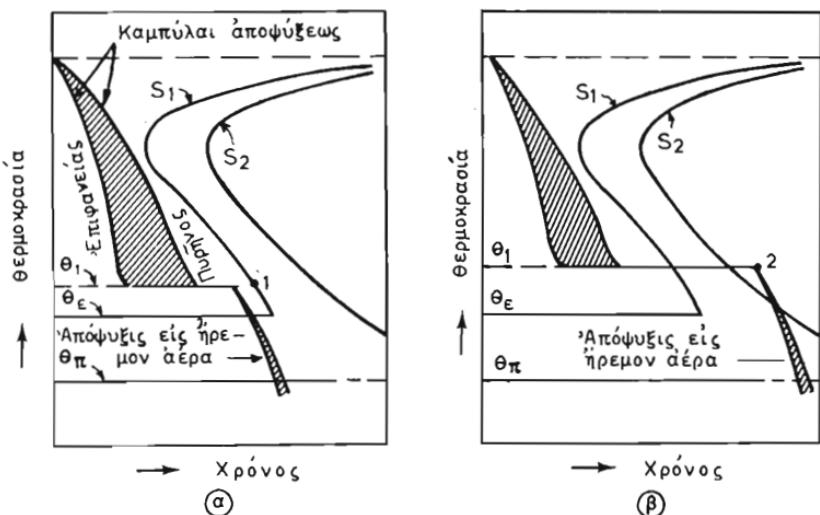
— Ἐκλέγομεν χαλυβόκραμα μὲ μικράν κρίσιμον ταχύτητα βαφῆς καὶ

— ἐφαρμόζομεν τὴν λεγομένην κλιμακιστὴν βαφήν, μὲ τὴν ὅποιαν καὶ θὰ ἀσχοληθῶμεν εὐθὺς ἀμέσως.

ΣΤ. Κλιμακωτὴ μαρτενσιτικὴ βαφή.

Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν ὑπερβολικὰς τάσεις ἐκ βαφῆς καὶ τὰ δυσμενῆ των ἐπακόλουθα, χρησιμοποιοῦμεν τὸν ἀκόλουθον τρόπον βαφῆς:

Τὸ τεμάχιον, μετὰ τὴν θέρμανσίν του εἰς τὴν κανονικὴν θερμοκρασίαν βαφῆς, ἀποψύχεται ἀποτόμως εἰς λουτρὸν συνήθως τετηγμένου ἀλατος θερμοκρασίας θι μεγαλυτέρας ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν θε [σχ. 19 · 7 δ (α)]. Εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν τὸ τεμάχιον παραμένει τόσον, ώστε νὰ μὴ προφθάσῃ νὰ ἀρχίσῃ διασχή-



Σχ. 19 · 7 δ.

α) Κλιμακωτὴ μαρτενσιτικὴ βαφή. β) Κλιμακωτὴ μπαινιτικὴ βαφὴ (παράστασις εἰς διαγράμματα παρόμοια μὲ ἑκεῖνα τοῦ σχήματος 18 · 3).

ματισμὸς τοῦ ὠστενίτου (σημεῖον 1 τῆς καμπύλης S_1). Κατόπιν ἀφαιρεῖται τὸ τεμάχιον ἀπὸ τὸ λουτρὸν καὶ ἀφήνεται πρὸς σχηματισμὸν μαρτενσίτου νὰ ἀποψύχῃ μεταξὺ τῶν θερμοκρασιῶν θ_c καὶ θ_π . Μὲ τὸ εἶδος αὐτὸ τῆς βαφῆς, τὸ τεμάχιον

ἀποκτᾶ ὁμοιόμορφον θερμοκρασίαν θι, εἰς κατάστασιν ὅμως ὡστενίτου καὶ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἡ ἐπιφάνεια καὶ ὁ πυρήνη τοῦ τεμάχιον μετασχηματίζονται συγχρόνως εἰς μαρτενσίτην, δηλαδὴ τὸ τεμάχιον βάφεται ὁμοιομόρφως.

Ζ. Κλιμακωτὴ μπαινιτικὴ βαφή.

Ἡ θερμικὴ αὐτὴ κατεργασία ἔκτελεῖται, ὅπως καὶ ἡ προηγουμένη, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὸ τεμάχιον παραμένει εἰς τὴν θερμοκρασίαν θι, ἐπὶ τόσον χρόνον, ὃσος χρειάζεται διὰ νὰ μετασχηματισθῇ δλοσχερῶς ὁ ὡστενίτης εἰς μπαινίτην ἡ λεπτόκοκκον περλίτην ἀναλόγως τῆς θερμοκρασίας θι [σημείον 2, πέρα τῆς καμπύλης S₂ τοῦ σχήματος 19 · 7 δ (β)]. Ὁπως βλέπουμεν, πρόκειται περὶ ἴσοθέρμου βαφῆς, ὅπως διεξοδικῶς τὴν ἀνελύσαμεν εἰς τὴν παράγραφον 18 · 2 (σχ. 18 · 2 β)

Ἡ θερμοκρασία θι, εύρισκεται συνήθως μεταξὺ 4500°C καὶ θε., ἡ ὅποια ἔξαρταται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ χάλυβος. Ἡ ἀπόψυξις μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος γίνεται εἰς ἥρεμον ἀέρα.

Ἡ κλιμακωτὴ μπαινιτικὴ βαφὴ μᾶς δίδει τὴν δυνατότητα νὰ λάβωμεν χάλυβα μὲ παρομοίας μηχανικὰς ιδιότητας πρὸς ἑκείνον, ὁ ὅποιος προκύπτει μετὰ ἀπὸ βαφὴν καὶ ἐπαναφορὰν (παράγρ. 19 · 8). Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ἡ δραστικὴ βαφὴ τοῦ χάλυβος μὲ τὰ δυσμενῆ τῆς ἐπακόλουθα. Χρησιμοποιεῖται ἐπιτυχῶς εἰς τεμάχια μὲ πολύπλοκα σχήματα, ποὺ εὔκόλως στρεβλώνονται ἡ ἀποκτοῦντα ρωγμάς κατὰ τὴν συνήθη βαφήν.

19 · 8 Ἐπαναφορά.

Ἐπαναφορὰν ἔχομεν, ὅταν ὁ χάλυψ, μετὰ ἀπὸ βαφήν:

α) Ἀναθερμανθῆ εἰς ὡρισμένην ἑκάστοτε θερμοκρασίαν (*θερμοκρασίαν ἐπαναφορᾶς*), χαμηλοτέραν ὅπωσδήποτε τοῦ κατωτέρου κρισίμου σημείου, δηλαδὴ τῶν 723° C καὶ ἀνωτέραν συνήθως τῆς θερμοκρασίας ἐνάρξεως σχηματισμοῦ τοῦ μαρτενσίτου θε. (σχ. 19 · 7α).

β) Παραμείνη εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον καὶ

γ) ἀποψυχθῆ εἰς τὸν ἐλεύθερον ἥρεμον ἀέρα μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

Σκοπὸς τῆς ἐπαναφορᾶς είναι ἡ πρόσδοσις βελτιωμένων μηχανικῶν ιδιοτήτων εἰς τὸν βαμμένον χάλυψα καὶ ἡ ἀπαλλαγὴ του ἀπὸ τὰς σοβαρὰς ἐσωτερικὰς τάσεις, ποὺ παραμένουν μετὰ τὴν βαφὴν [παράγρ. 19 · 7 (Ε)].

Α. Μετασχηματισμὸς τοῦ μαρτενσίτου κατὰ τὴν ἐπαναφοράν.

Ο βαμμένος χάλυψ ἐπαναφέρεται διὰ τοὺς ἔξης λόγους:

α) Ὁπως ἡδη γνωρίζομεν (παράγρ. 18 · 2), ὁ χάλυψ μετὰ τὴν βαφὴν ἀποκτᾶ κρυσταλλικὴν δομὴν μαρτενσίτου μὲ ἀναλόγως

μικρὸν ποσοστὸν ὑπολειπομένου ὡστενίτου. Εἰς τὴν κατάστασιν αὐτὴν ὁ χάλυψ εἶναι πολὺ σκληρὸς μὲν ψηλὰς τιμὰς τοῦ δρίου θραύσεως καὶ τοῦ δρίου ἐλαστικότητος (Κεφάλ. 6). "Εχει ἀσήμαντον πλαστικότητα καὶ ἀπαράδεκτον δυσθραυστότητα. Ἐπίσης αἱ παραμένουσαι ἐσωτερικαὶ τάσεις εἶναι ύψηλαί. 'Ο χάλυψ συνεπῶς εἰς τὴν κατάστασιν αὐτὴν εἶναι ἀκατάλληλος διὰ βιομηχανικὴν χρῆσιν, ἐκτὸς περιπτώσεων, εἰς τὰς ὅποιας ἀπαιτεῖται μόνον ἔξαιρετικὴ σκληρότης τοῦ τεμαχίου.

β) 'Ο μαρτενσίτης, ὁ ὅποιος, ὅπως εἶδομεν εἰς τὴν παράγραφον 18 · 2, εἶναι φερρίτης (*α-σίδηρος*) ὑπερκορεσμένος εἰς ἄνθρακα, καὶ ὁ ὑπολειπόμενος ὡστενίτης εὐρίσκονται, ὅπως λέγομεν, εἰς κατάστασιν ἀσταθείας εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος. "Εχουν συνεπῶς τάσιν νὰ ἐπανέλθουν εἰς κατάστασιν εὐσταθείας, πρᾶγμα ποὺ ἐκδηλώνεται εὐθὺς ὡς ἡ θερμοκρασία τοῦ χάλυβος ύψωθῇ καὶ λάβῃ ὠρισμένας τιμάς, ὅπως θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

"Εχει παρατηρηθῇ ὅτι κατὰ τὴν ἀναθέρμανσιν βαμμένου ἄνθρακούχου ἐν γένει χάλυβος ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας τῶν 100° C περίπου μέχρι τῶν 723° C (κρίσιμον σημεῖον A₁) γίνονται προοδευτικῶς τεσσάρων εἰδῶν μετασχηματισμοὶ εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν του, οἱ ἔξης:

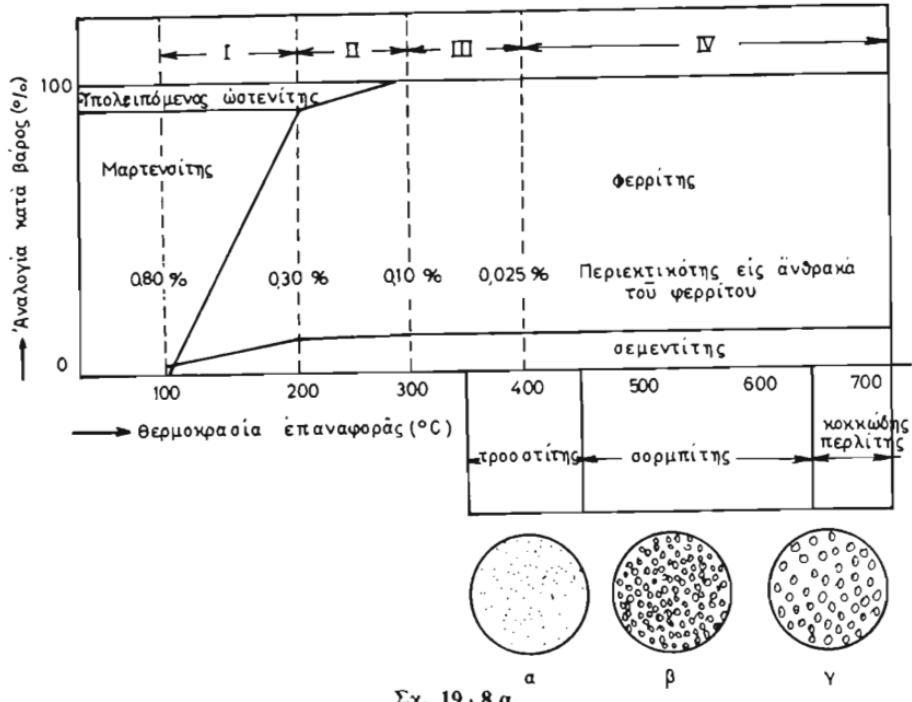
- 'Αποχωρίζονται τὰ ἐπὶ πλέον ἀτομα τοῦ ἄνθρακος, ποὺ ἀναγκαστικῶς παραμένουν εἰς τὸ πλέγμα τοῦ μαρτενσίτου.
- Διασπᾶται ὁ ὑπολειπόμενος ὡστενίτης.
- Σχηματίζεται σεμεντίτης εἰς μικροσκοπικὰ τεμαχίδια καὶ
- συσσωματώνεται ὁ σεμεντίτης καὶ αὐξάνεται τὸ μέγεθος τῶν κόκκων.

Καὶ πράγματι, κατὰ τὴν ἀναθέρμανσιν τοῦ χάλυβος παρατηροῦμεν προοδευτικῶς τὰ ἀκόλουθα:

1) *'Αναθέρμανσις ἀπὸ 100° C μέχρι 200° C (περιοχὴ I — σχ. 19 · 8 a).*

Σχηματίζονται ὑπομικροσκοπικὰ τεμαχίδια καρβιδίων (χημικὴ ἔνωσις σιδήρου-ἄνθρακος), ποὺ δὲν ἔχουν ἀκόμη ἀκριβῶς τὴν χημικὴν σύνθεσιν τοῦ σεμεντίτου (Fe_3C), καὶ εἶναι ἀόρατα διὰ τοῦ μεταλλογραφικοῦ μικροσκοπίου. Τὰ καρβιδία αὐτὰ σχηματίζονται ἐκ τῶν ἀτόμων τοῦ ἄνθρακος, τὰ ὅποια προοδευτικῶς ἔξερχονται ἀπὸ τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ μαρτενσίτου, ὅπου είχον ἐγκλεισθῆ κατὰ

τὸν σχηματισμόν του. Συνεπῶς τὸ πλέγμα τοῦ μαρτενσίτου ἀπὸ χωροκεντρωμένον τετραγωνικὸν (παράγρ. 18 · 2) τείνει νὰ λάβῃ τὴν μορφὴν τοῦ κανονικοῦ πλέγματος τοῦ φερρίτου, δηλαδὴ τὸ χωροκεντρωμένον κυβικὸν (Κεφάλ. 16).



Σχ. 19 · 8 α.

Διάγραμμα μετασχηματισμῶν τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς βαμμένου ἀνθρακούχου χάλυβος κατά τὴν έπαναφοράν του. Ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ τροοστίτου, σορμπίτου καὶ κοκκώδους περλίτου φαίνεται σχηματικῶς εἰς τοὺς κύκλους α, β καὶ γ ἀντιστοίχως.

‘Ο χάλυψ εἰς τοὺς 200°C ἀποτελεῖται ἀπὸ φερρίτην, δ ὁποῖος διστηρεῖ ἀκόμη εἰς τὸ πλέγμα του ἄνθρακα ἐπὶ πλέον τοῦ κανονικοῦ ($0,30\%$ ἀντὶ $0,025\%$), ἀπὸ ύπομικροσκοπικὰ τεμαχίδια καρβιδίων καὶ ἀπὸ τὸν ύπολειπόμενον ώστενίτην. Ἐδῶ πρέπει νὰ τονίσωμεν ὅτι ὁ πρῶτος αὐτὸς μετασχηματισμός, ποὺ πραγματοποιεῖται ἐντατικῶς εἰς τὴν περιοχὴν ἀναθερμάνσεως ἀπὸ 100°C ἕως 200°C , συνεχίζεται καὶ εἰς τὰς περιοχὰς II (200°C ἕως 300°C) καὶ III (300°C ἕως 400°C) τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 19 · 8 α, μὲ ἐλαττουμένην ὅμως ἔντασιν, σταματᾶ δὲ εἰς τοὺς 400°C περίπου, ὅπου ὁ φερρίτης χάνει

όλοσχερῶς τὸν ἐπὶ πλέον ἄνθρακα καὶ ἀποκτᾶ τὸ κανονικόν του κρυσταλλικὸν πλέγμα.

Εἰς τοὺς 200° C ἔχει μερικῶς ἀπαλλαγὴ ἀπὸ τὰς παραμενούσας ἐσωτερικὰς τάσεις.

2) Ἀναθέρμανσις ἀπὸ 200° C μέχρι 300° C (περιοχὴ II – σχ. 19 · 8 α).

Μὲ ἀναθέρμανσιν τοῦ βαμμένου χάλυβος εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν θερμοκρασιῶν, ὁ ὑπολειπόμενος ὥστενίτης διασπᾶται εἰς φερρίτην μὲ μεγαλυτέραν ὅμως περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα ἀπὸ τὴν κανονικὴν καὶ εἰς καρβίδιον. Ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ χάλυβος εἰς τοὺς 300° C ἀποτελεῖται ἀπὸ φερρίτην, μὲ ἄνθρακα ὅμως $0,10\%$ ἀντὶ $0,025\%$ τοῦ κανονικοῦ καὶ ἀπὸ καρβίδια εἰς ὑπομικροσκοπικὰ ἀκόμη τεμαχίδια.

3) ለΑναθέρμανσις ἀπὸ 300° μέχρι 400° C (περιοχὴ III - σχ. 19 · 8 α).

Τὰ καρβίδια σχηματίζουν ἐντατικῶς σεμεντίτην εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν θερμοκρασιῶν. Μερικῶς σχηματίζεται σεμεντίτης καὶ εἰς τὰς περιοχὰς I καὶ II. Τὰ τεμαχίδια τοῦ σχηματιζομένου σεμεντίτου ἀποκτοῦν μεγαλύτερον μέγεθος. Εἰς τοὺς 400° C περίπου ὁ φερρίτης ἀποκτᾶ τὸ κανονικόν του κρυσταλλικὸν πλέγμα.

4) ለΑναθέρμανσις ἀπὸ 400° C μέχρις 723° C (περιοχὴ IV - σχ. 19 · 8 α).

Ο σεμεντίτης συσσωματώνεται καὶ κατὰ συνέπειαν αὐξάνεται τὸ μέγεθος τῶν κόκκων του. Εἰς τοὺς 500° C περίπου τὰ τεμαχίδια τοῦ σεμεντίτου γίνονται διὰ τοῦ μεταλλογραφικοῦ μικροσκοπίου.

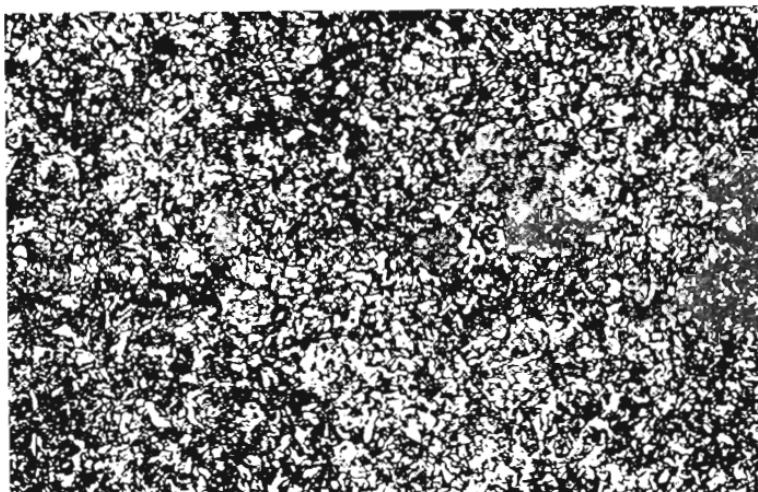
“Οταν ἡ θερμοκρασία ἐπαναφορᾶς φθάσῃ εἰς τοὺς 700° C περίπου, τότε ὁ χάλυψ ἀποκτᾶ κρυσταλλικὴν δομὴν κοκκώδους περλίτου, δηλαδὴ μὲ τὸν σεμεντίτην ὑπὸ μορφὴν σφαιριδίων.

Ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ βαμμένου ἄνθρακούχου χάλυβος μετὰ ἀπὸ ἐπαναφορὰν ἀπὸ 350° C ἕως 450° C ὁνομάζεται τροοστίτης, ἐνῶ μετὰ ἀπὸ ἐπαναφορὰν ἀπὸ 450° C μέχρις 650° C ὁνομάζεται σορμπίτης.

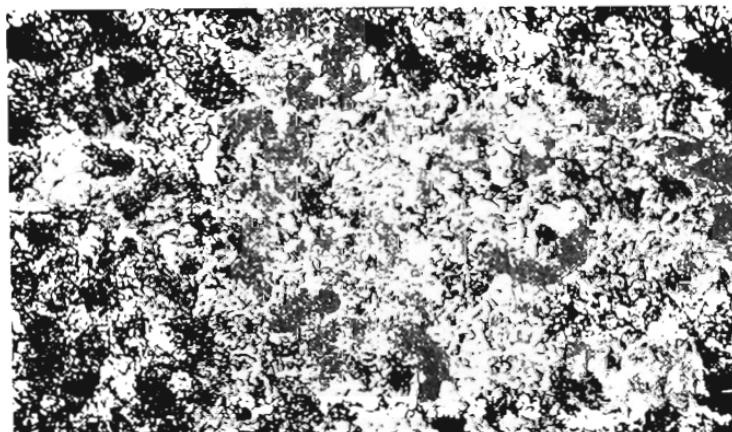
Ο τροοστίτης ἔχει μεγαλυτέραν δυσθραυστότητα ἀπὸ τὸν μαρτενσίτην, μικροτέραν ὅμως σκληρότητα καὶ ἀντοχήν.

Ο σορμπίτης ἔχει μικροτέραν ἀκόμη ἀντοχὴν συγκρινόμενος μὲ τὸν τροοστίτην, ἔχει ὅμως μεγαλυτέραν δυσθραυστότητα.

Εἰς τὸ σχῆμα 19 · 8 β φαίνεται ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ ἄνθρακούχου χάλυβος μὲ περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα $0,60\%$ μετὰ ἀπὸ ἐπαναφορὰν εἰς διαφόρους θερμοκρασίας.



(a)



(b)

Σχ. 19 · 8 β.

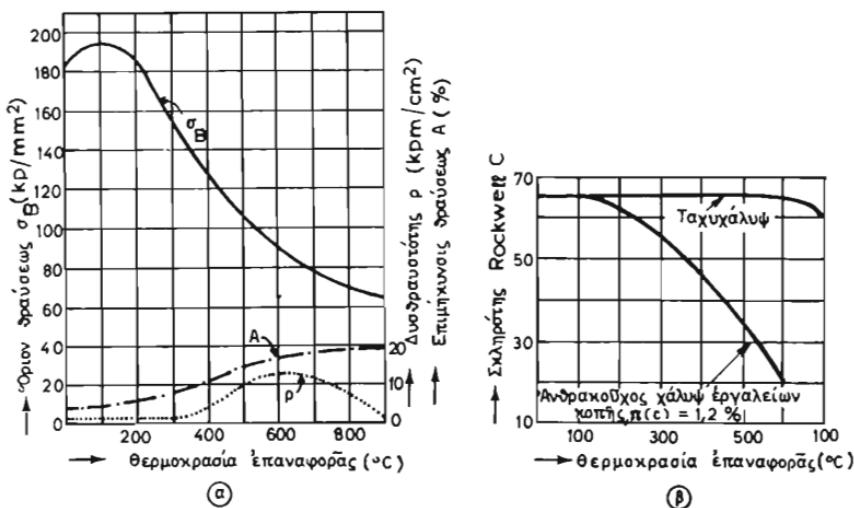
- α) Βαμμένος άνθρακουχος χάλυψ με 0,60% άνθρακα μετά έπαναφοράν εις 400° C· ἐπί μίαν ώραν. Κρυσταλλική δομή τροοστίτου. Αἱ λευκαὶ περιοχαὶ είναι φερρίτης. Αἱ μαύραι περιοχαὶ ύπομικροσκοπικὰ τεμαχίδια σεμεντίτου. Μεγέθυνσις - 250
 β) Βαμμένος άνθρακουχος χάλυψ με 0,60% άνθρακα μετά έπαναφοράν εις 600° C· ἐπί μίαν ώραν. Κρυσταλλική δομή σορμπίτου. Αἱ περιοχαὶ φερρίτου πλέον εύδιάκριτοι καὶ μεγαλύτεραι. Αἱ μαύραι περιοχαὶ δεικνύουν συσσωματωμένον σεμεντίτην εις μητρικὸν βάθος (φόντο) φερρίτου. Μεγέθυνσις - 250.

Β. Μεταβολαὶ εἰς τὰς μηχανικὰς ἴδιοτητας τοῦ βαμμένου χάλυβος μετά ἐπαναφοράν.

Ο βαμμένος χάλυψ, ὡς γνωστόν, χαρακτηρίζεται ἀπὸ ύψη λήγου σκληρότητα καὶ ἀπὸ ἔξαιρετικῶς χαμηλὴν δυσθραυστότητα καὶ πλαστικότητα.

Μετὰ τὴν ἐπαναφοράν, αἱ μηχανικαὶ ἴδιοτητες τοῦ βαμμένου χάλυβος μεταβάλλονται σημαντικῶς. Γενικῶς, δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν, ὅτι ἡ σκληρότης καὶ ἡ ἀντοχὴ του εἰς ἐφελκυσμὸν ἐλαττώνονται, ἐνῶ ἡ πλαστικότης καὶ ἡ δυσθραυστότης του αὔξανονται.

Εἰς τὸ σχῆμα 19·8 γ φαίνεται πῶς μεταβάλλονται αἱ μηχανικαὶ ἴδιοτητες ἀνθρακούχων χαλύβων συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς.



Σχ. 19·8 γ.

α) Μεταβολὴ τῶν μηχανικῶν ἴδιοτήτων (σ_B , $A\%$ καὶ ρ) ἀνθρακούχου χάλυβος μὲ $\pi(C) = 0,45\%$ συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς. β) Μεταβολὴ τῆς σκληρότητος ἀνθρακούχου χάλυβος μὲ $\pi(C) = 1,20\%$ συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς.

Τὸ ὄριον θραύσεως λαμβάνει μεγίστην τιμὴν εἰς θερμοκρασίαν περίπου 1000°C διὰ τὸν ἔξεταζόμενον χάλυβα [σχ. 19·8 γ(α)] καὶ κατόπιν ἀρχίζει προοδευτικῶς νὰ ἐλαττώνεται μὲ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς. Τοῦτο ἔχειται ἀπὸ τὸ γεγονὸς ὅτι μὲ τὴν ἀνα-

θέρμανσιν τοῦ χάλυβος, εστω καὶ εἰς τὴν χαμηλὴν θερμοκρασίαν τῶν 100°C , ἀπαλείφονται ίσχυραὶ ἐσωτερικαὶ τάσεις, αἱ ὅποιαι ἔξασκοῦν δυσμενῆ ἐπίδρασιν ἐπὶ τοῦ ὄριου θραύσεως τοῦ χάλυβος.

Ἄξιον προσοχῆς εἶναι ἐπίσης τὸ ὅτι ἡ δυσθραυστότης δὲν λαμβάνει τὴν μεγίστην της τιμὴν εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ κρισίμου σημείου A_1 , ὅπως θὰ ἀνεμένετο, ἀλλὰ εἰς χαμηλοτέραν θερμοκρασίαν (εἰς 600°C περίπου εἰς τὴν περίπτωσίν μας). Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἀποδώσωμεν εἰς τὸ ὅτι ἡ αὔξησις τῶν κόκκων τοῦ σεμεντίου, ὅπως ἔχηγήσαμεν προηγουμένως, ἔχει εύνοϊκὴν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς δυσθραυστότητος μέχρις ἐνὸς σημείου. Αὔξησις τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων πέρα τοῦ σημείου αὐτοῦ, δηλαδὴ μὲ περαιτέρω αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας, προξενεῖ πτῶσιν τῆς δυσθραυστότητος.

Ἡ σκληρότης [σχ. 19·8.γ (β)] διὰ τὸν ἀνθρακοῦχον χάλυβα μὲ $\pi(C) = 1,20\%$ μέχρι 250°C μεταβάλλεται ἐλαφρῶς. Πέρα τῆς θερμοκρασίας αὐτῆς ἐλαττώνεται σημαντικῶς μὲ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς.

Γ. Πρακτικαὶ παρατηρήσεις καὶ ὁδηγίαι ἐκτελέσεως τῆς ἐπαναφορᾶς.

1) Ἐφαρμογαὶ τῆς βαφῆς καὶ ἐπαναφορᾶς.

Ἡ βαφὴ ἀκολουθουμένη ἀπὸ ἐπαναφορὰν εύρισκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν πρᾶξιν εἰς δύο κυρίως περιπτώσεις:

α) Eἰς τὰ ἐργαλεῖα κοπῆς.

Τὰ ἐργαλεῖα κοπῆς, ὅπως γνωρίζομεν, πρέπει νὰ ἔχουν πολὺ μεγάλην σκληρότητα, ἐν συνδυασμῷ ὅμως καὶ μὲ παραδεκτὴν δυσθραυστότητα. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν μὲ ἐλαφρὰν ἐπαναφοράν. Ἔτσι, κοπτικὰ ἐργαλεῖα ἀπὸ ἀνθρακοῦχον χάλυβα ἐπαναφέρονται εἰς 160°C ἕως 200°C , ὅταν δὲν ὑπόκεινται εἰς κρούσεις καὶ εἰς 200°C ἕως 300°C , ὅταν κατὰ τὴν λειτουργίαν τῶν ὑπόκεινται εἰς κρούσεις, ὅπως π.χ. εἶναι αἱ μῆτραι (καλούπια), οἱ στιγεῖς (ζουμπάδες) καὶ ἄλλα.

β) Eἰς τὴν ἐπιβελτίωσιν τοῦ χάλυβος.

Τὰ χρησιμοποιούμενα εἰς τὴν πρᾶξιν πτοικίλα στοιχεῖα μηχανῶν διὰ νὰ ἐκτελέσουν τὸν προορισμόν των, πρέπει νὰ ἔχουν ὥρισμένας μηχανικὰς ιδιότητας. Ἰδιαίτέρως, εἰς πολλὰς περιπτώσεις ἀπαιτεῖται τὸ τεμάχιον νὰ ἔχῃ πλήν τῆς ἀπαιτουμένης μηχανικῆς ἀντοχῆς καὶ ίκανοποιητικὴν δυσθραυστότητα, ὅταν μάλιστα τοῦτο καταπονῆται

καὶ εἰς κροῦσιν. Ὁ συνδυασμὸς αὐτὸς μηχανικῶν ίδιοτήτων ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν λεγομένην ἐπιβελτίωσιν τοῦ χάλυβος.

Ἡ ἐπιβελτίωσις εἶναι σύνθετος θερμικὴ κατεργασία. Συνίσταται εἰς βαφήν, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ ἐπαναφορά, εἰς μεγάλην ὅμως θερμοκρασίαν, ὡστε ὁ χάλυψ νὰ ἀποκτήσῃ κρυσταλλικήν δομὴν σορμπίτου [σχ. 19 · 8 β (β)].

Εἰς τὸ σχῆμα 19 · 8 γ (α) παρατηροῦμεν, ὅτι δι’ ἀνθρακοῦχον χάλυβα μὲ $\pi(C) = 0,45\%$ εἰς τὴν περιοχὴν θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς ἀπὸ περίπου 5000°C μέχρι 7000°C ἔχομεν ηὔξημένην δυσθραυστότητα. Εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν θερμοκρασίας θὰ πρέπει νὰ γίνη ἡ ἐπιβελτίωσις τοῦ χάλυβος αὐτοῦ.

Ἡ ἐπιβελτίωσις εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας, εἰς μεγαλυτέραν ὅμως ἔκτασιν εἰς τὰ χαλυβοκράματα.

2) Θέρμανσις τῶν τεμαχίων πρὸς ἐπαναφοράν.

Ἡ ἐπαναφορὰ ἐκτελεῖται συνήθως εἰς κλιβάνους τύπου παρτίδος (παράγρ. 19 · 10) κατὰ δύο τρόπους: Κατὰ τὸν πρῶτον τρόπον τὰ τεμάχια ἐμβαπτίζονται ἐντὸς ἐλαιολούτρων ἢ ἀλατολούτρων (λουτρῶν τετηγμένων ὀλάτων). Τὰ ἐλαιόλουτρα δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἰς τὴν κατωτέραν περιοχὴν θερμοκρασίῶν (μέχρι περίπου 2500°C), ἐνῶ τὰ ἀλατόλουτρα εἰς τὴν ἀνωτέραν περιοχὴν θερμοκρασίῶν ἀνοπτήσεως. Γενικῶς, τὰ λουτρὰ (ἐλαίου ἢ ὀλάτων) παρουσιάζουν τὸ πλεονέκτημα τῆς ὄμοιοιμόρφου μεταδόσεως τῆς θερμότητος εἰς τὰ πρὸς ἐπαναφορὰν τεμάχια. Τὰ λουτρὰ ἔχουν ἐπίσης μεγάλην θερμοχωρητικότητα, μὲ ἀποτέλεσμα ταχεῖαν θέρμανσιν τῶν τεμαχίων.

Στοιχεῖα ἐπὶ τῶν χρησιμοποιουμένων λουτρῶν ἐπαναφορᾶς δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 19 · 10 · 1.

Κατὰ τὸν δεύτερον τρόπον, τὰ πρὸς ἀνόπτησιν τεμάχια τοποθετοῦνται εἰς κλιβάνουν ἐπαναφορᾶς μὲ ἔξηναγκασμένην κυκλοφορίαν τοῦ ἀέρος διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως καταλλήλων ἀνεμιστήρων. Ὁ ἀήρ θερμαίνεται συνήθως μὲ τρόπον ἡλεκτρικὸν καὶ διέρχεται μέσω εἰδικῶν κανίστρων, εἰς τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται τὰ τεμάχια. Καὶ ὁ τρόπος αὐτὸς θερμάνσεως δίδει ὄμοιόμορφον κατανομὴν τῆς θερμοκρασίας ἐντὸς τοῦ κλιβάνου, χρησιμοποιεῖται δὲ μέχρι τοὺς 650°C περίπου. Ἡ θερμοκρασία τοῦ κλιβάνου δύναται εὐκόλως νὰ μεταβληθῇ, ἀλλὰ καὶ νὰ ἐλεγχθῇ μέσω θερμοστάτου.

“Οπως εἴδομεν εἰς τὰ προηγούμενα, ἡ θερμοκρασία ἐπαναφορᾶς ἔχει μεγάλην σημασίαν διὰ τὸν μετασχηματισμὸν τοῦ μαρτενσίτου καὶ κατὰ συνέπειαν ἔξ αὐτῆς ἔξαρτῶνται σημαντικῶς αἱ μηχανικαὶ ίδιοτήτες, ποὺ ἀποκτᾶ ὁ χάλυψ μετὰ τὴν ἐπαναφοράν. Θὰ πρέπει, κατὰ συνέπειαν, νὰ δίδεται ἔξαιρετικὴ σημασία εἰς τὸν μὲ ἀκρίβειαν ἐλεγχὸν τῆς θερμοκρασίας. Πρὸς τοῦτο, συνηθέστερον, χρησιμοποιοῦνται θερμολεκτρικὰ πυρόμετρα, δυνατὸν ὅμως νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ πυρόμετρα ἀκτινοβολίας.

Μικροτέραν ἀκρίβειαν μᾶς δίδει ἡ μέθοδος μετρήσεως τῆς θερμοκρασίας δι' ὅπτικῆς ἐκτιμήσεως τοῦ χρωματισμοῦ. Ἡ μέθοδος αὐτὴ ἀναπτύσσεται εἰς τὴν παράγραφον 19 · 1, ὅπου καὶ ἀναφέρονται οἱ χρωματισμοί, τοὺς ὅποιους λαμβάνει ἀνθρακοῦχος χάλυψ ἢ πτωχὸν χαλυβόκραμα θερμαινόμενον ἀπὸ 220⁰ C ἕως 3250 C.

Τονίζεται ιδιαιτέρως, ὅτι κατὰ τὴν ἑκτίμησιν τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς, ἐντὸς τῶν ὄριών πού ἀνεφέραμεν, πρέπει νά ἔχωμεν ὑπ' ὅψει, ὅτι οἱ χρωματισμοί αὐτοὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς ἀναφερομένας θερμοκρασίας κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ λεπτοῦ στρώματος δξειδίου καὶ ἐπὶ χρόνον 2 ἢ 3 min μόνον. Ἐὰν ἡ παρατήρησις τοῦ χρωματισμοῦ γίνη μετὰ μακρότερον χρόνου, τότε ὁ παρατηρούμενος χρωματισμὸς θὰ ἀντιστοιχῇ εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν.

Σημαντικὴν ἐπίδρασιν ἔπι τῶν μηχανικῶν ἰδιοτήτων τοῦ χάλυβος μετὰ τὴν ἐπαναφορὰν ἀσκεῖ καὶ ὁ χρόνος παραμονῆς του εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἐπαναφορᾶς. Γενικῶς δυνάμεθα νά διαπιστώσωμεν, ὅτι τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα είναι δυνατὸν νά ἐπιτευχθῇ εἴτε μὲ θέρμανσιν τοῦ τεμαχίου ἔπι βραχύτερον χρόνον εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν ἐπαναφορᾶς εἴτε μὲ θέρμανσίν του ἔπι μακρότερον χρόνον εἰς χαμηλοτέραν θερμοκρασίαν ἐπαναφορᾶς. Ἐπὶ παραδείγματι, διὰ νά ἐπιτύχωμεν εἰς ἀνθρακοῦχον χάλυβα μὲ $\pi(C) = 0,80\%$ σκληρότητα 45 Rockwell C, θὰ πρέπει νά τὸν ἐπαναφέρωμεν:

εἰς θερμοκρασίαν 4000 C	ἔπι 10 h,
εἰς θερμοκρασίαν 4500 C	ἔπι 20 min καὶ
εἰς θερμοκρασίαν 5000 C	ἔπι 3 min

Ἐδῶ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θέρμανσις ἔπι βραχὺ χρονικὸν διάστημα (ἔπι 3 min) παρουσιάζει δυσκολίας εἰς τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου αὐτοῦ μὲ ἀκρίβειαν. Ἡ παρατεταμένη θέρμανσί του (ἔπι 10 ὥρας) είναι ἀσύμφορος, διότι τὸ κόστος τῆς κατεργασίας γίνεται ὑψηλόν. Ἡ βελτίστη, συνεπῶς, λύσις εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν είναι ἡ ἐπαναφορὰ τοῦ χάλυβος εἰς θερμοκρασίαν 4500 C ἔπι 20 min.

19 · 9 Ἐπιφανειακή σκλήρωσις τῶν χαλύβων.

A. Γενικά.

Πολλὰ τεμάχια κατὰ τὴν λειτουργίαν των ἀπαιτεῖται νά ἔχουν σκληρὰν ἐπιφάνειαν, πού νά ἀντέχῃ εἰς τὴν φθοράν, καὶ συγχρόνως πυρῆνα μὲ ἵκανοποιητικὴν ἀντοχὴν καὶ δυσθραυστότητα. Τυπικὸν παράδειγμα τεμαχίου αὐτοῦ τοῦ εἶδους είναι ὁ πεῖρος, πού συνδέει τὸν διωστῆρα μὲ τὸ ἔμβολον εἰς μηχανὴν ἐσωτερικῆς καύσεως. Κατὰ τὴν φάσιν τῆς ἀναφλέξεως εἰς τὸν ἀντίστοιχον κύλινδρον τῆς μηχανῆς καὶ διὰ βραχὺ χρονικὸν διάστημα, ὁ πεῖρος καταπονεῖται μὲ φορτίον κρουστικῆς μορφῆς. Ἐξ αὐτοῦ προκύπτει ὅτι ὁ πεῖρος πρέπει νά είναι κατεσκευασμένος ἀπὸ χάλυβα μὲ μεγάλην δυσθραυστότητα. Συγχρόνως, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ πείρου χρειάζεται νά ἔχῃ μεγάλην σκληρότητα,

διὰ νὰ μὴ φθείρεται λόγω τῆς τριβῆς μὲ τὸ ἔδρανον τοῦ διωστῆρος.

‘Ο συνδυασμὸς ἀντοχῆς καὶ δυσθραυστότητος τοῦ πυρῆνος ἀφ’ ἐνὸς καὶ σκληρότητος τῆς ἐπιφανείας ἀφ’ ἐτέρου ἐπιτυγχάνεται μὲ μίαν ἀπὸ τὰς ἔξης μεθόδους:

α) Τὴν ἐνανθράκωσιν, θερμοχημικὴν κατεργασίαν, κατὰ τὴν ὅποιαν ἡ ἐπιφανειακὴ στιβάς (ζώνη) πτωχοῦ εἰς ἄνθρακα (κάτω τοῦ 0,20%) χάλυβος ἐμποτίζεται μὲ ἄτομα ἄνθρακος. Ἡ κατεργασία αὐτὴ ἀκολουθεῖται ἀπὸ συνδυασμὸν θερμικῶν κατεργασιῶν διὰ τὴν σκλήρωσιν τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος τοῦ τεμαχίου καὶ τὴν ἐκλέπτυνσιν τῶν κόκκων τῆς ἐπιφανείας καὶ τοῦ πυρῆνος του (αὔξησις τῆς δυσθραυστότητος), ὅπως λεπτομερέστερον θὰ ἴδωμεν εἰς τὰ ἐπόμενα.

β) Τὴν ἐναζώτωσιν, θερμοχημικὴν ἐπίσης κατεργασίαν, κατὰ τὴν ὅποιαν προστίθεται εἰς τὴν ἐπιφανειακὴν στιβάδα τοῦ τεμαχίου ἄζωτον, ποὺ σχηματίζει πολὺ σκληρὰς χημικὰς ἐνώσεις μὲ τὸν σίδηρον (σιδηρονιτρίδιον, Fe_4N). Τὸ τεμάχιον κατασκευάζεται ἀπὸ εἰδικὸν χάλυβα ἐναζωτώσεως. Δὲν ἀπαιτοῦνται θερμικαὶ κατεργασίαι μετὰ τὴν ἐναζώτωσιν.

γ) Τὴν ἐνδοκυάνωσιν, θερμοχημικὴν καὶ αὐτὴν κατεργασίαν, κατὰ τὴν ὅποιαν ἡ ἐπιφανειακὴ στιβάς τοῦ τεμαχίου ἐμποτίζεται συγχρόνως μὲ ἄνθρακα καὶ ἄζωτον. Ἡ ἐνδοκυάνωσις ἀκολουθεῖται ἀπὸ κατάλληλον βαφῆν.

δ) Τὴν φλογοβαφὴν καὶ τὴν βαφὴν δι’ ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς. Κατ’ αὐτὰς, τὸ τεμάχιον ἐκ χάλυβος, ὁ ὅποιος ἐπιδέχεται βαφήν, συνήθως μὲ $\pi(C) \geq 0,35\%$, βάφεται ἐπιφανειακῶς εἰς ἐλεγχόμενον βάθος.

“Οπως εἶναι ἐπόμενον, αἱ τρεῖς πρῶται μέθοδοι ἀποτελοῦν θερμοχημικὰς κατεργασίας, ποὺ μεταβάλλουν τὴν χημικὴν σύνθεσιν τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος τῶν τεμαχίων. Μὲ τὴν τελευταίαν μέθοδον δὲν ἀλλάσσει ἡ χημικὴ σύνθεσις τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος τῶν τεμαχίων, ἀλλὰ ἀπλῶς βάφονται αὐτὰ εἰς ἐλεγχόμενον βάθος.

Β. Ἐγανθράκωσις.

‘Η ἐνανθράκωσις βασίζεται εἰς τὴν ἀρχήν, συμφώνως πρὸς τὴν ὅποιαν ὁ χάλυψ εἰς κατάστασιν ὥστενίτου ἐμποτίζεται ἀπὸ ἄτομα ἄνθρακος εἰς θερμοκρασίας συνήθως ἀπὸ 9100 C ἕως 9500 C. Ἀποτελεσμα τῆς ἐμποτίσεως αὐτῆς τοῦ χάλυβος μὲ ἄνθρακα εἶναι ἡ αὔξησις τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητος τῆς ἐπιφανειακῆς του στιβάδος. Ἡ

μεγάλη σκληρότης εἶναι ἀποτέλεσμα καταλλήλου βαφῆς μετὰ τὴν ἐμπότισιν.

Ἡ ἐνανθράκωσις ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν χρησιμοποίησιν κάποιου ἐνανθρακωτικοῦ μέσου ἢ οὐσίας. ὅπως λέγομεν, τὸ ὄποιον δυνατὸν νὰ εἴναι στερεόν, ύγρὸν ἢ ἀέριον. Κατωτέρω θὰ περιγράψωμεν τὸν τρόπον, κατὰ τὸν ὄποιον γίνεται ἡ ἐνανθράκωσις, ἀναλόγως τοῦ ἐνανθρακωτικοῦ μέσου ποὺ χρησιμοποιοῦμεν.

1) Στερεά ἐνανθρακωτικὰ μέσα.

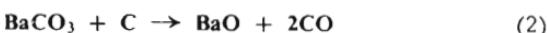
Τὰ πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμάχια τοποθετοῦνται μετὰ τοῦ ἐνανθρακωτικοῦ μέσου ἑντὸς καταλλήλου πυριμάχου μεταλλικοῦ δοχείου, συνήθως ἀπὸ χάλυβα ἀντοχῆς εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας [ταράγρ. 21 · 4 (B)]. Τὰ τεμάχια δέν πρέπει νὰ ἐφάπτωνται, ἀλλὰ νὰ ἀπέχουν μεταξύ των κατὰ 30 ἔως 50 mm. Τὸ κιβώτιον μετὰ τοῦ περιεχομένου του κλείεται ἀεροστεγῶς καὶ εἰσάγεται εἰς κατάλληλον κλίβανον, συνήθως τύπου μερίδος (παράγρ. 19 · 10). Ἡ θερμοκρασία τοῦ κλίβανου διατηρεῖται ἀρχικῶς εἰς 700° C. Θερμάνεται ἀκολούθως μέχρι τῆς θερμοκρασίας ἐνανθρακώσεως (910° ἔως 950° C.). Εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν τὰ τεμάχια παραμένουν ἐπὶ ὥρισμένον χρονικὸν διάστημα, τὸ ὄποιον ἔχαρταται ἀπὸ τὸ ἐπιθυμητὸν βάθος ἐνανθρακώσεως.

Ως στερεόν ἐνανθρακωτικὸν μέσον χρησιμοποιεῖται συνήθως μίγμα εἰς κόνιν ἀποτελούμενον ἀπὸ 60% ἔως 90% χυλάνθρακα καὶ ἀπὸ 40% ἔως 10% ἀνθρακικὸν βάριον ($BaCO_3$) ἀντιστοίχως. Εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ καὶ ἀνθρακικὸν νάτριον ($NaCO_3$) ἀντὶ τοῦ ἀνθρακικοῦ βαρίου. "Οπως θὰ ἀναπτύξωμεν κατωτέρω τὸ μίγμα αὐτὸν εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς ἐνανθρακώσεως ἀποδίδει μονοχειδίον τοῦ ἀνθρακος (CO), τὸ ὄποιον ἀποτελεῖ καὶ τὸ πραγματικῶς ἐνανθρακωτικὸν μέσον.

Ἄπὸ τὸ σχηματιζόμενον μονοχειδίον τοῦ ἀνθρακος εἰς τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν τῆς ἐνανθρακώσεως καὶ παρουσίᾳ τοῦ σιδήρου ἀποδεσμεύονται ἀτομα ἀνθρακος, συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἀντιδρασιν (1) μὲ σύγχρονον παραγωγὴν διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος (CO_2):



Ο παραγόμενος ἀνθραξ εἰς ἀ:ομικήν κατάστασιν (χωρὶς νὰ ἔχῃ ἀκόμη σχηματισθῆ τὸ μόριόν του) διεισδύει εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος τοῦ χάλυβος, πού, ὅπως ἀνεφέραμεν, εύρισκεται εἰς κατάστασιν ὠστενίτου. Ἔν τῷ μεταξύ, τὸ ἀνθρακικὸν βάριον ἀντιδρᾶ μὲ ἀτομα ἀνθρακος ἐκ τοῦ χρησιμοποιουμένου χυλάνθρακος (ἐνανθρακωτικοῦ μέσου) καὶ ἀποδεσμεύει περισσότερον μονοχειδίον τοῦ ἀνθρακος, ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὴν χημικὴν ἀντιδρασιν (2):

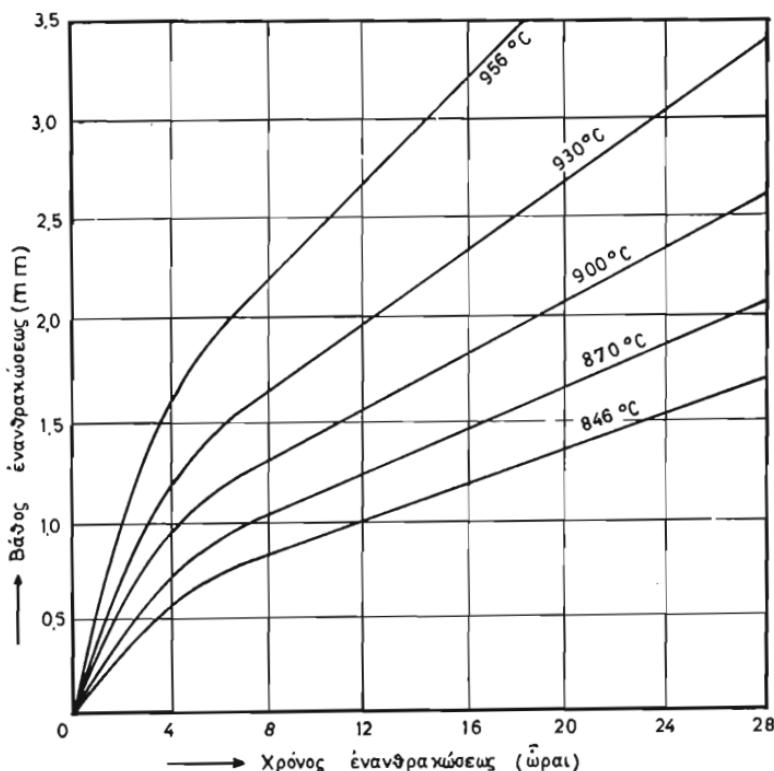


Τὸ ἀνθρακικὸν βάριον ἀναγεννᾶται ἐκ τῆς ἀντιδράσεως τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος καὶ τοῦ διειδίου τοῦ βαρίου, πού ἀποδεσμεύονται κατὰ τὰς ἀντιδράσεις (1) καὶ (2), ὡς ἀκολούθως:



Μετὰ τὴν συμπλήρωσιν τῆς ἐνανθρακώσεως τὰ τεμάχια ἀποσύρονται ἀπὸ τὸν κλίβανον καὶ ἀφίνονται νὰ ἀποψυχθοῦν ἡρέμως εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ἢ βάφονται, ἀναλόγως τοῦ εἰδους τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν, ποὺ θὰ ἀκολουθήσουν τὴν ἐνανθράκωσιν, ὅπως θὰ ἀναφέρωμεν εἰς τὰ ἔπομενα.

Τὸ βάθος ἐνανθρακώσεως ἔξαρταται ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν ἐνανθρακώσεως καὶ ἀπὸ τὸν χρόνον παραμονῆς τῶν τεμαχίων εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν (χρόνος ἐνανθρακώσεως), ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 19 · 9 α. Ἐξαρτᾶται ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν εἰς ἀνθρακα περιεκτικότητα τοῦ χάλυβος καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος καὶ τὴν ἀναλογίαν τῶν συστατικῶν τοῦ μέσου ἐνανθρακώσεως.



Σχ. 19 · 9 α.

Σχέσις μεταξὺ βάθους ἐνανθρακώσεως - θερμοκρασίας καὶ χρόνου ἐνανθρακώσεως.

Ἄπὸ τὸ σχῆμα 19 · 9 α συνάγομεν ὅτι τὸ βάθος ἐνανθρακώσεως αὔξανεται μὲ αὔξησιν τοῦ χρόνου καὶ τῆς θερμοκρασίας ἐνανθρακώσεως. Ἔτσι, εἰς χρόνον

ένανθρακώσεως 8 ώρῶν π.χ. ἀντιστοιχεῖ βάθος ἐνανθρακώσεως 1,05 πιπ εἰς θερμοκρασίαν 870°C, ἐνῶ εἰς θερμοκρασίαν 930°C ἀντιστοιχεῖ βάθος ἐνανθρακώσεως 1,70 mm.

Ἐπίσης, εἰς θερμοκρασίαν ἐνανθρακώσεως 900°C π.χ. καὶ εἰς χρόνον ἐνανθρακώσεως 5 ώρῶν ἀντιστοιχεῖ βάθος ἐνανθρακώσεως 1,10 πιπ, ἐνῶ εἰς χρόνον ἐνανθρακώσεως 15 ώρῶν καὶ διὰ τὴν αὐτήν θερμοκρασίαν ἐνανθρακώσεως ἀντιστοιχεῖ βάθος ἐνανθρακώσεως 1,75 mm.

Ἄχιον παρατηρήσεως εἶναι ἐπίσης τὸ γεγονός, ὅτι ἡ εἰς ἀνθρακα περιεκτικότης τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος τοῦ ἐνανθρακωμένου τεμαχίου ἐλαττώνεται ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ πρὸς τὸν πυρῆνα. Ἔτσι, εἴναι δυνατὸν νὰ ἔχωμεν διαδοχικῶς ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας πρὸς τὸν πυρῆνα τοῦ τεμαχίου κρυσταλλικὴν δομὴν ὑπερευτηκτοειδοῦς χάλυβος (περλίτην – σεμεντίτην), εὐτήκτοειδοῦς χάλυβος (περλίτην) καὶ ὑποευτηκτοειδοῦς (φερρίτην – περλίτην), μέχρις ὅτου φθάσωμεν εἰς τὴν κανονικὴν δομὴν τοῦ χάλυβος μετὰ τὴν ἐνανθρακωμένην στιβάδα.

Ἡ ἐνανθράκωσις μὲ στερεά ἐνανθρακωτικά μέσα παρουσιάζει τὸ σοβαρὸν μειονέκτημα ὅτι τὸ συνολικὸν κόστος ἐκτελέσεώς της εἴναι ὑψηλὸν ἐν συγκρίσει ἰδιαιτέρως πρὸς τὴν ἐνανθράκωσιν μὲ ἀέρια μέσα. Καὶ τοῦτο, κυρίως, λόγω τοῦ μακροῦ χρόνου πού ἀπαιτεῖται καὶ τοῦ ὑψηλοῦ κόστους συσκευασίας καὶ ἀποσυσκευασίας τῶν πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμαχίων. Μειονεκτεῖ ἐπίσης καὶ εἰς τὸ ὅτι τὰ τεμάχια μετὰ δυσκολίας δύνανται νὰ βαφοῦν ἀμέσως μετὰ τὴν ἐνανθράκωσιν, πρᾶγμα πού συναντᾶται εἰς τὴν πρᾶξιν, ὅπως θά τιδωμεν κατωτέρω.

2) Ὑπὲρ ἐνανθρακωτικά μέσα.

Ἡ ἐνανθράκωσις τῶν τεμαχίων εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν γίνεται ἐντὸς λουτροῦ τετηγμένων ἀλάτων εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς ἐνανθρακώσεως. Τὸ μῆγμα ἀλάτων, ποὺ χρησιμοποιεῖται συνήθως, ἀποτελεῖται ἀπὸ 20% ἕως 50% κυανιούχων νάτριον (NaCN), ἀπὸ ἀνθρακικὸν νάτριον μέχρι 40% καὶ ἀπὸ χλωριούχων νάτριον (NaCl_2) ἢ χλωριούχων βάριον (BaCl_2).

Τὰ πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμάχια, τοποθετούμενα ἐντὸς καταλλήλου καλάθου ἀπὸ συρμάτινον πλέγμα, ἐμβαπτίζονται ἐντὸς τοῦ λουτροῦ ἐπὶ ώρισμένον χρονικὸν διάστημα, τὸ ὅποιον ἔξαρταται ἀπὸ τὸ ἐπιθυμητὸν βάθος ἐνανθρακώσεως.

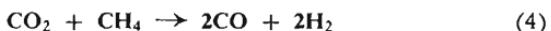
Ἐκ τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων, αἱ ὅποιαι γίνονται – δέν κρινομεν σκόπιμον νὰ τὰς ἀναφέρωμεν – ἀποδεσμένεται μονοξείδιον τοῦ ἀνθρακος, τὸ ὅποιον ἐνεργεῖ, μὲ τὸν τρόπον πού ἀνεφέραμεν προηγουμένως. Ἀποδεσμένεται ἐπίσης καὶ ἀζωτού τὸ ὄπιον, εἰς μικράν ὄμως ἔκτασιν, προσδίδει σκληρότητα εἰς τὴν ἐπιφανειακὴν στιβάδα τῶν τεμαχίων, ὅπως ἀκριβῶς συμβαίνει κατὰ τὴν ἐναζώτωσιν. Ἡ μέθοδος αὐτὴ ἐπιφανειακῆς σκληρώσεως ἀναφέρεται ὡς ἐνδοκούάνωσις: Ἀκολουθεῖται ἀπὸ καταλλήλους θερμικάς κατεργασίας.

Τὰ ύγρα μέσα ἐνανθρακώσεως ἔχουν σοβαρά πλεονεκτήματα. Ἐπιτρέπουν εύκολον καὶ ἀκριβῆ ἔλεγχον τῆς θερμοκρασίας. Ἐπιτυγχάνεται δι' αὐτῶν ὄμοιόμορφος καὶ ταχεία θέρμανσις τῶν πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμαχίων. Ἔτσι, λαμβάνομεν ἐνανθρακωμένην ἐπιφανειακὴν στιβάδα ὄμοιόμορφον καὶ μὲ τὸ αὐτὸ βάθος.

3) Ἀέρια ἐνανθρακωτικὰ μέσα.

Τὸ εἶδος αὐτὸ τῆς ἐνανθρακώσεως ἐκτελεῖται εἰς κλιβάνους δέροστεγεῖς, τύπου μερίδος ἡ συνεχοῦς ροῆς (παράγρ. 19 · 10). Ἡ θερμοκρασία ἐνανθρακώσεως κυμαίνεται μεταξὺ 8500° C καὶ 9300° C. Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐνανθρακώσεως τὸ ἐνεργόν ἐνανθρακωτικὸν μέσον εἴναι τὸ μονοξείδιον τοῦ ἀνθρακοῦ, πού παράγεται συμφώνως πρὸς τὴν ἀντίδρασιν (4). Τοῦτο διασπᾶται εἰς ἀνθρακαὶ ἀτομικῆς καταστάσεως καὶ εἰς διοξείδιον τοῦ ἀνθρακοῦ συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν (1), δῆπος ἀνεπτύξαμεν προηγούμενώνων.

Οἱ χάλυψι, εἰς κατάστασιν ὥστενίτου, ἐμποτίζεται εἰς ὠρισμένον βάθος ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας του μὲ τὸν παραγόμενον ἀνθρακα, ἐνῷ τὸ διοξείδιον τοῦ ἀνθρακοῦ ἀντιδρᾶ μετὰ τοῦ ὑδρογονάνθρακος. Παράγεται ἔτσι μονοξείδιον τοῦ ἀνθρακοῦ κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:



Τὸ μονοξείδιον τοῦ ἀνθρακοῦ διασπᾶται εἰς ἀνθρακαὶ διοξείδιον τοῦ ἀνθρακοῦ κ.ο.κ.

Τὰ σπουδαιότερα ἀπὸ τὰ ἐν χρήσει ἀέρια μέσα ἐνανθρακώσεως εἴναι οἱ ὑδρογονάνθρακες μεθάνιον (CH_4) καὶ προπάνιον (C_3H_8). Σημειωτέον, ὅτι τὰ ἀέρια αὐτὰ πρέπει νὰ εἰναι ἀπολύτως καθαρά, διότι ἀλλως αἱ ἀκαθαρσίαι, ποὺ περιέχουν, ἐναποτίθενται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν τεμαχίων καὶ ἐμποδίζουν τὴν κανονικὴν ἐκτέλεσιν τῆς ἐνανθρακώσεως.

Τὸ εἶδος αὐτὸ τῆς ἐνανθρακώσεως παρουσιάζει σοβαρὰ πλεονεκτήματα εἰς περιπτώσεις ἐνανθρακώσεως μεγάλου ἀριθμοῦ τεμαχίων, εἰς μικρὸν δύμως βάθος. Καὶ τοῦτο, διότι τὸ βάθος ἐλέγχεται μὲ ἀκρίβειαν καὶ εύκολίαν, ἐπιτυγχάνεται δὲ σημαντικὸν κέρδος εἰς ἔργατικά, θερμικὴν ἐνέργειαν καὶ χῶρον. Δίδεται ἐπίσης ἡ δυνατότης τῆς ἀπ' εὐθείας, μετὰ τὴν ἐνανθράκωσιν, βαφῆς τῶν τεμαχίων (ἀπὸ τὸν κλιβάνον ἐνανθρακώσεως εἰς τὸ λουτρὸν βαφῆς).

4) Θερμικαὶ κατεργασίαι μετὰ τὴν ἐνανθράκωσιν.

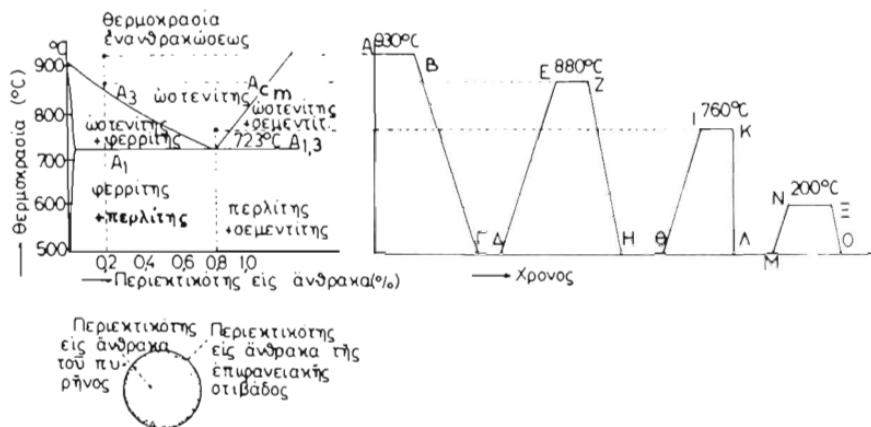
Ἀνεφέραμεν προηγούμενως ὅτι ἡ ἐνανθράκωσις τεμαχίου καταλλήλου χάλυβος, δημιουργεῖ ἐπιφανειακὴν στιβάδα πλουσίαν εἰς ἀνθρακα [συνήθως μὲ $\pi(\text{C}) > 0,80\%$], ἐνῷ συγχρόνως ὁ πυρὴν τοῦ τεμαχίου διατηρεῖ τὴν κανονικὴν του εἰς ἀνθρακαὶ περιεκτικότητα [συνήθως $\pi(\text{C}) \leqslant 0,20\%$].

Ἡ παρατεταμένη θέρμανσις τοῦ χάλυβος, εἰς κατάστασιν ὥστενίτου, εἰς τὴν ύψηλὴν θερμοκρασίαν τῆς ἐνανθρακώσεως συντελεῖ εἰς τὴν αὔξησιν τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος καὶ τοῦ πυρῆνος (παράγρ. 19 · 2) τοῦ τεμαχίου, μὲ συνέπειαν τὴν ἐλάττωσιν τῆς δυσθραυστότητος.

Εἰς τὴν πρᾶξιν ἐπιζητοῦμεν, συμφώνως ἐξ ἀλλου καὶ πρὸς τὸν ἀντικειμενικὸν σκοπὸν τῆς ἐνανθρακώσεως ποὺ ἐθέσαμεν, νὰ εἴναι τὸ

τεμάχιον πολὺ σκληρὸν εἰς τὴν ἐπιφάνειάν του καὶ δύσθραυστον εἰς τὸν πυρῆνα του. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται μὲν σειρὰν θερμικῶν κατεργασιῶν, ποὺ ἔκτελοῦνται μετὰ τὴν ἐνανθράκωσιν ὡς ἔξης:

Μετὰ τὴν ἐνανθράκωσιν (γραμμὴ A - B τοῦ σχ. 19 · 9 β), τὰ τεμάχια ἀποψύχονται ἡρέμως (B - Γ). Διὰ τὴν αὔξησιν τῆς δυσθραυστότητος τοῦ πυρῆνος (ἐκλέπτυνσις τῶν κόκκων), τὰ τεμάχια θερμαίνονται εἰς θερμοκρασίαν ὀλίγον ὑψηλοτέραν τοῦ ἀνωτέρου κρισίμου σημείου A₃ τοῦ διαγράμματος θερμικῆς ίσορροπίας τοῦ σχήματος 17 · 2 α [διὰ $\pi(C) = 0,20\%$ π.χ. εἰς θερμοκρασίαν περίπου 880°C] κατὰ τὴν γραμμὴν Δ - Ε. Παραμένουν εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν ἐπὶ ὥρισμένον χρόνον (Ε - Ζ), ὅπου ὁ χονδρόκοκκος ίστὸς φερρίτου - περλίτου γίνεται λεπτόκοκκος ὡστενίτης. Ἀκολουθεῖ βαφὴ ἢ ἔξομάλυνσις τῶν τεμαχίων (Ζ - Η). Ἔτσι, ἐπιτυγχάνεται τελικῶς λεπτόκοκκος πυρὴν τῶν τεμαχίων.



Σχ. 19 · 9 β.

Θερμικαὶ κατεργασίαι χάλυβος μετὰ ἐνανθράκωσιν.

Μετὰ τὴν θερμικὴν αὐτὴν κατεργασίαν, ἡ ἐπιφανειακὴ στιβάς τῶν τεμαχίων ἔξακολουθεῖ νὰ ἔχῃ χονδρόκοκκον ίστόν, λόγω τῆς θερμάνσεως τῶν εἰς 880°C. Ἡ θερμοκρασία αὐτὴ εἶναι πολὺ ὑψηλὴ ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀνώτερον κρίσιμον σημεῖον (723°C) διὰ τὴν εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητα τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος [$\pi(C) > 0,80\%$].

Διὰ νὰ ἀποκτήσῃ ἡ ἐπιφανειακὴ στιβάς μεγάλην σκληρότητα καὶ λεπτόκοκκον ίστόν, θερμαίνομεν τὰ τεμάχια εἰς 760°C περίπου

(Θ - Ι). Εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν παραμένουν ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον (Ι - Κ), ὅπου ὁ χονδρόκοκκος ίστὸς τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος μετασχηματίζεται εἰς λεπτόκοκκον ὥστενίτην. Ἀκολούθως, τὰ τεμάχια βάφονται (Κ - Λ) καὶ ἀποκτοῦν σκληρὰν καὶ λεπτόκοκκον (σχετικῶς δύσθραυστον) ἐπιφανειακὴν στιβάδα. Ἡ βαφὴ αὐτὴ ἀποτελεῖ κατὰ κάποιον τρόπον ἐπαναφορὰν τοῦ πυρῆνος τῶν τεμαχίων.

Τέλος, πρὸς ἀπαλλαγὴν τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος ἀπὸ ἐσωτερικὰς μηχανικὰς τάσεις, τὰ τεμάχια θερμαίνονται εἰς 200⁰ C περίπου (Μ - Ν) καὶ ἀποψύχονται ἡρέμως (Ξ - Ο).

Τὰ ἀνωτέρω ἀποτελοῦν τὴν ἰδανικὴν σειρὰν θερμικῶν κατεργασιῶν, ποὺ ἀκολουθοῦν τὴν ἐνανθράκωσιν. Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως παρατηροῦνται ὡρισμέναι παρεκκλίσεις ἀναλόγως τῶν ἑκάστοτε συνθηκῶν ποὺ ἐπικρατοῦν. Τεμάχια π.χ. εἶναι δυνατὸν νὰ βαφοῦν εἰς ὕδωρ ἀπ' εὐθείας ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν ἐνανθρακώσεως καὶ κατόπιν νὰ ἐπαναφερθοῦν εἰς χαμηλὴν θερμοκρασίαν πρὸς ἀπάλειψιν τῶν ἐσωτερικῶν τάσεων, αἱ ὅποιαι ἀνεπτύχθησαν λόγω τῆς βαφῆς. Τοῦτο εἶναι δυνατὸν νὰ ἔφαρμοσθῇ μὲ ίκανον ποιητικὰ ἀποτελέσματα εἰς χάλυβας, ποὺ παρουσιάζουν μικρὰν αὔξησιν τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἐνανθρακώσεως.

Εἰς περιπτώσεις ποὺ χρειάζεται μεγάλη δυσθραυστότης τοῦ πυρῆνος, τὰ τεμάχια ἀποψύχονται ἡρέμως ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν τῆς ἐνανθρακώσεως. Ἀκολούθως θερμαίνονται εἰς 760⁰ C καὶ βάφονται εἰς ὕδωρ. Ἡ βαφὴ αὐτὴ ἀφήνει τὸν πυρῆνα ἀρκετὰ μαλακὸν καὶ δύσθραυστον, ἐνῶ σκληρύνει τὴν ἐπιφανειακὴν στιβάδα, ἡ ὅποια καθίσταται λεπτόκοκκος, λόγω τῆς χαμηλῆς θερμοκρασίας τῆς κατεργασίας (760⁰ C). Τὰ πλεονεκτήματα τοῦ τρόπου αὐτοῦ θερμικῆς κατεργασίας ἐνανθρακωμένων τεμαχίων εἶναι προφανῆ. 'Ο συνολικὸς χρόνος κατεργασίας περιορίζεται σημαντικῶς. 'Επίσης, ἀποφεύγονται μέχρις ὡρισμένου βαθμοῦ, ἡ ὀξείδωσις, ἡ ἀπανθράκωσις καὶ ἡ στρέβλωσις τῶν τεμαχίων.

5) Πρακτικαὶ ὁδηγίαι ἐκτελέσεως τῆς ἐνανθρακώσεως.

α) Ἀνεξαρτήτως τοῦ μέσου ἐνανθρακώσεως, ποὺ πρόκειται νὰ χρησιμοποιηθῇ, τὰ πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμάχια πρέπει νὰ καθαρίζωνται τελείως ἀπὸ τυχὸν σκωρίαν, λίπος, ἔλαιον καὶ ἄλλα.

β) Διὰ νὰ ἐπιτύχῃ ἡ ἐνανθράκωσις, πρέπει νὰ καθορίσωμεν ἐπακριβῶς τὰ

έξης, ἀφοῦ λάβωμεν ὑπ' ὅψιν τὸν τρόπον καὶ τὰς συνθήκας λειτουργίας τῶν πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμαχίων:

— Τὸ εἶδος τοῦ χαλύβου ἐνανθρακώσεως, δηλαδὴ ὃν πρόκειται περὶ χαλύβου ἀνθρακούχου ἢ χαλυβοκράματος.

— Τὴν θερμοκρασίαν καὶ τὸν χρόνον ἐνανθρακώσεως.

— Τὸ μέσον ἐνανθρακώσεως, καθὼς ἐπίσης καὶ τὰς ἀναλογίας τῶν συστατικῶν του, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ὁσῶν ἐνεπύξαμεν εἰς τὰ προηγούμενα.

— Τὰς θερμικὰς κατεργασίας, ποὺ θὰ ἀκολουθήσουν τὴν ἐνανθράκωσιν.

γ) Εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις ἀπαίτεῖται μέρος ἢ μέρη τῆς ἐπιφανείας τοῦ τεμαχίου νὰ μὴ ἐνανθρακωθοῦν, νὰ παραμείνουν δηλαδὴ μαλακά. Τὰ μέρη αὐτὰ συνήθως ἐπικαλύπτονται ἡλεκτρολυτικῶς μὲ λεπτὸν στρῶμα χαλκοῦ, πάχους 0,010 ἔως 0,075 mm, διότι ὁ ἀνθραξ δὲν διαλύεται εἰς τὸν χαλκὸν εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἐνανθρακώσεως.

Παλαιότερον, ἀκόμη ὅμως καὶ σήμερον, εἰς μικρὰ τμήματα θερμικῶν κατεργασιῶν, τὸ μέρος τοῦ τεμαχίου ποὺ ἐπιθυμοῦμεν νὰ μὴ ἐνανθρακωθῇ, καλύπτεται ἀπὸ μῆγμα πυριμάχου πηλοῦ, ἄμμου, ἀμιάντου καὶ ὑδρυάλου. Ἡ μέθοδος αὐτὴ εἶναι ἀπλῆ, πλὴν ὅμως δὲν προφυλάσσει δλοσχερῶς τὴν καλυφθεῖσαν ἐπιφάνειαν τοῦ τεμαχίου ἀπὸ τὴν προσβολὴν τοῦ ἐνανθρακωτικοῦ ἀερίου. Τούτο ὄφειλεται εἰς τὸ ὅτι κατὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ τεμαχίου δημιουργοῦνται ρωγμαὶ εἰς τὸ προφυλακτικὸν αὐτὸν στρῶμα, μέσω τῶν ὁποίων διεισδύει τὸ ἐνανθρακωτικὸν ἀερίον.

— Κατὰ τὴν ἐνανθράκωσιν μὲ στερεὰ μέσα ἐνανθρακώσεως, ὁ ἔλεγχος τοῦ βάθους ἐνανθρακώσεως πρακτικῶς γίνεται ὡς ἔξης:

Εἰς τὸ κιβώτιον ἐνανθρακώσεως ἀνοίγονται 2 ἔως 3 ὀπαί. Διὰ τῶν ὅπῶν αὐτῶν εἰσάγονται εἰς τὸ κιβώτιον ἀντίστοιχοι δοκιμαστικοὶ ράβδοι, διαμέτρου 5 ἔως 6 mm καὶ μήκους 200 ἔως 300 mm, ἀπὸ τὸν αὐτὸν χαλύβα, ὅπως καὶ τὰ πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμάχια. Αἱ ράβδοι αὐταὶ τοποθετοῦνται οὕτως, ὥστε κατὰ τὸ μεγαλύτερὸν τῶν μῆκος νὰ εὐρίσκωνται ἐντὸς τοῦ κιβωτίου ἐνανθρακώσεως, μὲ τὰ ἄκρα τῶν ὅμως ἑκτὸς τοῦ κιβωτίου. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἴναι δυνατὸν νὰ ἀποσύρωνται, χωρὶς νὰ παρίσταται ἀνάγκη ἀνοίγματος τοῦ κιβωτίου. Ὁταν ὁ καθωρισμένος χρόνος ἐνανθρακώσεως παρέλθῃ, ἀποσύρεται μία δοκιμαστικὴ ράβδος, βάφεται εἰς ὄυδωρ καὶ κατόπιν θραύεται. Ἡ ἐπιφάνεια θραύσεως τῆς ράβδου δεικνύει ἐμφανῶς τὸ βάθος τῆς ἐνανθρακώμενης στιβάδος τοῦ τεμαχίου. Τὸ βάθος τῆς στιβάδος αὐτῆς μετρεῖται, μὲ μικρὰν ὅμως, ὅπως είναι φυσικόν, ἀκρίβειαν. Ἐάν τὸ μετρούμενον βάθος ἐνανθρακώσεως ἀνταποκρίνεται πρὸς τὸ ζητούμενον, ἡ ἐνανθράκωσις θεωρεῖται ὅτι ἔχει περατωθῆ. Ἐάν τὸ βάθος ἐνανθρακώσεως είναι μικρότερον, τότε ἡ κατεργασία συνεχίζεται καὶ μετὰ ἀπὸ ὡρισμένον χρόνον ἀποσύρεται δευτέρα δοκιμαστικὴ ράβδος πρὸς ἔλεγχον τοῦ βάθους ἐνανθρακώσεως.

— Προκειμένου ἡ ἐνανθράκωσις νὰ γίνη ἐντὸς ύγρου μέσου ἐνανθρακώσεως, δηλαδὴ εἰς λουτρὸν τετηγμένων ἀλάτων, τὰ τεμάχια προθεμαίνονται εἰς 600°C ἔως 700°C. Ἀκολούθως ἐμβαπτίζονται εἰς τὸ λουτρόν, ποὺ ἔχει θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τῆς καθωρισμένης θερμοκρασίας ἐνανθρακώσεως. Ἡ ἀνύψωσις αὐτὴ τῆς θερμοκρασίας είναι τόση, δση χρειάζεται, ὥστε τὰ τεμάχια θερμαινόμενα νὰ ἀποκτήσουν τὴν

θερμοκρασίαν ἐναυθρακώσεως. Τὰ τεμάχια παραμένουν εἰς τὸ λουτρόν, μέχρις ὅτου ἀποκτήσουν τὸ ἐπιθυμητὸν βάθος ἐναυθρακώσεως.

— Τὰ κυανιοῦχα ἄλατα, ποὺ χρησιμοποιοῦνται εἰς μίγματα ύγρῶν μέσων ἐναυθρακώσεως, είναι ἔξαιρετικῶς δηλητηριώδη. Διὰ τοῦτο πρέπει νὰ λαμβάνεται κάθε προφύλαξις, ώστε νὰ μὴ ἔξερχωνται ἀτμοὶ ἀπὸ τὸ λουτρόν. Πρέπει ἀπαραιτήτως νὰ ὑπάρχῃ σύστημα ἀπαγωγῆς τῶν ἀτμῶν, ποὺ περιλαμβάνει κατάλληλον ἀνεμιστῆρα, φίλτρουν καὶ κυκλῶνα μὲ καταιονισμὸν ὕδατος. Ἐπίσης τὰ κυανιοῦχα ἄλατα δὲν πρέπει κατ' οὐδένα τρόπον νὰ ἔρχωνται εἰς ἐπαφὴν μὲ ἀνοικτὸν τραύμα.

'Απαγορεύεται αύστηρῶς ἡ λῆψις τροφῆς ὑπὸ τοῦ προσωπικοῦ εἰς τὸν χῶρον, ὅπου χρησιμοποιοῦνται κυανιοῦχα ἄλατα.

Πρέπει ἀπαραιτήτως νὰ χρησιμοποιοῦνται ἔλαστικά χειρόκτια (γάντια) κατὰ τὴν ζύγισιν τῶν κυανιούχων ἀλάτων, τὴν τοποθέτησίν των εἰς τὸ λουτρόν, τὴν ἐμβάπτισίν τῶν τεμαχίων ἐντὸς τοῦ λουτροῦ καὶ τὴν μεταφοράν των πρὸς βαφήν.

Πρὸς ἀποφυγὴν ἐκτοξεύσεως τετηγμένων ἀλάτων πρέπει αἱ τσιμπίδες, τὰ τεμάχια, καθὼς ἐπίσης καὶ κάθε τί, ποὺ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰ ἄλατα, νὰ είναι ἀπολύτως στεγνά.

Μετὰ τὸ πέρας τῆς ἔργασίας ἡ κατὰ τὸ διάλειμμα διὰ φαγητόν, τὸ προσωπικὸν πρέπει νὰ πλύνῃ πολὺ καλὰ τὰς χεῖρας του μὲ σάπωνα.

Δέν πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦνται τσιμπίδες, ποὺ προηγουμένως εἶχον χρησιμοποιηθῆ εἰς ἄλλου είδους λουτρόν, ὅπως π.χ. εἰς λουτρὸν ἐπαναφορᾶς καὶ ἀντιστρόφως, διότι τοῦτο δύναται νὰ προκαλέσῃ ἔκρηξιν εἰς τὸ λουτρόν.

Μετὰ τὴν βαφὴν τὰ τεμάχια πρέπει ὁπωσδήποτε νὰ ὑποστοῦν ἔξουδετέρωσιν καὶ πολὺ καλὸν πλύσιμον. Μὲ τὴν ἔξουδετέρωσιν τὰ τεμάχια καθίστανται μὴ δηλητηριώδη. Ἡ ἔξουδετέρωσις ἐκτελεῖται ἐντὸς δοχείων, ποὺ περιέχουν διάλυσιν 3% ἦως 5% θειικοῦ σιδήρου ἐπὶ 5 ἔως 10 min. Τὸ πλύσιμον γίνεται εἰς θερμὸν ὕδωρ 60°C ἔως 80°C καὶ ἐπὶ 5 περίπου min.

— Κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῆς ἐναυθρακώσεως δημιουργοῦνται ώρισμένα ἔλαστώματα εἰς τὰ τεμάχια. Τὰ συνηθέστερον συναντώμενα είναι τὰ ἔξης:

α) Τὸ βάθος ἐναυθρακώσεως δὲν είναι ἑκεῖνο ποὺ προβλέπεται. Τοῦτο δφείλεται εἰς λανθασμένον προσδιορισμὸν καὶ μέτρησιν κυρίως τοῦ χρόνου ἐναυθρακώσεως. Ἐάν τὸ βάθος ἐναυθρακώσεως είναι μικρόν, τὸ ἀλάτωμα αὐτὸ δεῖναι δυνατὸν νὰ ἀποκατασταθῇ μὲ ἐπανάληψιν τῆς ἐναυθρακώσεως. Ἐάν δμως τὸ βάθος είναι μέγα, τότε τὸ τεμάχιον είναι ἀχρηστον.

β) Ἡ σκληρότης ποὺ ἐπιτυγχάνεται είναι χαμηλή. Τὸ ἀλάτωμα αὐτὸ δφείλεται εἰς τὴν χρησιμοποίησιν πτωχοῦ μέσου ἐναυθρακώσεως. Είναι δυνατὴ, ἡ ἐπανόρθωσις μὲ ἐπανάληψιν τῆς ἐναυθρακώσεως.

γ) Ἡ σκληρότης τοῦ τεμαχίου είναι ἀνομοιόμορφος, ὑπάρχουν δηλαδὴ σκληραὶ καὶ μαλακαὶ περιοχαὶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας του. Βασικὴ αἰτία τοῦ ἔλαστώματος αὐτοῦ είναι ἡ παρουσία σκωρίας, λίπους, ἐλαίου ἢ ὅλλων ξένων σωμάτων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ τεμαχίου, ἀποτέλεσμα πλημμελοῦς καθάρσεως πρὸ τῆς ἐναυθρακώσεως.

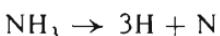
Γ. Ἐναζώτωσις.

Εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ κεφαλαίου αὐτοῦ ἀνεφέραμεν τί εἶναι ἡ ἐναζώτωσις. Ἡ ἐναζώτωσις δόμοιάζει μὲ τὴν ἐνανθράκωσιν κατὰ τὸ ὅτι ὁ χάλυψ θερμαίνεται ἐπὶ μακρὸν χρόνον ἐντὸς κάποιου σκληρωτικοῦ μέσου. Ἡ διαφορὰ συνίσταται εἰς τὸ ὅτι, ἐνῶ κατὰ τὴν ἐνανθράκωσιν τὸ μέσον αὐτὸν εἶναι τὸ μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος (ἐκ τοῦ ὅποιου λαμβάνομεν τὸν ἄνθρακα, ὅπως ἐν ἑκτάσει ἀνελύσαμεν προηγουμένως), κατὰ τὴν ἐναζώτωσιν εἶναι τὸ ἄζωτον, N.

Ἐναζώτωσιν ὑφίστανται χάλυβες μὲ εἰδικὴν σύνθεσιν [παράγρ. 21 · 2 (B)], διότι ἡ σκλήρωσις, ποὺ ἐπιτυγχάνεται μετὰ ἀναζώτωσιν, ἔχαρταται ἐκ τοῦ σχηματισμοῦ σκληρῶν ἐνώσεων τοῦ ἄζωτου μετὰ τοῦ ἀργιλίου, τοῦ χρωμίου καὶ τοῦ βαναδίου.

Ἡ ἐναζώτωσις ἐκτελεῖται ὡς ἔξης:

Τὰ τεμάχια παραμένουν εἰς θερμοκρασίαν 500°C ἕως 540°C (θερμοκρασία ἐναζωτώσεως) ἐπὶ μακρὸν χρόνον, συνήθως ἐπὶ 40 ἕως 100 ὥρας, ἐντὸς ἀεροστεγοῦς θαλάμου καταλλήλου κλιβάνου, εἰς τὸν ὅποιον διοχετεύεται ἀμμωνία (NH_3 , ἀέριον). Ὁ χρόνος παραμονῆς τῶν τεμαχίων εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἐναζωτώσεως ἔχαρταται ἀπὸ τὸ ἐπιθυμητὸν βάθος ἐναζωτώσεως. Τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν ἐναζώτωσιν ἄζωτον λαμβάνεται ἐκ τῆς ἀμμωνίας κατὰ τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν:



Μέρος τοῦ παραγομένου ἄζωτου, εἰς ἀτομικὴν κατάστασιν, διεισδύει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χάλυβος καὶ σχηματίζει τὸ πολὺ σκληρὸν σιδηρονιτρίδιον (Fe_4H), καθὼς ἐπίσης καὶ σκληρὰς χημικὰς ἐνώσεις μὲ τὸ ἀργίλιον, χρώμιον καὶ βανάδιον τῶν χαλύβων ἐναζωτώσεως.

Γενικῶς, ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ ἐναζώτωσις εἶναι πολὺ βραδὺ φαινόμενον. Κατὰ προσέγγισιν, πρέπει νὰ θεωρηθῇ ὅτι χρειάζονται 10 ὥραι ἀνὰ 0,10 mm βάθους ἐναζωτώσεως. Συνήθως τὸ βάθος ἐναζωτώσεως δὲν ὑπερβαίνει τὸ 0,50 mm κατὰ μέγιστον.

Οὐδεμία θερμικὴ κατεργασία χρειάζεται μετὰ τὴν ἐναζώτωσιν.

Πρὸ τῆς ἐναζωτώσεως οἱ χάλυβες ὑφίστανται τὰς θερμικὰς κατεργασίας ποὺ χρειάζονται, ὥστε ὁ πυρὴν τῶν τεμαχίων νὰ ἀποκτήσῃ τὰς ἐπιθυμητὰς μηχανικὰς ιδιότητας (συνήθως ὁ χάλυψ πρέπει νὰ ἀποκτήσῃ δομὴν σορμπίτου μὲ ἐπιβελτίωσιν). Ἐπίσης, ἐκτελοῦνται

καὶ αἱ ἀπαιτούμεναι μηχανικαὶ κατεργασίαι, ὥστε νὰ δοθοῦν αἱ τελικαὶ διαστάσεις τοῦ τεμαχίου. Ἀποφεύγεται κατὰ τὸ δυνατόν ἡ λείανσις (ρεκτιφιάρισμα) τῶν τεμαχίων, μετὰ τὴν ἐναζώτωσιν. Ἐν ὅμως παρίσταται ἀνάγκη νὰ ἔκτελεσθῇ λείανσις, τὸ βάθος της δὲν θὰ πρέπει νὰ εἴναι μεγαλύτερον τοῦ 0,05 mm, διὰ νὰ μὴ ἐλαττωθῇ ἀπαραδέκτως ἡ σκληρὰ στιβάς τοῦ τεμαχίου.

I) Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα ἐναζωτώσεως.

α) Ἀποφεύγονται ρωγμαὶ ἡ στρέβλωσις τῶν τεμαχίων, διότι δὲν χρειάζεται βαφὴ μετὰ τὴν ἐναζώτωσιν. Τὰ τεμάχια δύνανται νὰ ὑποστοῦν τελικὴν κατεργασίαν κοπῆς πρὸ τῆς ἐναζωτώσεως.

β) Ἐπιτυγχάνεται πολὺ μεγάλη σκληρότης (μέχρι καὶ 1150 Vickers) εἰς ὡρισμένους χάλυβας ἐναζωτώσεως.

γ) Ἡ ἀντοχὴ τῶν τεμαχίων εἰς διάβρωσιν εἴναι ἀρκετὰ καλή, ὅταν ἡ ἐναζωτωμένη ἐπιφάνεια ἀφήνεται ὡς ἔχει, π.χ. χωρὶς νὰ στιλβωθῇ. Ἐπίσης καὶ ἡ ἀντοχὴ των εἰς κόπωσιν εἴναι ἀρκετὰ καλή.

δ) Ἡ σκληρότης τῶν ἐναζωτωμένων τεμαχίων διατηρεῖται εἰς ὑψηλὰς σχετικῶς θερμοκρασίας (μέχρι περίπου 500° C), ἐνῶ τῶν ἐνανθρακωμένων τεμαχίων ἀρχίζει νὰ πίπτῃ ἀπὸ τοὺς 200° C μόνον.

ε) Τὸ κόστος τῆς ἐναζωτώσεως εἴναι χαμηλόν, ἂν ὁ ἀριθμὸς τῶν πρὸς ἐναζωτωσιν τεμαχίων εἴναι πολὺ μεγάλος. Καὶ τοῦτο, διότι αἱ δαπάναι τῶν ἐγκαταστάσεων ἐναζωτώσεως εἴναι ὑψηλότεραι ἀπὸ ἐκείνας τῆς ἐνανθρακώσεως, δι' αὐτὸν καὶ ἡ ἐναζώτωσις συμφέρει μόνον δι' ἐναζώτωσιν πολλῶν ὄμοίων τεμαχίων.

στ) Τὸ βάθος ἐναζωτώσεως εἴναι μικρότερον ἀπὸ τὸ βάθος ἐνανθρακώσεως διὰ τὸν αὐτὸν χρόνον θερμάνσεως.

ζ) Ὑπερθέρμανσις ἐναζωτωμένου τεμαχίου ἔχει ὡς συνέπειαν τὴν δλοσχερῆ καταστροφὴν τῆς σκληρᾶς ἐπιφανειακῆς στιβάδος. Χρειάζεται κατὰ συνέπειαν ἐπανάληψις τῆς ἐναζωτώσεως. Εἰς παρομίαν περίπτωσιν ἐνανθρακωμένου τεμαχίου ἐφαρμόζεται μόνον κατάλληλος θερμικὴ κατεργασία καὶ ὅχι ἐκ νέου ἐνανθράκωσις.

Δ. Φλογοβαφή.

Ἡ μέθοδος αὐτὴ ἐπιφανειακῆς σκληρώσεως συνίσταται εἰς ταχεῖαν θέρμανσιν τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος εἰς θερμοκρασίαν ὑψηλότεραν τοῦ ἀνωτέρου κρισίμου σημείου (A_3) συνήθως μὲ οὐδετέραν φλό-

γα δόξυγόνου - ἀσετυλίνης. 'Η θέρμανσις ἀκολουθεῖται ἀπὸ ταχεῖαν ἀπόψυξιν (βαφήν) μὲ ἐκτόξευσιν ὑδατος. "Ετσι, μετὰ τὴν φλογοβαφήν, τὸ τεμάχιον διατηρεῖ τὴν χημικήν του σύνθεσιν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ τὸν πυρῆνα του. Σκληρώνεται μόνον ἡ ἐπιφάνεια μὲ τοπικὴν βαφήν.

Τὰ τεμάχια, ποὺ πρόκειται νὰ ύποστοῦν φλογοβαφήν, κατασκευάζονται ἀπὸ ἀνθρακοῦχον χάλυβα ἡ ἀπὸ χαλυβόκραμα, μὲ περιεκτικότητα ὅμως εἰς ἄνθρακα ἀνωτέραν τοῦ 0,35 %, διὰ νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ βαφή των.

'Ἐπειδὴ κατὰ τὴν φλογοβαφήν πρέπει ἡ θέρμανσις καὶ ἡ ἀπόψυξις νὰ γίνωνται μὲ ὥρισμένην ταχύτητα, συνήθως χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ μηχανήματα. Τεμάχια σχήματος κυλινδρικοῦ τοποθετοῦνται μεταξὺ τῶν κέντρων τόρνου. 'Ο τόρνος διαμορφώνεται καταλλήλως, ὥστε νὰ φέρῃ προφύσια δόξυγόνου καὶ ἀσετυλίνης διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ τεμαχίου καὶ προφύσιον ἐκτοξεύσεως ὑδατος διὰ τὴν ἀπόψυξιν του.

Βασικῶς χρησιμοποιοῦνται τρία εἶδη φλογοβαφῆς (σχ. 19.9 γ). Κατὰ τὸ πρῶτον εἶδος [σχ. 19.9 γ (α)], ὁ κύριος ἀξων τοῦ τόρνου περιστρέφεται, ὥστε εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ πρὸς φλογοβαφήν τεμαχίου νὰ ἀναπτυχθῇ ταχύτης περίπου 2 mm ἀνὰ sec. 'Η ἐπιφάνεια θερμαίνεται μὲ φλόγα δόξυγόνου καὶ ἀσετυλίνης ἀπὸ κεφαλὴν K₁, ποὺ διαμορφώνεται κατὰ τρόπον, ὥστε νὰ καλύπτῃ ὀλόκληρον τὸ μῆκος τῆς ἐπιφανείας, ποὺ πρόκειται νὰ ύποστῃ φλογοβαφήν. 'Ολόκληρος ἡ ἐπιφάνεια τοῦ τεμαχίου σκληρώνεται εἰς μίαν μόνον περιστροφήν τοῦ ἀξονος. Σοβαρὸν μειονέκτημα τοῦ εἶδους αὐτοῦ φλογοβαφῆς είναι ἡ δημιουργία μαλακῆς λωρίδος, πλάτους ἀρκετῶν mm μεταξὺ τῆς λωρίδος ποὺ σκληρώνεται πρώτη καὶ ἔκείνης ποὺ σκληρώνεται τελευταία ὁφειλομένης εἰς ἐπαναφοράν (παράγρ. 19.8).

Τὸ δεύτερον εἶδος φλογοβαφῆς [σχ. 19.9 γ (β)] περιλαμβάνει θέρμανσιν καὶ ταχεῖαν ἀπόψυξιν διαδοχικῶν τμημάτων τῆς ἐπιφανείας (βαφή κατὰ ζώνας). 'Η φλογοβαφή αὐτὴ ἔχει τὸ μειονέκτημα τοῦ σχηματισμοῦ στενῆς μαλακῆς ἐλικοειδοῦς ζώνης ἐπὶ τοῦ τεμαχίου.

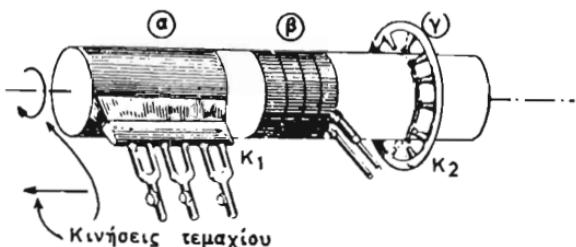
Κατὰ τὸ τρίτον εἶδος φλογοβαφῆς [σχ. 19.9 γ (γ)], ἡ πρὸς σκλήρωσιν ἐπιφάνεια θερμαίνεται ταχέως ἀπὸ κυκλικὴν κεφαλὴν K₂ μὲ πολλὰ προφύσια δόξυγόνου-ἀσετυλίνης κινουμένην κατὰ μῆκος τοῦ ταχέως περιστρεφομένου ἀξονος. Διατίθεται παρομοία κυκλικὴ κεφαλὴ διὰ τὴν ἐκτόξευσιν τοῦ ὑδατος ἀποψύξεως. 'Η κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον φλογοβαφή δίδει βαμμένην ἐπιφάνειαν μὲ ὄμοιόμορφον σκληρότητα.

Γενικῶς, τὸ βάθος τῆς βαμμένης ἐπιφανειακῆς στιβάδος, ποὺ ἐπιτυγχάνεται κατὰ τάς ἐφαρμογάς, κυμαίνεται ἀπὸ 5 μέχρι 10 mm.

'Η φλογοβαφή, πέρα τῆς ἀπλότητος, παρουσιάζει καὶ τὴν δυνατότητα ἐφαρμογῆς της εἰς ὁγκώδη σφυρήλατα ἡ χυτοχαλύβδινα τεμάχια, ποὺ εἴναι δύσκολον ἡ ἀδύνατον νὰ βαφοῦν μὲ οἰονδήποτε ἄλλον τρόπον. Διὰ τὸν λόγον αὐτόν, ἡ φλογοβαφή εύρισκει εύρειαν ἐφαρμογήν εἰς τὴν βιομηχανίαν μηχανημάτων.

Μειονεκτήματα τῆς φλογοβαφῆς είναι ή ἀναπόφευκτος ὑπερθέρμανσις τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος, ὡς καὶ ή δυσκολία ρυθμίσεως τοῦ βάθους βαφῆς μὲν ἀκριβειαν.

Πρὸ τῆς φλογοβαφῆς τὰ τεμάχια πρέπει νὰ ὑποστοῦν τὰς θερμικὰς κατεργασίας ποὺ χρείαζονται, διὰ νὰ ἀποκτήσουν τὰς ἐπιθυμητὰς μηχανικὰς ιδιότητας. Συνήθως ἔκτελεῖται ἐξομάλυνσις (παράγρ. 19·3).



Σχ. 19·9 γ.

Σχηματικὴ παράστασις τῶν ἐν χρήσει εἰδῶν φλογοβαφῆς.

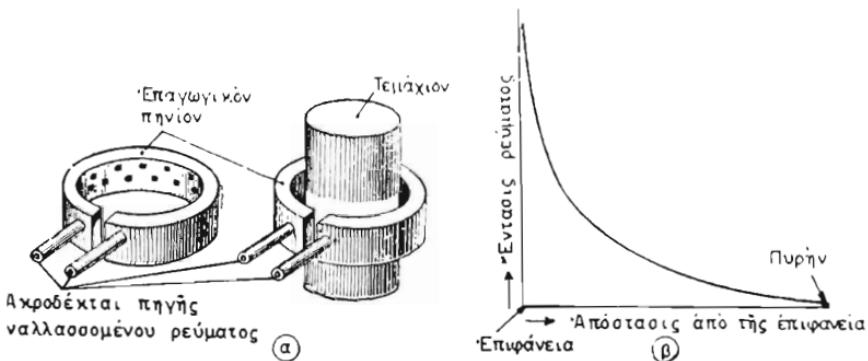
E. Βαφὴ δι' ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς.

Τὴν θέρμανσιν τοῦ τεμαχίου δι' ἐπιφανειακὴν σκλήρωσιν δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν καὶ δι' ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς, ὅπως θὰ ἀναφέρωμεν κατωτέρω. Ἡ θέρμανσις ἀκολουθεῖται, ὅπως καὶ κατὰ τὴν φλογοβαφήν, ἀπὸ ταχεῖαν ἀπόψυξιν. Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν ἐπιτυχάνομεν ὑψηλὴν ποιότητα τοῦ βαμμένου μέρους τοῦ τεμαχίου. Σοβαρὸν ἐπίσης πλεονέκτημα είναι ὅτι ἡ κατεργασία αὐτὴ προσφέρεται δι' αὐτοματισμόν, δηλαδὴ διὰ παραγωγὴν μεγάλου ἀριθμοῦ τεμαχίων χωρὶς κινήσεις διὰ τῆς χειρός.

Ἡ θέρμανσις δι' ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς βασίζεται εἰς τὴν γνωστὴν ἀρχήν: 'Ἐὰν μεταλλικὸν τεμάχιον, συνήθως μεγάλου πάχους, τοποθετηθῇ ἐντὸς μεταβαλλομένοι μαγνητικοῦ πεδίου, τότε προκαλοῦνται εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ τεμαχίου δινορρεύματα (ρεύματα ποὺ ἔχουν μορφὴν δίνης).' Ἀποτέλεσμα τῆς δημιουργίας τῶν δινορρευμάτων είναι ἡ ἀντίστοιχος ἀνάπτυξις θερμότητος (Νόμος τοῦ Joule τῆς Ἡλεκτροτεχνίας) καὶ ἐξ αὐτῆς ἡ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας τοῦ τεμαχίου.

Κυλινδρικὰ τεμάχια θερμαίνονται τοποθετούμενα ἐντὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου [σχ. 19·9 δ (α)], τὸ δόποιον διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεύμα. Τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα δημιουργεῖ τὸ μεταβαλλόμενον μαγνητικὸν πεδίον, ποὺ χρείαζεται διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῶν δινορρευμάτων, ὅπως προηγουμένως ἀνεφέραμεν. Περίεργον

φαινόμενον εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν είναι ἡ ἀνομοιόμορφος κατανομὴ τῶν δινορ-ρευμάτων εἰς τὴν διατομὴν τοῦ τεμαχίου ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας πρὸς τὸν πυρῆνα τοῦ [σχ. 19.9 δ (β)]. Καὶ μάλιστα, τόσον ἀνομοιόμορφος είναι ἡ κατανομὴ τῶν, ὅσον ἡ συχνότης τῆς ἐφαρμοζούμενης ἐναλλασσομένης τάσεως είναι ὑψηλοτέρα. Τὸ φαινόμενον αὐτὸν ὀνομάζουμεν ἐπιδερμικόν, διότι, διπλαίς είναι προφανές, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔχει τὴν μεγίστην τῆς τιμῆν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ τεμαχίου. Ἡ ἀνομοιόμορφία αὐτὴ τοῦ ρεύματος ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας πρὸς τὸν πυρῆνα τοῦ τεμαχίου ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα ἀνομοιόμορφον ἐπίσης θέρμανσιν τοῦ τεμαχίου. Καὶ μάλιστα ἡ θερμοκρασία τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος ἀνύψωνται ταχέως, ἵνων ὁ πυρήνης τοῦ παραμένει ψυχρὸς ἡ θερμαίνεται ὀλίγον, λόγω τῆς μεταδόσεως τῆς θερμότητος δι' ἀγωγῆς ἀπὸ τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος πρὸς τὸν πυρῆνα.



Σχ. 19.9.8.

α) Διάταξις ἐπαγωγικοῦ πηνίου καὶ κυλινδρικοῦ τεμαχίου πρὸς θέρμανσιν κατὰ τὴν ἐπιφανειακὴν βαφὴν δι' ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς. β) Διάγραμμα κατανομῆς δινορρευμάτων κατὰ τὴν θέρμανσιν τεμαχίων δι' ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς μὲν ὑψηλὴν συχνότητα.

Διὰ τὴν τροφοδότησιν τῶν ἐπαγωγικῶν πηνίων χρησιμοποιοῦνται γεννήτριαι ὑψηλῆς συχνότητος (μέχρι περίπου 10 000 c/sec) ἢ ταλαντωταὶ μὲ τὸν ἀπαιτούμενον ἐνισχυτὴν ισχύος δι' ὑψηλοτέρας συχνότητας.

Συνιστῶνται αἱ κάτωθι συχνότητες ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἐπιθυμητὸν βάθος ἐπιφανειακῆς βαφῆς, ποὺ ἐκλέγεται ἀναλόγως τῆς χρήσεως τοῦ τεμαχίου:

Βάθος ἐπιφανειακῆς στιβάδος [mm]	Συχνότης ἐναλλασσομένου ρεύματος [c/sec]
1,0	60000
1,5	25000
2,0	15000
3,0	7000
4,0	4000
6,0	1500
10,0	500

Βάθος βαφῆς 1,50 ἓως 2,00 mm χρησιμοποιεῖται διὰ τεμάχια, ποὺ χρειάζεται νὰ ἀντέχουν εἰς φθοράν, 4,00 ἓως 8,00 mm διὰ τεμάχια, ποὺ πρέπει νὰ ἀντέχουν εἰς σύνθλιψιν καὶ 10 mm καὶ δινω διὰ κυλίνδρους ἐλάστρων.

Ἡ ἐπιφανειακὴ βαφὴ δι' ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς δυσκόλως ἐφαρμόζεται εἰς τεμάχια πολυπλόκου σχήματος. Εἰς ἀπλᾶ ὅμως τεμάχια καὶ διὰ μαζικὴν παραγωγὴν, χρησιμοποιεῖται μὲ ίκανοποιητικά ἀποτελέσματα ἀπὸ ἀπόψεως κόστους καὶ ποιότητος.

Ἐφαρμόζεται σήμερον εὐρύτατα διὰ τὴν ἐπιφανειακὴν σκλήρωσιν ὁδοντωτῶν τροχῶν, ἐκκεντροφόρων ἀξόνων, ἔκκεντρων, ὄλισθητήρων ἐργαλειομηχανῶν, κεφαλῶν σιδηροτροχιῶν, χιτωνίων κυλίνδρων πετρελαιομηχανῶν, κυλίστρων καὶ ἄλλων.

19 · 10 Κλίβανοι θερμικῶν κατεργασιῶν.

Διὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν, ποὺ ἀνεφέραμεν, χρησιμοποιοῦνται διαφόρων εἰδῶν κλίβανοι, ὀνομαζόμενοι κλίβανοι θερμικῶν κατεργασιῶν. Οἱ κλίβανοι αὐτοὶ κατατάσσονται μὲ βάσιν τὰ ἔξις χαρακτηριστικά:

1) Ὡς πρὸς τὸν τρόπον χρήσεως.

Ὦς πρὸς τὸν τρόπον χρήσεώς των οἱ κλίβανοι θερμικῶν κατεργασιῶν διακρίνονται εἰς κλιβάνους ἀνοπτήσεως, βαφῆς, ἐπαναφορᾶς καὶ ἐνανθρακώσεως. Ὑπάρχουν καὶ γενικῆς χρήσεως κλίβανοι. Οἱ κλίβανοι αὐτοὶ εἶναι κατάλληλοι διὰ περισσοτέρας τῆς μιᾶς θερμικὰς κατεργασίας. Ἐτσι, ὁ κλίβανος τύπου παρτίδος, ὃ ὅποιος εὐρύτατα χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν πρᾶξιν, δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ δι' ἀνόπτησιν, ἐπαναφοράν καὶ ἐνανθράκωσιν, καθὼς ἐπίσης καὶ πρὸς θέρμανσιν τεμαχίων διὰ βαφὴν ἡ ἔξομάλυνσιν.

2) Ὡς πρὸς τὸν τρόπον λειτουργίας.

Οἱ κλίβανοι θερμικῶν κατεργασιῶν διακρίνονται εἰς:

- α) Κλιβάνους τύπου παρτίδος καὶ
- β) κλιβάνους τύπου συνεχοῦς ροῆς (ἐργασίας).

Τὸ πρῶτον εἶδος κλιβάνου λειτουργεῖ ὡς ἔξις:

Ὁ κλίβανος τροφοδοτεῖται μὲ ὥρισμένον ἀριθμὸν τεμαχίων (παρτίδα), τὰ ὅποια θερμαίνονται εἰς ὥρισμένην θερμοκρασίαν, παραμένουν ἐπὶ ὥρισμένον χρόνον εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν καὶ ἀκολούθως ὑπόκεινται εἰς ὥρισμένην θερμικὴν κατεργασίαν. Παραμένουν π.χ. εἰς τὸν κλίβανον διὰ νὰ ἀποψυχθοῦν μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος ἡ ἀποσύρονται ἀπὸ τὸν κλίβανον διὰ νὰ ὑποστοῦν βαφὴν ἡ ἔξομάλυνσιν καὶ ἀκολουθεῖ κατόπιν ἡ θερμικὴ κατεργασία τῆς ἐπομένης παρτίδος. Πρέπει νὰ σημειώσωμεν ἐδῶ, ὅτι κάθε παρτίς, ποὺ εἰσάγεται εἰς τὸν κλίβανον, συνήθως διαφέρει ὡς πρὸς ὅλην παρτίδα κατὰ τὸ μέγεθος, τὸ βάρος, τὸ εἶδος τοῦ χάλυβος, ὅλλα καὶ κατὰ τὸ εἶδος τῆς ἀπαίτουμένης θερμικῆς κατεργασίας. Χαρακτηριστικὸν τῶν κλιβάνων αὐτῶν, εἰς τοὺς ὅποιους ἐκτελεῖται ποικιλία θερμικῶν κατεργασιῶν, εἶναι τὸ ὑψηλὸν κόστος λειτουργίας των. Εἰς τοῦματα θερμικῶν κατεργασιῶν, δῆπου ὑπάρχουν πολλοὶ κλίβανοι αὐτοῦ τοῦ εἶδους, εἶναι σίν-

νομικώτερον νὰ χρησιμοποιοῦνται ὡρισμένοι κλίβανοι δι' ἀνόπτησιν, ἄλλοι διὰ βαφῆν ἢ ἔξομάλυνσιν κ.λπ.

Γυπτικὸν παράδειγμα κλιβάνων τύπου παρτίδος είναι οἱ κλίβανοι τοῦ σχήματος 19·10 α.

'Ο κλίβανος τοῦ σχήματος 19·10 α (α) χρησιμοποιεῖ ὡς καύσιμον ἀνθρακα. 'Αποτελεῖται ἀπὸ εὐρύχωρον θάλαμον Α μὲ θολωτὴν δροφὴν Β, ἡ ὅποια φέρει ὅπην διὰ τὴν εἰσόδον τοῦ πυρομέτρου πρὸς μέτρησιν τῆς θερμοκρασίας. 'Ἐπι τοῦ δαπέδου τοποθετοῦνται τὰ τεμάχια καὶ μάλιστα κατὰ τρόπον, ὥστε νὰ ἀφήνωνται κενὰ μεταξὺ τῶν τεμαχίων. Τὰ κενὰ αὐτὰ διευκολύνουν τὴν κυκλοφορίαν τῶν θερμῶν ἀερίων καὶ ἔτσι ἐπιτυγχάνεται ὁμοιόμορφος θέρμανσις τῶν τεμαχίων. 'Ο θάλαμος συγκοινωνεῖ μὲ τὴν ἐστίαν ἢ τὰς ἐστίας (ό κλίβανος δύναται νὰ διαθέτῃ καὶ περισσοτέρας τῆς μιᾶς ἐστίας) διὰ θυρίδος Γ, διὰ τῆς ὅποιας εἰσέρχονται τὰ θερμά ἀερία εἰς τὸν θάλαμον τοῦ κλιβάνου. Τὰ ἀερία αὐτὰ ἀπάγονται πρὸς τὴν καπνοδόχον δι' ἄλλης θυρίδος Δ. Διὰ τῆς θυρίδος Ε γίνεται ἡ τροφοδότησις μὲ ἀνθρακα, ὃ ὅποιος καίεται εἰς τὴν ἐστίαν Ζ. 'Η προκύπτουσα ἀπὸ τὴν καύσιν τέφρα συλλέγεται εἰς τὴν τεφροδόχον Θ. 'Ο κλίβανος ἐσωτερικῶς φέρει πυρίμαχον ἐπένδυσιν ἐκ τούβλων. Φέρει ἐπίσης ἐξωτερικῶς τῆς πυριμάχου ἐπενδύσεως καὶ κατάλληλον στρῶμα πρὸς θερμικὴν μόνωσιν του.

'Ο κλίβανος τοῦ σχήματος 19·10 α (β) χρησιμοποιεῖται πρὸς θερμικὴν κατεργασίαν τεμαχίων μικροῦ μεγέθους. 'Η εἰσαγωγὴ τῶν τεμαχίων εἰς τὸν κλίβανον γίνεται συνήθως μὲ τὰς χειρας. Διὰ βαρύτερα δόμως τεμάχια ἢ κιβώτια ἐνανθρακώσεως είναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ ἀπλοῦν ἀνυψωτικὸν μηχάνημα. Διὰ τὴν εὐκολὸν εἰσαγωγὴν καὶ ἔξαγωγὴν τεμαχίων μεγαλυτέρου μεγέθους χρησιμοποιοῦνται κλίβανοι κινητοῦ δαπέδου [σχ. 19·10 α (γ)]. Τὸ δάπεδον τοῦ κλιβάνου εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν μετακινεῖται ἐκτὸς τῆς καμίνου, ὅπου γίνεται μὲ εύκολιαν ἡ φόρτωσις καὶ ἐκφόρτωσις.

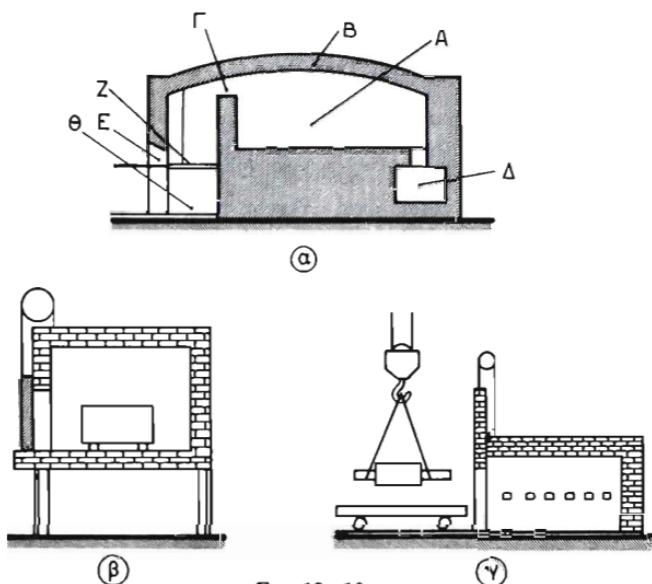
'Η θερμικὴ κατεργασία τεμαχίων μεγάλου μήκους ἐκτελεῖται εἰς ειδικοὺς κλιβάνους, διπος φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 19·10 β. Τὸ τεμάχιον ἢ τὰ τεμάχια εἰσάγονται εἰς τὸν κλίβανον καταλλήλως ἀναρτώμενα. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, μὲ τὴν κατακόρυφον θέσιν, ποὺ λαμβάνουν, ἀποφεύγεται ἡ στρέβλωσίς των, ποὺ θὰ ἡτο ἀναπόφευκτος, ἀν τὰ τεμάχια ἐλάμβανον δρίζοντίαν θέσιν.

Οἱ κλίβανοι συνεχοῦς ροῆς λειτουργοῦν πάντοτε ὑπὸ συνθήκας σταθερᾶς θερμοκρασίας. Χρησιμοποιοῦνται δηλαδὴ πάντοτε διὰ τὴν θέρμανσιν τεμαχίων, τοῦ αὐτοῦ εἶδους, τὰ ὅποια ὑπόκεινται εἰς τὴν αὐτὴν θερμικὴν κατεργασίαν, π.χ. ἀνόπτησιν, βαφῆν ἢ ἐπαναφοράν. Οἱ κλίβανοι αὐτοὶ συνεπῶς είναι αὐτηρῶς ἔξειδικευμένοι. Είναι τυπικοὶ ἐργοστασίων μαζικῆς παραγωγῆς. Κατὰ τὴν λειτουργίαν των, τὰ τεμάχια εἰσάγονται ἀπὸ τὴν μίαν πλευρὰν καὶ ἔξαγονται ἀπὸ τὴν ἀπέναντι πλευράν, μετακινούμενα μέσω τοῦ κλιβάνου διὰ μηχανικῶν μέσων.

Οἱ ἐν χρήσει κλίβανοι συνεχοῦς ροῆς περιλαμβάνουν:

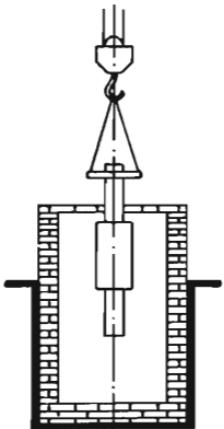
α) Τοὺς κλιβάνους περιστρεφομένου δαπέδου [σχ. 19·10 γ (α)], ποὺ στρέφονται βραδέως περὶ κατακόρυφον δξονα.

β) Τοὺς κλιβάνους ὠθήσεως (ἢ μὲ ὠθητήν) [σχ. 19·10 γ (β)], ὅπου τὰ πρὸς θερμικὴν κατεργασίαν τεμάχια ὠθοῦνται, διπος φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα, μέσω



Σχ. 19 · 10 α.

Σχηματική παράστασις κλιβάνων θερμικῶν κατεργασιῶν τύπου παρτίδος.



Σχ. 19 · 10 β.

Σχηματική παράστασις κλιβάνου τύπου παρτίδος διὰ θερμίκην κατεργασίαν τεμαχίων μεγάλου μῆκος.

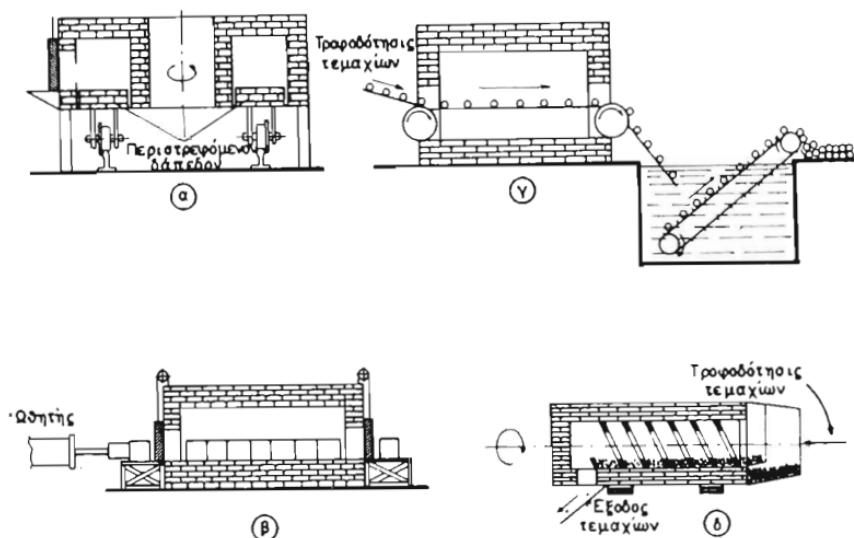
τοῦ θαλάμου τοῦ κλιβάνου μὲ εἰδικὸν ὑδραυλικὸν μηχανισμόν. Ὁ μηχανισμὸς αὐτὸς ἔχει σχεδιασθῆ κατὰ τρόπον, ὥστε τὰ τεμάχια νὰ ὠθοῦνται περιοδικῶς, καὶ εἰς ὡρισμένην ἀπόστασιν τὸ καθένα. Τὰ μεγάλα τεμάχια τοποθετοῦνται ἀπ' εὐθείας ἐπὶ τοῦ δαπέδου, ἐνῶ τὰ μικρὰ τοποθετοῦνται εἰς κατάλληλα κιβώτια. Οἱ κλίβανοι αὐτοῦ τοῦ εἶδους δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν δι' ἀνόπτησιν, ἐπαναφοράν καὶ βαθήν ἢ ἔξομάλυνσιν.

γ) Τοὺς κλιβάνους μεταφορικῆς ταινίας [σχ. 19 · 10 γ (γ)], εἰς τοὺς δποίους ἢ ταινία μετακινεῖται συνεχῶς μὲ πολὺ χαμηλὴν ταχύτητα, κατασκευάζεται δὲ συνήθως χυτὴ ἀπὸ πυρίμαχον χάλυβα, δ ὁ δποίος ἀντέχει εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας [παράγρ. 21 · 4 (Β)].

Τὰ πρὸς κατεργασίαν τεμάχια τοποθετοῦνται ἀπ' εὐθείας ἐπὶ τῆς ταινίας, ἔξερχόμενα δὲ ἀπὸ τὸν κλίβανον περισυλλέγονται εἰς κιβώτια ἢ ἐμβαπτίζονται ἀναλόγως εἰς κατάλληλον λουτρόν. Συνήθως οἱ κλίβανοι αὐτοὶ χρησιμοποιοῦνται διὰ βαθήν ἢ ἐπαναφοράν.

δ) Τοὺς περιστροφικοὺς κλιβάνους [σχ. 19 · 10 γ (δ)], ποὺ στρέφονται μὲ μικρὰν ταχύτητα περὶ δριζόντιον ἀξονα. Τὰ τεμάχια διέρχονται ἀπὸ τὸν θάλαμον τοῦ

κλίβανου μὲ τὴν βοήθειαν κοχλιωτικῆς μεταφορικῆς ταινίας. Οἱ κλίβανοι αὐτοῦ τοῦ εἶδους χρησιμοποιοῦνται διὰ βαφῆν καὶ ἐπαναφοράν μικρῶν τεμαχίων, καθὼς ἐπίσης καὶ δι' ἐνανθράκωσιν μὲ ἀέρια μέσα. Τὰ θερμά ἀέρια ἐνανθρακώσεως κυκλοφοροῦν γύρω ἀπὸ τὰ τεμάχια διὰ τῆς συνεχοῦς περιστροφῆς τοῦ κλίβανου.



Σχ. 19·10 γ.

Κλίβανοι θερμικών κατεργασιών συνεχοῦς ροῆς: α) Κλίβανος περιστρεφομένου δαπέδου. β) Κλίβανος ώδήσεως. γ) Κλίβανος μεταφορικῆς ταινίας. δ) Περιστροφικός κλίβανος.

3) Ὡς πρὸς τὴν πηγὴν τῆς παρεχομένης θερμότητος.

Οἱ κλίβανοι θερμικών κατεργασιών διακρίνονται ὡς ἔξης ὡς πρὸς τὸ εἶδος τῆς πηγῆς τῆς παρεχομένης θερμότητος:

α) Εἰς κλίβανους στερεοῦ, ὑγροῦ ἢ ἀερίου καυσίμου. Εἰς τὰ σύγχρονα τυμπάτα θερμικών κατεργασιών οἱ κλίβανοι στερεοῦ καυσίμου ἔχουν σχεδὸν ἐγκαταλειφθῆ. Μειονεκτοῦν κατὰ τὸ δῖτι ἢ σχεδίασις καὶ κατασκευὴ τῶν εἰναι πολύπλοκος, ὁ ἔλεγχος τῆς θερμοκρασίας τῶν εἰναι πολὺ δύσκολος καὶ δὲν προσφέρονται δι' αὐτοματισμὸν. Οἱ κλίβανοι ἀερίου καυσίμου εἰναι οἱ περισσότερον ἀποδοτικοὶ τῆς κατηγορίας αὐτῆς. Ἡ σχεδίασις τῶν εἰναι πολὺ ἀπλῆ, ἔλεγχεται ἡ θερμοκρασία τῶν εύκολων καὶ συνεπῶς δὲν παρουσιάζουν δυσκολίας κατὰ τὴν λειτουργίαν τῶν.

Εἰς τοὺς κλίβανους καυσίμου, ἡ θερμότης μεταδίδεται ἐκ τῶν θερμῶν ἀερίων πρὸς τὰ θερμαινόμενα τεμάχια δι' ἀκτινοβολίας καὶ κατ' εύθειαν δι' ἀγωγῆς.

β) Εἰς ἡλεκτρικούς κλίβανους, οἱ ὅποιοι εἰναι πολὺ ἀπλοὶ εἰς τὴν σχεδίασιν, διότι δὲν διαθέτουν θάλαμον καύσεως, καπναγωγούς οὔτε καπνοδόχον. Ἡ θερμο-

κρασία μετρεῖται μὲ εύκολίαν καὶ ἀκρίβειαν. 'Ο ἔλεγχός της δύναται νὰ γίνῃ πλήρως καὶ εύκόλως μὲ ἐφαρμογὴν συστημάτων αὐτοματισμοῦ.

Εἰς τοὺς ἡλεκτρικοὺς κλιβάνους μὲ μεταλλικὰ θερμαντικὰ στοιχεῖα, ἡ μετάδοσις τῆς θερμότητος εἰς τὰ τεμάχια γίνεται μόνον δι' ἀκτινοβολίας. Κατὰ συνέπειαν οἱ ἡλεκτρικοὶ κλιβάνοι θερμαίνονται κάπως βραδύτερον ἐν σχέσει πρὸς τοὺς κλιβάνους καυσίμουν. 'Ἐπίστης, εἰς χαμηλοτέρας θερμοκρασίας ἢ θέρμανσις τῶν τεμαχίων εἰναι ἀνομοιόμορφος. Πρὸς ἀποφυγὴν τῶν μειονεκτημάτων αὐτῶν τῶν ἡλεκτρικῶν κλιβάνων, χρησιμοποιοῦνται ἀνεμιστήρες διὰ τὴν κυκλοφορίαν τοῦ θερμοῦ ἀέρος εἰς τὸν θάλαμον τοῦ κλιβάνου.

'Ο θερμικὸς βαθμὸς ἀποδόσεως τῶν ἡλεκτρικῶν κλιβάνων εἰναι πολὺ ὑψηλός, διότι δὲν ἔχομεν ἀπωλείας θερμότητος, ὅπως π.χ. μὲ τὰ ἔξερχόμενα καυσαέρια, πρᾶγμα πού συμβαίνει εἰς τοὺς κλιβάνους καυσίμουν. Χαρακτηριστικὸν εἰναι τὸ παράδειγμα, ὅτι δὲ θερμικὸς βαθμὸς ἀποδόσεως ἡλεκτρικοῦ κλιβάνου τύπου παρτίδος διὰ βαφῆν καὶ ἔξομάλυνσιν κυμαίνεται εἰς τὴν περιοχὴν ἀπὸ 65% μέχρις 75%, ἐνῶ δὲ θερμικὸς βαθμὸς ἀποδόσεως ἀντιστοίχου κλιβάνου καυσίμου κυμαίνεται ἀπὸ 15% μέχρις 20% μόνον.

'Ἐπίστης δὲ θερμικὸς βαθμὸς ἀποδόσεως κλιβάνων συνεχοῦς ροῆς κυμαίνεται εἰς τὴν περιοχὴν ἀπὸ 70% ἕως 80% δι' ἡλεκτρικοὺς κλιβάνους ἔναντι 15% ἕως 25% διὰ κλιβάνους καυσίμουν.

4) Ὡς πρὸς τὸ εἶδος τοῦ μέσου ἐκτελέσεως τῆς θερμικῆς κατεργασίας.

Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς θερμικῆς κατεργασίας εἰναι δυνατόν, ἀναλόγως τῆς περιπτώσεως, νὰ χρειάζεται ὥρισμένον μέσον διὰ νὰ γίνῃ αὐτή. Τὰ μέσα αὐτὰ εἰναι:

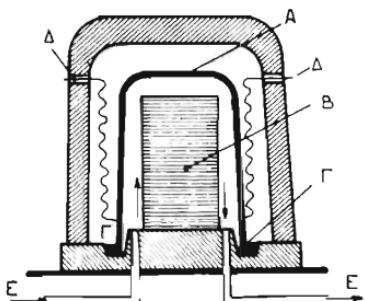
- α) Ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρος.
- β) Προστατευτικὴ ἀτμόσφαιρα ἀερίου.
- γ) Ειδικὴ ἀτμόσφαιρα ἀερίου (ώς π.χ. κατὰ τὴν ἐνανθράκωσιν δι' ἀερίων μέσων ἢ τὴν ἐναζώτωσιν).
- δ) Λουτρά τετηγμένων ἀλάτων.
- ε) Λουτρά δρυκτελαίων (λουτρά ἐπαναφορᾶς).
- στ) Κόνις (ὅπως κατὰ τὴν ἐνανθράκωσιν διὰ στερεῶν μέσων).

Πρὸς θέρμανσιν τεμαχίων ἐντὸς προστατευτικῆς ἀτμοσφαίρας ἢ πρὸς ἐνανθράκωσιν, ἐναζώτωσιν ἢ ἐνδοκυάνωσιν χρησιμοποιεῖται ὁ κλιβανος χωνευτηρίου, τύπου κώδωνος (σχ. 19 - 10 δ). Βασικῶς περιλαμβάνει τὸ χωνευτήριον Α ἐκ πυριμάχου ύλικοῦ εἰς σχῆμα κώδωνος, τὸ δόποιον δύναται νὰ ἀφαιρῆται διὰ τὴν ἐκάστοτε τοποθέτησιν τῶν πρὸς κατεργασίαν τεμαχίων Β. Τὸ χωνευτήριον φράσσεται εἰς τὴν βάσιν του μὲ κατάλληλον πυριμάχον πηλὸν Γ. 'Η θέρμανσίς του ἐπιτυγχάνεται μὲ ἡλεκτρικάς ἀντιστάσεις Δ. Πρὸς δημιουργίαν τῆς ἐπιθυμητῆς ἀτμοσφαίρας, ἐντὸς τοῦ χωνευτηρίου κυκλοφορεῖ κατάλληλον ἀερίου διὰ τῶν σωληνώσεων Ε. Σοβαρὸν μειονέκτημα τῶν κλιβάνων αὐτῶν εἰναι ἡ μικρὰ διάρκεια ζωῆς τοῦ χωνευτηρίου.

Λουτρά τετηγμένων ἀλάτων.

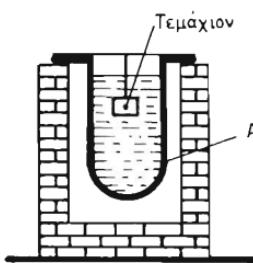
"Ἔχομεν ἀναφέρει, διτὶ διὰ τὴν θέρμανσιν τῶν τεμαχίων πρὸς ἐπαναφοράν, βαφῆν ἢ ἐνανθράκωσιν μὲ ὑγρὰ μέσα ἐνανθρακώσεως, χρησιμοποιοῦνται λουτρά

τετηγμένων ἀλάτων. Τὰ λουτρά αὐτὰ ἔχουν τὸ πλεονέκτημα ὅτι δὲν ὄξειδώνουν οὔτε ἔξανθρακώνουν τὰ τεμάχια, πυρώνουν δύμοιο μόρφως, είναι κατάλληλα διὰ αυνεχῆ ἐργασίαν καὶ προκαλοῦν εἰς τὸ ἐλάχιστον ρωγμάς καὶ στρεβλώσεις. Χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν τεμαχίων μικροῦ μεγέθους. Τυπικὸς κλίβανος λουτροῦ τετηγμένων ἀλάτων δίδεται σχηματικῶς εἰς τὸ σχῆμα 19·10 ε. Τὰ ἄλατα



Σχ. 19·10 δ.

Κλίβανος χωνευτηρίου τύπου κώδωνος. Κλίβανος λουτροῦ τετηγμένων ἀλάτων.



Σχ. 19·10 ε.

λειώνουν (τήκονται) ἐντὸς χωνευτηρίου Α κατεσκευασμένου συνήθως ἀπὸ πυρίμαχον χάλυβα. Τὸ χωνευτήριον αὐτὸ τὸ θερμαίνεται διὰ τῆς καύσεως ύγρου ἢ ἀερίου καυσίμου (περίπτωσις σχ. 19·10 ε) ἢ δι' ἡλεκτρικῶν ἀντιστάσεων εύρισκομένων ἐκτὸς τοῦ λουτροῦ. Συμβαίνει ὅμως νὰ χρησιμοποιοῦνται καὶ λουτρά, εἰς τὰ ὁποῖα τὰ τετηγμένα ἄλατα θερμαίνονται ἀπὸ ἡλεκτρόδια, ποὺ ἐμβαπτίζονται ἐντὸς αὐτῶν. Τὰ λουτρά αὐτὰ ἔχουν μεγαλύτερον θερμικὸν βαθμὸν ἀποδόσεως καὶ χρησιμοποιοῦνται κυρίως διὰ τὴν θέρμανσιν ταχυχαλύβων πρὸς βαφήν, λόγω τῆς ὑψηλῆς θερμοκρασίας βαφῆς, ποὺ χρειάζεται.

Εἰς τὸν Πίνακα 19·10·1 δίδονται τὰ ἄλατα καὶ μίγματα ἀλάτων, ὡς καὶ τὰ μέταλλα, ποὺ συνήθως χρησιμοποιοῦνται ὡς λουτρά μὲν ὀρισμένα χρήσιμα διὰ τὴν πρᾶξιν στοιχεία.

Διὰ τὴν ἐπαναφορὰν ἐργαλείων μεταχειριζόμεθα καὶ λουτρά ἐλαίου, ποὺ θεωροῦνται κατάλληλα μέχρι τῆς θερμοκρασίας τῶν 3000 °C. Τὰ λουτρά αὐτὰ παρουσιάζουν εὐκολίαν εἰς τὴν μέτρησιν καὶ τὸν ἐλεγχὸν τῆς θερμοκρασίας. Δὲν ἀπαιτοῦν δοχεῖα ἀπὸ πυρίμαχον ύλικόν, ἀλλὰ ἀπὸ χυτοσίδηρον ἢ κοινὸν χάλυβα.

19·11 Θερμικαὶ κατεργασίαι χαλυβοκραμάτων.

“Ολα, ὅσα ἔχομεν μέχρι τώρα ἀναφέρει περὶ θερμικῶν κατεργασιῶν, ἀφοροῦν εἰς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας. Κατὰ τὰς θερμικὰς ὅμως κατεργασίας τῶν χαλυβοκραμάτων (παράγρ. 20·1) παρατηροῦνται ὥρισμέναι διαφοραί, μὲ τὰς ὁποίας καὶ θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς τὴν παράγραφον αὐτήν. Θὰ ἀναφερθῶμεν εἰς γενικὰς μόνον παρατη-

ΠΙΝΑΞ 19 · 10 · 1

Λουτρὰ τετηγμένων ἀλάτων καὶ μετάλλων χρησιμοποιούμενα εἰς θερμικὰς κατεργασίας

Σκοπός τοῦ λουτροῦ τετηγμένων ἀλάτων	Ἄλατα ἢ μίγματα ἀλάτων		Θερμοκρασία [°C]	
	Όνομασία	Βάρος [%]	Σημεῖον τήξεως	Περιοχὴ λειτουργίας
'Επαναφορὰ ἐλατηρίων καὶ μικρῶν τεμαχίων	Νιτρικὸν νάτριον	55	218	230 – 550
	Νιτρικὸν κάλιον	45		
	Νιτρικὸν νάτριον	45	317	325 – 600
	Νιτρικὸν κάλιον	55		
	Νιτρικὸν νάτριον	100	337	350 – 600
	Νιτρικὸν κάλιον	100		
Θέρμανσις ἀνθρακούχων χαλύβων καὶ πτωχῶν χαλυβοκραμάτων πρὸς βαφὴν	Χλωριοῦχον νάτριον	35	620	650 – 900
	'Ασβεστοποιημένον νάτριον	65		
	Χλωριοῦχον νάτριον	22	654	675 – 900
	Χλωριοῦχον βάριον	78		
Θέρμανσις πλουσίων χαλυ- βοκραμάτων πρὸς βαφὴν	Χλωριοῦχον νάτριον	100	810	850 – 1100
Θέρμανσις ταχυχαλύβων πρὸς βαφὴν	Χλωριοῦχον βάριον	100	960	1100 – 1350
'Αλκαλικὰ λουτρὰ δι' ἐπαναφορὰν	Καυστικὴ σόδα	100	332	350 – 700
	Καυστικὴ ποτάσσα	100	360	400 – 650
	Καυστικὴ σόδα	37	159	180 – 350
	Καυστικὴ ποτάσσα	63		
Λουτρὰ μολύβδου - κασσιτέρου πρὸς ἐπαναφορὰν	Μόλυβδος	45	200	220 – 500
	Κασσίτερος	55		
	Μόλυβδος	70	250	225 – 500
	Κασσίτερος	30		
	Μόλυβδος	88	300	325 – 550
	Κασσίτερος	12		

ρήσεις. Περισσότερα στοιχεῖα ἐπὶ τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν τῶν χαλυβοκραμάτων θὰ δώσωμεν, ὅπου χρειασθῇ, εἰς τὰ σχετικὰ εἰδικὰ κεφάλαια.

I) *Baφὴ χαλυβοκραμάτων.*

Διὰ τὴν βαφὴν τῶν χαλυβοκραμάτων ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἔξῆς:

α) Προσθῆκαι (τὰ ξένα στοιχεῖα, ποὺ προστίθενται εἰς τὸν ἀνθρακοῦχον χάλυβα, διὰ νὰ σχηματισθῇ τὸ χαλυβόκραμα) τοῦ χαλυβοκράματος (εἶδος καὶ περιεκτικότης), μεταθέτουν πρὸς τὰ δεξιὰ τὸ ἀντίστοιχον διάγραμμα X - Θ - M (σχ. 18 · 2 β). Τοῦτο σημαίνει, ὅτι ἡ κρίσιμος ταχύτης βαφῆς (παράγρ. 18 · 3) ἐλαττώνεται.

Ἡ μετάθεσις αὐτὴ τοῦ διαγράμματος X - Θ - M εἶναι μεγαλύτερα, ὅταν αὐξηθῇ ἡ περιεκτικότης εἰς προσθήκας. Περισσότερον μεταφέρονται πρὸς τὰ δεξιὰ αἱ καμπύλαι τῶν χαλυβοκραμάτων μὲ προσθήκας, ποὺ σχηματίζουν καρβίδια. Συνεπῶς, ἡ κρίσιμος ταχύτης βαφῆς ἐλαττώνεται, καθὼς προχωροῦμεν εἰς τὰς προσθήκας ἀπὸ τοῦ Cu, Ni, Si (στοιχεῖα ποὺ δὲν σχηματίζουν καρβίδια), πρὸς τὸ Cr, Mo, W, Mn, Ti, V (στοιχεῖα ποὺ σχηματίζουν καρβίδια).

β) Αἱ προσθῆκαι ἐπιδροῦν σοβαρῶς ἐπὶ τῆς θερμοκρασίας ἐνάρξεως (θ_c) καὶ πέρατος (θ_n) μετασχηματισμοῦ τοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην κατὰ τὴν βαφὴν (παράγρ. 20 · 2). Αἱ θερμοκρασίαι θ_c καὶ θ_n ἔχαρτῶνται καὶ ἐκ τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητος, ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει (σχ. 19 · 7 α).

Εἰς ὥρισμένα χαλυβοκράματα, ἡ θερμοκρασία θ_c συμβαίνει νὰ εἶναι κατωτέρα τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, τὸ χαλυβόκραμα καὶ μετὰ τὴν βαφὴν θὰ ἔχῃ κρυσταλλικὴν δομὴν ὡστενίτου. Τὰ χαλυβοκράματα αὐτὰ ὀνομάζονται ὡστενικά.

γ) Ὁρισμένα χαλυβοκράματα εἶναι δυνατόν, μετὰ ἀπὸ ἀπόψυξιν εἰς τὸν ἡρεμον ἀέρα, νὰ ἀποκτήσουν κρυσταλλικὴν δομὴν μαρτενσίτου μὲ ἀνάλογον ποσοστὸν ὑπολειπομένου ὡστενίτου, δηλαδὴ νὰ βαφοῦν. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός, ὅτι αἱ προσθῆκαι μετέθεσαν τόσον πολὺ πρὸς τὰ δεξιὰ τὴν καμπύλην X - Θ - M τοῦ χαλυβοκράματος (ὅπως ἀνωτέρω ἀνεφέραμεν), ὡστε ἡ κρίσιμος ταχύτης βα-

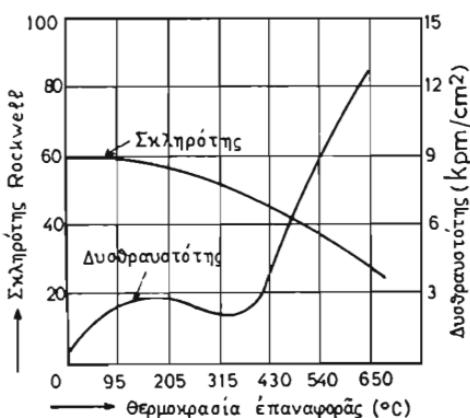
φῆς κατῆλθε κάτω τῆς ταχύτητος ἀποψύξεως εἰς τὸν ἐλεύθερον ἥρεμον ἀέρα. Τὰ χαλυβοκράματα αὐτὰ ὀνομάζονται αὐτόβαφα ἢ μαρτενσιτικά.

δ) Ἡ σκληρότης, ποὺ ἐπιτυγχάνεται μετὰ ἀπὸ βαφήν, ἔξαρται ὀλίγον καὶ ἀπὸ τὰς προσθήκας, ἀποφασιστικὸς ὅμως παράγων εἶναι ἡ εἰς ἄνθρακα περιεκτικότης τοῦ χαλυβοκράματος. "Οσον ἡ εἰς ἄνθρακα περιεκτικότης εἶναι μεγαλυτέρα, τόσον τὸ χαλυβόκραμα ἀποκτᾶ μεγαλυτέραν σκληρότητα μετὰ τὴν βαφήν.

ε) Αἱ προσθήκαι εἰς τὸν χάλυβα ἔχουν ἐπίδρασιν καὶ ἐπὶ τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων τοῦ ὠστενίτου καὶ κατὰ συνέπειαν τοῦ μαρτενσίτου μετὰ βαφήν, τοῦ περλίτου - φερρίτου μετὰ ἀνόπτησιν κ.λπ. Αἱ προσθήκαι, ποὺ εύνοοῦν τὴν ἀνάπτυξιν λεπτοκόκκου κρυσταλλικοῦ ἰστοῦ, εἶναι ἐκεῖναι ποὺ σχηματίζουν καρβίδια, δηλαδὴ τὸ Cr, Mo, W, V, Mn, Ti.

2) Ἐπαναφορὰ χαλυβοκραμάτων.

Γνωρίζομεν, ὅτι κατὰ τὴν ἐπαναφορὰν τῶν ἄνθρακούχων χαλύβων (σχ. 19·8 γ) ἡ δυσθραυστότης αὐξάνεται συνεχῶς, καθ' ὃσον αὔξανεται ἡ θερμοκρασία ἀνοπτήσεως μέχρι περίπου τοὺς 600°C καὶ κατόπιν ἀρχίζει νὰ ἐλαττώνεται. Εἰς ὡρισμένα χαλυβοκράματα δὲν συμβαίνει αὐτό, ἀλλὰ παρατηρεῖται σοβαρὰ πτῶσις τῆς δυσθραυστότητος εἰς χαμηλὰς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς, ὅπως εἰς τὴν περιοχὴν ἀπὸ 200°C μέχρι 400°C (σχ. 19·11 α)



Σχ. 19·11 α.

Μεταβολὴ δυσθραυστότητος καὶ σκληρότητος πτωχοῦ χαλυβοκράματος συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας ἀνοπτήσεως.

χαλυβόκραμα νὰ ἔχῃ κυρίως μεγάλην σκληρότητα καὶ ἀντοχὴν εἰς φθοράν, τότε ἡ ἐπαναφορά του γίνεται εἰς θερμοκρασίαν κάτω τῶν

2000°C. Έὰν χρειάζεται νὰ ἔχῃ καλὴν δυσθραυστότητα, τότε ἐπαναφέρεται εἰς θερμοκρασίαν ἄνω τῶν 4000°C ἀναλόγως.

Εἰς ώρισμένα χαλυβοκράματα, κυρίως μαγγανίου καὶ χρωμίου ἢ νικελίου καὶ χρωμίου, παρατηρεῖται τὸ φαινόμενον ποὺ ὁνομάζομεν ἀνωμαλίαν εὐθραυστότητος ἐξ ἐπαναφορᾶς. Τὸ κράμα δηλαδή, μετὰ βαφὴν καὶ ἐπαναφορὰν εἰς τὴν περιοχὴν θερμοκρασίας ἀπὸ 4500°C ἕως 6000°C περίπου καὶ βραδεῖαν ἀπόψυξιν μετὰ τὴν ἐπαναφορὰν εἶναι εὐθραυστὸν εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος.

Ἡ δυσθραυστότης ἐν τούτοις τοῦ χαλυβοκράματος διατηρεῖται, ἂν ἡ ἀπόψυξις μετὰ τὴν ἀνόπτησιν γίνη ταχέως, π.χ. ἐντὸς ὕδατος. Εἴὰν προσθέσωμεν ὀλίγον Mo (περίπου 0,10%) εἰς τὸ χαλυβόκραμα, περιορίζεται κατὰ πολὺ ἡ ἀνωμαλία αὐτῆς.

Ἐπίσης, εἰς ώρισμένα πλούσια χαλυβοκράματα, ὅπως εἶναι οἱ ταχυχάλυβες [παράγρ. 21·3(Ε), μὲ στοιχεῖα ποὺ σχηματίζουν καρβίδια, παρατηρεῖται ὅτι δὲν ἐλαττώνεται ἡ σκληρότης τῶν μετὰ ἐπαναφορὰν [σχ. 19·8 γ (β)]]]. Οἱ χάλυβες αὐτοῦ τοῦ εἰδους χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν ἐργαλείων κοπῆς, ποὺ πρέπει νὰ διατηροῦν τὴν σκληρότητά των εἰς ύψηλάς θερμοκρασίας. Καὶ τοῦτο, διότι κατὰ τὴν κοπὴν τῶν μετάλλων, διὰ νὰ ἔχωμεν καλὴν ἀπόδοσιν χρειάζεται μεγάλη ταχύτης κοπῆς, ἡ ὅποια μὲ τὴν σειράν της ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἐργαλείου.

ΜΕΡΟΣ ΟΓΔΟΟΝ

ΧΑΛΥΒΟΚΡΑΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 20

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΟΚΡΑΜΑΤΩΝ

20 · 1 Τὰ μειονεκτήματα τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων.

Οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες, μὲ τοὺς ὅποιους ἔκτενῶς ἔχομεν ἀσχοληθῆ, παρουσιάζουν σοβαρὰ μειονεκτήματα ἔναντι τῶν ἀπαιτήσεων τῆς συγχρόνου τεχνικῆς. Τὰ σπουδαιότερα ἀπὸ τὰ μειονεκτήματα αὐτὰ εἰναι τὰ ἔξης:

α) Τὸ ὄριον θραύσεως τῶν χαλύβων αὐτῶν ἐν συνδυασμῷ καὶ πρὸς ἴκανοποιητικὴν δυσθραυστότητα καὶ πλαστικότητα θεωρεῖται χαμηλόν.

β) Κατὰ τὴν βαφήν των παρατηρεῖται ἔντονον τὸ φαινόμενον μάζης [παράγρ. 19 · 7 (Δ)]. Τεμάχια δηλαδὴ μεγάλης διατομῆς δὲν εἰναι δυνατὸν νὰ βαφοῦν δόμοιο μόρφως εἰς ὅλην τὴν ἔκτασιν τῆς διατομῆς των, ἔστω καὶ εἰς τὸ δραστικώτερον λουτρὸν βαφῆς. Ἐπίσης, λόγω τῆς μεγάλης ταχύτητος ἀποψύξεως, ποὺ ἀπαιτεῖται διὰ τὴν βαφήν τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων, δημιουργοῦνται στρεβλώσεις, ρωγμαὶ ἥ καὶ τὰ δύο εἰς τὰ τεμάχια.

γ) Παρουσιάζουν μειωμένην ἀντοχὴν εἰς τὴν ὀξείδωσιν καὶ εἰς τὴν διάβρωσιν, ἀκόμη καὶ εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα. Ἡ ἀντοχὴ των αὐτὴ μικραίνει μὲ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας.

δ) Μετὰ τὴν ἐπαναφορὰν ἡ σκληρότης των [σχ. 19 · 8 γ (β)] πίπτει ἀποτόμως μὲ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς. Τοῦτο ἀποτελεῖ σοβαρὸν μειονέκτημα τῶν ἐργαλείων κοπῆς, ὃπου εἰναι ἐπιθυμητὴ ἡ διατήρησις τῆς σκληρότητος εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας.

ε) Μὲ τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας δὲν εἰναι δυνατὸν νὰ ἐπιτύχωμεν ὡρισμένας χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας, ποὺ εἰναι ἀναγκαῖαι εἰς ἐφαρμογὰς εἰς τὸν ἡλεκτρισμόν, μαγνητισμὸν ἥ ἀλλοῦ, ὅπως π.χ. πολὺ μικρόν, μηδενικὸν σχεδόν, συντελεστὴν διαστολῆς.

Τὰ χαλυβοκράματα ἢ εἰδικοὶ χάλυβες ἔχουν ἀναπτυχθῆ ἀκριβῶς διὰ νὰ καλύψουν τὰ σοβαρὰ μειονεκτήματα τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων ποὺ ἀνεφέραμεν.

Τὰ χαλυβοκράματα εἶναι κράματα σιδήρου καὶ ἀνθρακοῦ, εἰς τὰ ὅποια προστίθενται ἔνα ἢ περισσότερα ξένα στοιχεῖα, τὰ ὅποια ὀνομάζομεν προσθήκας. Εἰς τὰς προσθήκας αὐτὰς ὀφείλονται αἱ βελτιώμεναι ἢ καὶ ἐντελῶς νέαι ἰδιότητες τῶν χαλυβοκραμάτων, τὰς ὅποιας δὲν ἔχουν οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες. "Ἐτσι, μικραὶ π.χ. ποσότητες νικελίου, Ni, καὶ χρωμίου, Cr, βελτιώνουν σημαντικῶς τὰς μηχανικάς ἰδιότητας ἀνθρακούχου χάλυβος, ἐνῶ μεγαλύτεραι ποσότητες τῶν στοιχείων αὐτῶν μᾶς δίδουν ἀνοξείδωτον χάλυβα [παράγρ. 21 · 4 (Α)].

Αἱ συνήθεις προσθῆκαι εἶναι:

α) Τὸ μαγγάνιον, Mn, τὸ νικέλιον, Ni, τὸ χρώμιον, Cr, καὶ τὸ πυρίτιον, Si, τὰ ὅποια ὀνομάζομεν κυρίας προσθήκας καὶ

β) τὸ μολυβδαίνιον, Mo, τὸ βολφράμιον, W, τὸ βανάδιον, V, κοβάλτιον, Co, καὶ τὸ ἀργίλιον, Al, τὰ ὅποια ὀνομάζομεν δευτερευούσας προσθήκας.

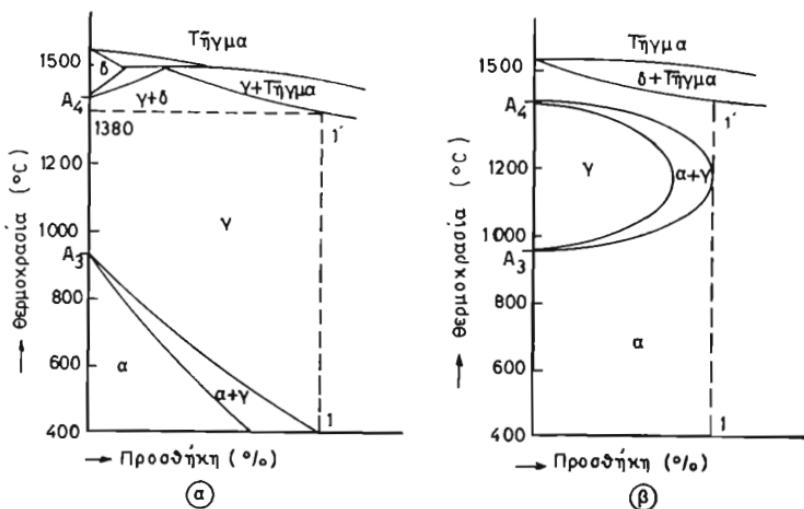
20 · 2 Ἐπίδρασις τῶν προσθηκῶν. Εἰδη χαλυβοκραμάτων.

Κατωτέρω, θὰ ἀναφέρωμεν χονδρικῶς τὴν ἐπίδρασιν ποὺ ἔχουν αἱ προσθῆκαι, ὅσον ἀφορᾶ εἰς τὰς μηχανικάς καὶ ἄλλας ἰδιότητας τῶν χαλυβοκραμάτων, καθὼς ἐπίσης καὶ τὴν κρυσταλλικήν των δομήν. Κατόπιν θὰ ἔξετάσωμεν λεπτομερέστερον τὴν ἐπίδρασιν κάθε προσθήκης χωριστά. "Ἐτσι:

α) Μὲ τὰς προσθήκας προσδίδεται μεγαλυτέρα ἀντοχὴ εἰς τὸ χαλυβόκραμα.

β) Μερικαὶ προσθῆκαι, ὅπως εἶναι τὸ Ni, Mn καὶ τὸ Co καταβιβάζουν τὸ κρίσιμον σημεῖον A₃ (σχ. 16 · α, 17 · 1, 17 · 2 α), ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 20 · 2 α (α). "Ἐτσι, ὅταν τὰ στοιχεῖα αὐτὰ προστίθενται εἰς ἀνθρακοῦχον χάλυβα, σταθεροποιοῦν τὸν ὡστενίτην (γ) καὶ αὔξάνουν τὴν περιοχὴν θερμοκρασιῶν, εἰς τὰς ὅποιας ὁ ὡστενίτης εἶναι δυνατὸν νὰ εύρισκεται εἰς κατάστασιν εύσταθείας, δηλαδὴ νὰ μὴ διασπᾶται. 'Ἐὰν π.χ. ἡ προσθήκη φθάσῃ τὴν περιεκτικότητα, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ σημεῖον 1, τότε ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ χαλυβοκράματος θὰ εἶναι ὡστενίτης ἀπὸ θερμοκρασίαν 400° C μέχρι περίπου 1380° C (σημεῖον 1'). "Οπως θὰ ἴδωμεν κατω-

τέρω, είναι δυνατὸν μὲ καταλλήλους προσθήκας νὰ ἔχωμεν εὔσταθη ὡστενίτην καὶ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος.



Σχ. 20 · 2 α.

Ἐπίδρασις τῆς προσθήκης ἐπὶ τῶν κρισίμων σημείων A_4 καὶ A_3 τοῦ χαλυβοκράματος: α) Τὸ κρίσιμον σημεῖον A_3 καταβιβάζεται. β) Τὸ κρίσιμον σημεῖον A_3 ἀναβιβάζεται.

Ἄλλαι προσθῆκαι, ὅπως εἶναι τὸ Cr, W, V, Mo καὶ Si καταβιβάζουν τὸ κρίσιμον σημεῖον A_4 καὶ ἀναβιβάζουν τὸ A_3 [σχ. 20 · 2 α (β)]. Ἐτσι, περιορίζονται αἱ θερμοκρασίαι καὶ περιεκτικότητες τῆς προσθήκης, εἰς τὰς ὁποίας ὑπάρχει εὐσταθής ὡστενίτης καὶ δημιουργεῖται ἔνας γ -βρόγχος, ὅπως τὸν ὄνομάζομεν. Συνεπῶς, μόλις ἡ προσθήκη ὑπερβῇ τὴν ἀναλογίαν, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ σημεῖον 1 [σχ. 20 · 2 α (β)], τότε τὸ χαλυβόκραμα θὰ ἔχῃ κρυσταλλικὴν δομὴν φερρίτου (α) εἰς οίανδήποτε θερμοκρασίαν, μέχρις ἐκείνης ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ σημεῖον 1'. Εἶναι φανερόν, ὅτι τὰ χαλυβοκράματα αὐτὰ δὲν ὑφίστανται θερμικὰς κατεργασίας, διότι δὲν παρουσιάζουν κρίσιμα σημεῖα.

γ) Τὰ στοιχεῖα Cr, W, V, Mo, Ti καὶ Mn προστιθέμενα εἰς ἀνθρακοῦχον χάλυβα σχηματίζουν σταθερὰ καρβίδια καὶ μάλιστα κατὰ πολὺ σκληρότερα ἀπὸ τὸν γνωστὸν σημεντίτην (παράγρ. 17 · 1).

"Άλλαι προσθήκαι ὅμως, ὅπως τὸ Ni, Si καὶ Al γραφιτοποιοῦν τὸν σεμεντίτην.

'Ο σεμεντίτης, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, διασπᾶται εἰς φερίτην καὶ γραφίτην. Εἰς τὴν πρᾶξιν, διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὸ ἀποτέλεσμα τῆς γραφιτοποιήσεως τοῦ σεμεντίτου, ποὺ χειροτερεύει τὰς μηχανικὰς ιδιότητας τοῦ χαλυβοκράματος, προσθέτομεν στοιχεῖα ποὺ σχηματίζουν καρβίδια, ὅπως συμβαίνει μὲ τοὺς νικελιοχρωμούχους χάλυβας [παράγρ. 20·2(Δ)], ὅπου, ἐνῶ τὸ Ni βοηθεῖ εἰς τὴν ἀπελευθέρωσιν γραφίτου, τὸ Cr σχηματίζει σκληρά καρβίδια.

δ) Αἱ προσθῆκαι μετατοπίζουν πρὸς τὰ ἀριστερὰ τὸ σημεῖον τῆς εὐτηκτοειδοῦς ἀναλογίας S (σχ. 17·2α) τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος ίσορροπίας τοῦ χάλυβος. Τοῦτο σημαίνει, ὅτι τὸ χαλυβόκραμα θὰ ἔχῃ κρυσταλλικήν δομὴν περλίτου, ἀν καὶ θὰ περιέχῃ ἄνθρακα κάτω τοῦ 0,80 %. Χαλυβοκράματα π.χ. μὲ $\pi(Mn) = 2,50\%$ παρουσιάζει δομὴν περλίτου μὲ $\pi(C) = 0,65\%$.

ε) "Ἔχομεν ἡδη ἀναφέρει εἰς τὴν παράγραφον 19·11, ὅτι αἱ προσθῆκαι εἰς ἀνθρακοῦχον χάλυβα μεταθέτουν πρὸς τὰ δεξιὰ τὸ διάγραμμα X - Θ - M, μὲ συνέπειαν τὴν ἐλάττωσιν τῆς κρισίμου ταχύτητος ἀποψύξεως (παράγρ. 18·3) τοῦ χαλυβοκράματος καὶ αὔξησιν τῆς ίκανότητός του πρὸς βαφήν. Τοῦτο ἐπιτρέπει τὴν χρησιμοποίησιν ἡπιωτέρων λουτρῶν βαφῆς μὲ τὰ γνωστὰ πλεονεκτήματα (ἀποφεύγονται στρεβλώσεις καὶ ρωγμαὶ τῶν τεμαχίων).

"Ἄσ λάβωμεν ὡς παράδειγμα τὸν εὐτηκτοειδῆ ἀνθρακοῦχον χάλυβα. Διὰ νὰ βαφῆ, πρέπει νὰ ἀποψυχθῇ ἀπὸ 723⁰ C μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος εἰς χρονικὸν διάστημα ἐνὸς περίπου δευτερολέπτου ἐντὸς λουτροῦ ὕδατος (δραστικὸν λουτρὸν βαφῆς). 'Ἐὰν προσθέσωμεν εἰς τὸν χάλυβα αὐτὸν μικρὰς ποσότητας Ni καὶ Cr, ἡ κρίσιμος ταχύτης ἀποψύξεως ἐλαττώνεται τόσον, ὥστε ἡ βαφή νὰ εἴναι δυνατή ἐντὸς λουτροῦ ἐλαίου (ἡπιον λουτρὸν βαφῆς).

'Ωρισμένα χαλυβοκράματα, μὲ καταλλήλους προσθήκας, βάφονται ἀκόμη καὶ ἐὰν ἀποψυχθοῦν εἰς τὸν ἐλεύθερον ἀέρα (πολὺ χαμηλὴ κρίσιμος ταχύτης ἀποψύξεως).

σ) Προσθῆκαι, ὅπως τὸ Cr, Si καὶ Al βελτιώνουν σημαντικῶς τὴν ἀντοχὴν τοῦ χαλυβοκράματος εἰς διάβρωσιν.

ζ) Τέλος, ὡρισμέναι προσθῆκαι αὐξάνουν τὸ μέγεθος τῶν κόκκων τοῦ ὡστενίτου, ὅπως εἴναι τὸ Cr καὶ τὸ Si, ἐνῶ ἄλλαι ἐλαττώ-

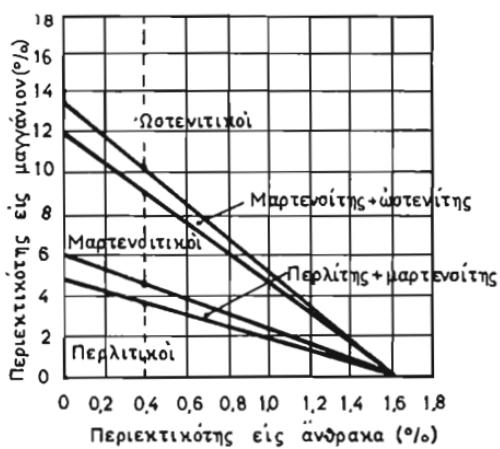
νουν τὸ μέγεθος τῶν κόκκων, ὅπως τὸ Ni. Τοῦτο ἔχει, ὡς γνωστόν, ἴδιαιτέραν σημασίαν, διότι ἐπηρεάζει τὰς μηχανικὰς ἴδιότητας τοῦ χαλυβοκράματος. Ἡ δυσθραυστότης λόγου χάριν βελτιώνεται, μὲ ἐκλέπτυνσιν τῶν κόκκων.

"Ἄσ μελετήσωμεν τώρα κατωτέρω τὰς ἐπιδράσεις κάθε προσθήκης χωριστὰ (συνοπτικῶς δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 20 · 2 · 1) καθὼς ἐπίσης καὶ τὰ ἀντίστοιχα χαλυβοκράματα.

A. Τὸ μαγγάνιον καὶ οἱ μαγγανιοῦχοι χάλυβες.

Τὸ μαγγάνιον περιέχεται μέχρις 1% περίπου εἰς ὅλους τοὺς χάλυβας. Τοῦτο εἶναι συνέπεια τῶν μεθόδων παρασκευῆς τοῦ χάλυβος, ὅπου τὸ μαγγάνιον χρησιμοποιεῖται ὡς ἀποξειδωτικόν.

Εἰς μεγαλυτέρας ποσότητας προστιθέμενον τὸ μαγγάνιον εἰς



Σχ. 20 · 2 β.

Κρυσταλλικὴ δομὴ μαγγανιοῦχων χαλύβων συναρτήσει τῆς εἰς ἀνθρακα καὶ μαγγάνιον περιεκτικότητος.

(περλιτικοὶ χάλυβες), μαρτενσίτου (μαρτενιτικοὶ) ἢ ὥστενίτου (ἀστενιτικοὶ) ἀναλόγως τῆς εἰς ἀνθρακα καὶ μαγγάνιον περιεκτικότητος τοῦ χάλυβος, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 20 · 2 β. Μαγγανιοῦχος χάλυψ π.χ. μὲ $\pi(C) = 0,40\%$ θὰ ἔχῃ κρυσταλλικὴν δομὴν περλίτου διὰ $\pi(Mn) = 0\%$ ἕως 3,70%, μαρτενσίτου διὰ $\pi(Mn) = 4,80\%$ ἕως 9% καὶ ὥστενίτου διὰ $\pi(Mn) > 10,50\%$ κατὰ προσέγγισιν.

Οἱ ἐν χρήσει περλιτικοὶ μαγγανιοῦχοι χάλυβες περιέχουν περί-

τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας:

α) Βελτιώνει τὰς μηχανικὰς ἴδιότητας τοῦ χαλυβοκράματος.

β) Χαμηλώνει τὴν κρίσιμον ταχύτητα ἀποψύξεως.

γ) Καταβιβάζει τὸ κρίσιμον σημεῖον A_3 καὶ ἔτσι καθιστᾶ σταθερὸν τὸν ὠστενίτην καὶ

δ) σχηματίζει σταθερὰ καρβίδια.

Οἱ μαγγανιοῦχοι χάλυβες συναντῶνται μὲ κρυσταλλικὴν δομὴν περλίτου

Π Ι Ν Α Ξ 20.2.1

*Επίδρασις των προσθηκών επί των διαφόρων ιδιοτήτων των χαλύβων

Ιδιότητες των χαλύβων	Mn	Ni	C _r	W	M _o	V	Si	Al	Co
1. Διαλυτότης εις του φερρίτην	3%	10%	άπεριό-ριστος	33%	37,50%	άπεριό-ριστος	18,50%	36%	75%
2. Διαλυτότης εις του ωστενίτην	άπεριό-ριστος	12,80%	6%	3%	1%	2%	1,10%		άπεριό-ριστος
3. Τάσις σχηματισμού καρβίδιων	+	—	—	+	+	+	+	—	—
4. Μηχανικαί ιδιότητες	βελτίωσης	βελτίωσης	βελτίωσης				(γραφι-τοποιεί)	(γραφι-τοποιεί)	
5. Σταθροποιητική ωστενίτου	NAI	NAI							
6. Σταθροποιητική φερρίτου									
7. Ελαστησιακή ικανότητας ταχύτητος διπούξεως	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	
8. Έλαστησιας επηρηκτειδιούς περι-εκτικότητος εις άνθρακα	NAI	NAI							
9. Μέγεθος κόκκων	βλάστωσης	αύξησης					ελάτ-των		
10. Αύξησης άντοχης εις φθοράν εκ τριβής			NAI	NAI	NAI	NAI	ελάτ-των		
11. Αντοχή εις διαβρωσιν				αύξησης					
12. Αύξησης άντοχης εις έπαναφοράν				NAI	NAI	NAI			
13. Εύθραυστότης εις έπαναφοράς						περιο-ρισμός	NAI	NAI	

που 1,50% Mn και ἀπὸ 0,20% μέχρι 0,25% C. Διὰ νὰ ἐλαττωθῇ τὸ φαινόμενον μάζης κατὰ τὴν βαφήν των προστίθεται 0,20% ἕως 0,55% Mo (Πίναξ 20 · 2 · 7).

Οἱ μαρτενσιτικοὶ μαγγανιοῦχοι χάλυβες δὲν παρουσιάζουν βιομηχανικὸν ἐνδιαφέρον.

Πρέπει νὰ σημειώσωμεν, ὅτι ὁ μόνος ὡστενιτικὸς μαγγανιοῦχος χάλυψ, ποὺ ἐνδιαφέρει, εἶναι ὁ γνωστὸς ὡς χάλυψ Hadfield (Χάντφλντ) μὲ περιεκτικότητα 1,20% C και 12,50% Mn, ποὺ παρεσκευάσθη τὸ 1882. Ο χάλυψ αὐτὸς παρουσιάζει πολὺ μεγάλην δυσθραυστότητα και ἀποκτᾶ ἔξαιρετικὰς ἴδιότητας ἀντοχῆς εἰς φθορὰν ἐκ κρούσεως μὲ τὴν χρῆσιν. Ή ἐπιφάνειά του, δηλαδή, συνεχῶς σκληρύνεται, ὥπως π.χ. κατὰ τὴν χρησιμοποίησίν του εἰς χαλικοθραυστῆρας μὲ τὸ κτύπημα τῶν λίθων.

Ἡ χημικὴ σύνθεσις, αἱ μηχανικαὶ ἴδιότητες, αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι, καθὼς και αἱ βιομηχανικαὶ χρήσεις τῶν κυριωτέρων μαγγανιούχων χαλύβων δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 20 · 2 · 2.

B. Τὸ νικέλιον και οἱ νικελιοῦχοι χάλυβες.

Τὸ νικέλιον ὡς προσθήκη εἰς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας:

α) Βελτιώνει τὰς μηχανικὰς τῶν ἴδιότητας.

β) Ἐλαττώνει τὴν εύτηκτοειδῆ περιεκτικότητα εἰς ἀνθρακα.

γ) Χαμηλώνει τὴν κρίσιμον ταχύτητα ἀποψύξεως.

δ) Καταβιβάζει τὸ κρίσιμον σημεῖον A₃ και συνεπῶς σταθεροποιεῖ τὸν ὡστενίτην.

ε) Γραφιτοποιεῖ τὸν σεμεντίτην και

στ) περιορίζει τὴν αὔξησιν τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων τοῦ ὡστενίτου.

Οἱ νικελιοῦχοι χάλυβες συναντῶνται ὡς περλιτικοί, μαρτενσιτικοί ἢ ὡστενιτικοί. Τὸ εἶδος αὐτὸ τῆς κρυσταλλικῆς τῶν δομῆς ἔξαρται ἀπὸ τὴν εἰς ἀνθρακα και νικέλιον περιεκτικότητα, ὥπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 20 · 2 γ.

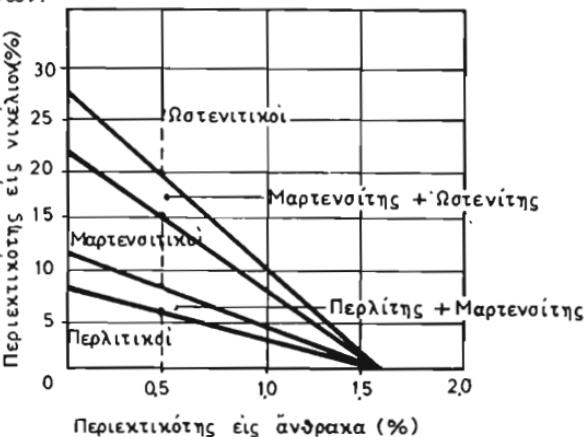
Ἀπὸ τὸ σχῆμα αὐτὸ προκύπτει, ὅτι νικελιοῦχος χάλυψ μὲ π(C) = 0,50% θὰ εἶναι περλιτικὸς διὰ π(Ni) = 0% ἕως 6%, μαρτενσιτικὸς διὰ π(Ni) = 8% ἕως 15% και ὡστενιτικὸς διὰ π(Ni) > 20% κατὰ προσέγγισιν.

Συνήθως, οἱ περλιτικοὶ νικελιοχάλυβες περιέχουν μέχρι 5% Ni και ἀνθρακα ἀπὸ 0,10% ἕως 0,40%. Οἱ μὲ χαμηλὴν περιεκτικότητα

Χημική σύνθεσης [%]		Μηχανικαί διότητες				Θερμική κατέργασια	Βιομηχανική χρήσης
C	Mn	Κατάστασις χάλυβος	σ_B [kp/mm ²]	A [%]	ρ^* [kpm/cm ²]		
0,25	1,50	Μετά έξουμανσιν	58	20	—	Βαφή είς έλαιον άπό 860°C. Έπαναφορά άναλογως τῶν έπιθυμητῶν μηχανικῶν ιδιότητων	Χύλιψ κατασκευής: Άξονες μεταδόσεως κινήσεως, στροφαλοφόροι άξονες, διαστημές
0,35	1,50	Εις ράβδουν διασμέτρου 30 mm.	70	27	7,20	Βαφή είς υδωρ άπό 840°C έως 860°C. Έπαναφορά είς 5500 διά μηχανολογικάς έν γένει	Χύλιψ κατασκευής: Εις βιομηχανίαν αυτοκινήτων και διά μηχανολογικάς έν γένει
1,20	12,50	Μετά βαφήν είς έναντιν και έπαναφοράν είς 600°C	83	40	—	Βαφή άπό 1050°C είς υδωρ	Χύλιψ κατασκευής άγριευσιοτος: Μηχανήματα έξορύξεως, άδοντες έκσταφέων, τροχοί έρπιστριδων έλκυστηρων και γερανῶν, σταγόνες θραυστήρων

* Δοκίμια κατά IZOD [σχ. 8 · α (α)].

εἰς ἄνθρακα νικελιοῦχοι χάλυβες ($0,10\%$ ἕως $0,15\%$) εἶναι κατάληλοι δι' ἐνανθράκωσιν καὶ ἐπιφανειακήν σκλήρωσιν (παράγρ. 19 · 9). Οἱ νικελιοῦχοι χάλυβες μὲ ἄνθρακα ἀπὸ $0,25\%$ ἕως $0,40\%$ χρησιμοποιοῦνται, κατόπιν ἐπιβελτιώσεως [παράγρ. 19 · 8(Γ)], διὰ τὴν κατασκευὴν τεμαχίων, ποὺ καταπονοῦνται εἰς κόπωσιν (Κεφάλ. 9), ὅπως εἶναι οἱ στροφαλοφόροι ἄξονες, οἱ διωστῆρες καὶ ἄλλα στοιχεῖα μηχανῶν.



Σχ. 20 · 2 γ.

Κρυσταλλική δομὴ νικελιούχων χαλύβων συναρτήσει τῆς εἰς ἄνθρακα καὶ νικέλιον περιεκτικότητος.

Οἱ μαρτενσιτικοὶ νικελιοῦχοι χάλυβες, ὅπως καὶ οἱ μαγγανιοῦχοι δὲν παρουσιάζουν βιομηχανικὸν ἐνδιαφέρον.

Οἱ ὥστενιτικοὶ νικελιοῦχοι χάλυβες εἶναι ἀμαγνητικοί. "Οταν ἔχουν ύψηλὴν περιεκτικότητα εἰς νικέλιον, παρουσιάζουν ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν.

"Οπως θὰ ᾔδωμεν εἰς τὰ ἐπόμενα [παράγρ. 21 · 4(A)] τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον ἀποτελοῦν τὰς βασικὰς προσθήκας τῶν ἀνοξειδώτων χαλύβων.

'Ωρισμένοι νικελιοῦχοι χάλυβες παρουσιάζουν πολὺ μικρὸν συντελεστὴν θερμικῆς διαστολῆς, ὅπως εἶναι τὸ 'Ινβάρ (Invar) μὲ $\pi(Ni) = 36\%$. "Άλλοι παρουσιάζουν χαρακτηριστικὰς μαγνητικὰς ιδιότητας, ὅπως τὸ Πέρμαλλοϋ (Permalloy) μὲ $\pi(Ni) = 78,50\%$, τὸ δόποιον ἔχει μέγα συντελεστὴν μαγνητικῆς διαπερατότητος ('Ηλεκτρολογία, Τόμος Β', σελ. 24-26) εἰς ἀσθενῆ μαγνητικὰ πεδία.

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα καὶ ἐφαρμογαὶ τῶν βασικωτέρων ἐν χρήσει νικελιούχων χαλύβων δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 20·2·3.

Γ. Τὸ χρώμιον καὶ οἱ χρωμιοῦχοι χάλυβες.

Τὸ χρώμιον προστιθέμενον εἰς ἀνθρακοῦχον χάλυβα:

α) Αὔξανει ἐν γένει τὴν σκληρότητά του καὶ τὴν ἀντοχὴν του εἰς φθορὰν ἐκ τριβῆς, ἴδιαιτέρως εἰς χάλυβας ὑψηλῆς περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα, λόγω τοῦ σχηματισμοῦ σκληρῶν καρβιδίων.

β) Ἐλασττώνει τὴν κρίσιμον ταχύτητα ἀποψύξεως.

γ) Χαμηλώνει τὴν εύτηκτοειδῆ περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα.

δ) Σχηματίζει σκληρὰ καρβίδια.

ε) Ἀναβιβάζει τὸ κρίσιμον σημεῖον A_3 καὶ καταβιβάζει τὸ A_4 , σχηματίζει δηλαδὴ γ-βρόχον (παράγρ. 20·2) καὶ ἔτσι σταθεροποιεῖ τὸν φερρίτην.

στ) Αὔξανει τὸ μέγεθος τῶν κόκκων τοῦ ὥστενίτου καὶ τέλος,

ζ) αὔξανει τὴν ἀντοχὴν τοῦ χάλυβος εἰς τὴν διάβρωσιν (ἀποτελεῖ βασικὴν προσθήκην τῶν ἀνοξειδώτων χαλύβων).

Οἱ χρωμιοῦχοι χάλυβες ἔχουν κρυσταλλικὴν δομὴν φερρίτου - περλίτου διὰ περιεκτικότητα εἰς χρώμιον μικροτέραν τοῦ 7%. Ἐπίσης, ὑπάρχουν εὐρέα ὅρια μεταβολῆς τῆς εἰς ἄνθρακα καὶ χρώμιον περιεκτικότητος τῶν χρωμιούχων χαλύβων, ὅπου οὗτοι παρουσιάζονται ως μαρτενσιτικοὶ χάλυβες. Τέλος, ὅταν ἔχουν $\pi(\text{Cr}) > 13\%$ καὶ χαμηλὴν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα, συναντῶνται ως φερριτικοὶ χάλυβες.

Ἡ χημικὴ σύνθεσις, αἱ μηχανικαὶ ιδιότητες, αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι, καθὼς καὶ αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν χρωμιούχων χαλύβων δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 20·2·4.

Χαρακτηριστικῶς ἀναφέρομεν, ὅτι χρωμιοῦχοι χάλυβες μὲ $\pi(\text{Cr}) = 1,50\%$ καὶ $\pi(\text{V}) = 0,20\%$ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν ἐλαστηρίων. Ἐπίσης ἀπὸ χρωμιούχους χάλυβας μὲ ὑψηλὴν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα (1%) καὶ $\pi(\text{Cr}) = 1,40\%$ κατασκευάζονται ἔνσφαιροι τριβεῖς (ρουλμάν).

Τὸ χρώμιον προστιθέμενον, εἰς μεγάλας ὁμως περιεκτικότητας (ἄνω τοῦ 13%), προσδίδει εἰς τοὺς χάλυβας μεγάλην ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν δημιουργίαν λεπτοῦ καὶ συνεκτικοῦ προστατευτικοῦ ἐπιφανειακοῦ στρώματος δξειδίων, ποὺ ἐμποδίζει περαιτέρω διάβρωσιν τοῦ χάλυβος. "Ἔτσι ἔχομεν τοὺς λιο-

ΠΙΝΑΞ 20·2·3

Νικελούχοι χάλυβες

Χημική σύνθεση [%]			Μηχανικαὶ διότητες				Θερμικαὶ κατεργασίαι	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
C	Mn	Ni	Κατάστασις χάλυβος	σ_B [kp/mm ²]	A [%]	ρ [kp/cm ²]		
0,40	1,50	1,00	Μετὰ βασφὴν καὶ ἐπαναφοράν εἰς 600° C	71	25	9,60	Βαφὴ εἰς έλατον ἀπὸ 850° C. Ἐπαναφορά εἰς 550° εἰς 650° C. Ἀπό- ψυξις εἰς έλατον ή ἀέρα	Χάλυψ κατασκευῶν. Στροφα- λοφόροι ἀξονες, ἀξονες μετα- δόσεως κινησεως, διωστήρες. Τεμάχια βιομηχανίας αὐτο- κινήτων καὶ γενικῆς μηχανο- λογίας
0,30	0,60	3,00	Μετὰ βασφὴν καὶ ἐπαναφοράν εἰς 600° C	87	25	11,00	Βαφὴ εἰς έλατον ἀπὸ 840° C. Ἐπαναφορά εἰς 550° εἰς 650° C. Ἀπό- ψυξις εἰς έλατον ή ἀέρα	Ως ἀνωτέρω. Ἐπὶ πλέον δι' ἀξονες ἀνηλιῶν καὶ στρο- βίλων
0,12	0,45	3,00	Μετὰ βασφὴν	79	20	8,20	Μετὰ τὴν ἐναυθράκω- σην, βαφὴ πυρῆνος ἀπὸ 860° C εἰς έλατον. Βαφὴ ἐπιφανειακῆς στιβάδος ἀπὸ 770° C εἰς θύραν	Χάλυψ κατασκευῶν (ἔναγ- θρακώσεως). Οδοντωτοί τροχοί, πεῖροι, ἐκκεντροφό- ροι ἀξονες
0,12	0,40	5,00	Μετὰ βασφὴν	87	22	7,20	Μετὰ τὴν ἐναυθράκω- σην, βαφὴ πυρῆνος ἀπὸ 850° C εἰς έλατον. Βαφὴ ἐπιφανειακῆς στιβάδος ἀπὸ 760° C εἰς θύραν	Χάλυψ κατασκευῶν (ἔναγ- θρακώσεως). Τεμάχια μὲ σταλρὸν ἐπιφάνειαν φορτίο- μενα μὲ μεγάλα φορτία. Ο- δοντωτοί τροχοί κιβωτίων ταχυτητῶν, κωνικοὶ δισυ- τωτοί τροχοί, πεῖροι, στρέ- μονες κοχλίαι

5

၁၀၈

Χημική συσθετική [%]							Μηχανικά ιδιότητες			Θερμική κατεργασία			Βιομηχανική χρήσης	
C	Mn	Cr	Κατάσταση χάλυβος	σ_B [kp/mm ²]	A [%]	Σκληρότης κατά Brinell								
0,60	0,65	0,65	Μετά βαφήν είς έλαιον και έπαναφοράν είς 200°C	—	—	700	Βαφή είς έλαιον άπό 800°C έως 850°C. Επαναφορά δι', έργασία είς 200°C έως 300°C και δι' έργασία θρηπλασίας είς 400°C έως 600°C	—	—	Χαίδηψη ιδρυαλέινων. Γενικώς δι' έργασία σηδηρουργού και λεβητοποίηση	—	—		
0,45	0,90	1,00	Μετά βαφήν είς έλαιον και έπαναφοράν είς 650°C. Ρεβδος, διαστρού 30 mm	98	20	—	Βαφή είς έλαιον άπό 860°C. Επαναφορά είς 550°C έως 700°C	—	—	Χαίδηψη κατασκευασθ. Στοιχεία άγριτηκων μηχανών και υαλειοπραγμάτων λεπτίσεις και άδσσοτες έκσκαφέων. Αξονες μεταδόσεως κινήσεως, διωστήρες, βραχιόνες (μπάρες) συστήματος διηγήγεων όχημάτων.	—	—		
1,00	0,45	1,40	Μετά βαφήν	—	—	—	Βαφή είς έλαιον άπό 810°C. Επαναφορά είς 150°C	—	—	Χαίδηψη κατασκευασθ. Ενσφαρ-ροι τριβέτης. Εκκεντρά.	—	—		
0,04	0,45	14,00	Μετά άνα-πτησιού	—	—	—	Δεν βρέφεται. Σκληρότη-ται μόνον διά ψυχρηλα-σίας	850	—	Αινοεξόπλιτος σιδηροχρυ-κά σκεύη (θιαστερώδες πε-ρύνια και μαχαίρια)	—	—		
0,22	0,50	13,00	Μετά βαφήν είς έλαιον και έπαναφοράν είς 200°C	75	26	220	Βαφή είς έλαιον, υδρο-ή σέρα άπό 950°C έως 1000°C. Επαναφορά είς 500°C έως 750°C	—	—	Αινοεξόπλιτος σκεύη. Βαλβίδες και έξαρ-τήματα άντλιών	—	—		
2,10	—	12,50	Μετά βαφήν είς έλαιον και έπαναφοράν είς 200°C	—	—	850	Βαφή είς έλαιον άπό 960°C έως 990°C. Επαναφορά είς 150°C έως 400°C.	—	—	Χαίδηψη ιριδιζέτων. Στιγμές (ζουμπάδες). μήτραι, λεπτίδες χαλιδίων. Μήτραι κοινωνεταλλογίας, μήτραι κα-τασκευής σπειρωμάτων διά συμπλέσεως	—	—		



ζειδώτους σιδήρους [μέ π(С) < 0,10%] και τούς άνοξειδώτους χάλυβας [μέ π(С) = 0,20 %, έως 0,30%].

Δ. Ὁ συνδυασμός νικελίου και χρωμίου. Οι νικελιοχρωμιούχοι χάλυβες.

Συχνά, χρησιμοποιείται ώς προσθήκη εις τούς άνθρακούχους χάλυβας τὸ νικέλιον μαζὶ μὲν χρώμιον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆν, ἐνῶ αἱ εὔνοϊκαι ἴδιότητες καὶ τῶν δύο προσθηκῶν διατηροῦνται εἰς τὸ χαλυβόκραμα, τὰ μειονεκτήματα τῆς μιᾶς ποὺ παρουσιάζονται, ὅταν αὐτὴ χρησιμοποιῆται χωριστά, ἔξουδετερώνονται ἀπὸ τὴν παρουσίαν τῆς ἄλλης. Παρατηροῦμεν π.χ. ὅτι ἡ ταχεῖα αὔξησις τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων τοῦ ὀστενίτου, ἡ ὅποια ὀφείλεται εἰς τὸ χρώμιον [παράγρ. 20 · 3 (Γ)] ἔξουδετερώνεται ἀπὸ τὸ νικέλιον, ποὺ ἔχει τάσιν ἐλαττώσεως τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων.

’Αντιστρόφως, ή τάσις πού ἔχει τὸ νικέλιον νὰ γραφιτοποιῇ τὸν σεμεντίτην [παράγρ. 20·2 (B)], ἀντισταθμίζεται ἀπὸ τὴν ἰδιότητα πού ἔχει τὸ χρώμιον νὰ τὸν σταθεροποιῇ καὶ νὰ σχηματίζῃ σκληρὰ καρβίδια.

"Ετσι, ή ύψηλή ἀντοχή, ή καλή δυσθραυστότης και ή πλαστικότης, που προσδίδει εἰς τὸ χαλυβόκραμα τὸ νικέλιον, συνδυάζονται μὲ τὴν σκληρότητα καὶ τὴν ἀντοχὴν εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθορὰν που προσδίδει τὸ χρώμιον. Ἐκτὸς αὐτῶν, τὸ χρώμιον καὶ νικέλιον μαζὶ περιορίζουν κατὰ πολὺ τὸ φαινόμενον τῆς μάζης κατὰ τὴν βαφήν. "Ετσι, εἶναι δυνατὸν νὰ βαφοῦν μέχρι καρδίας τεμάχια διαμέτρου καὶ 500 mm ἀκόμη. Ἐπίσης, προσδίδουν γενικῶς πολὺ καλάς μηχανικάς ιδιότητας, ἀπαραίτητους διὰ τεμάχια πού καταπονοῦνται μὲ ύψηλὰς μηχανικάς τάσεις. "Ετσι, παρασκευάζεται σειρὰ δλόκληρος νικελιοχρωμιούχων χαλύβων, ὅπως λέγονται. Οἱ χάλυβες αὐτοὶ χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰς κατάστασιν ἐπιβελτιώσεως [παράγρ. 19·8 (Γ)] καὶ περιέχουν:

• Από 1,00 % έως 3,50 % Ni

Από 0,25 % έως 1,50 Cr και

Από 0,25 % έως 0,40 % C.

΄Από τὴν χημικήν των σύνθεσιν παρατηροῦμεν ὅτι περιέχουν κατὰ πολὺ περισσότερον νικέλιον παρά χρώμιον.

Εις περιπτώσεις, που οι νικελιοχρωμιούχοι χάλυβες πρόκειται να χρησιμοποιηθοῦν ως χάλυβες ένανθρακώσεως, ή εις άνθρακα

περιεκτικότης τῶν εἶναι, ὡς γνωστόν, χαμηλὴ καὶ κυμαίνεται ἀπὸ 0,07 % ἔως 0,20 %.

Ἡ πλήρης θερμικὴ κατεργασία τῶν χαλύβων ἐπιβελτιώσεως συνίσταται εἰς βαφὴν ἐντὸς ἑλαίου ἀπὸ 820⁰ C ἔως 850⁰ C καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 550⁰ C ἔως 650⁰ C.

Κατὰ τὴν ἐπαναφορὰν ὥρισμένων ἐκ τῶν νικελιοχρωμιούχων χαλύβων παρατηρεῖται τὸ φαινόμενον τῆς εὐθραυστότητος ἐξ ἐπαναφορᾶς, ποὺ συνηντήσαμεν εἰς τὴν παράγραφον 19·11. Τὰ χαλυβοκράματα δηλαδὴ αὐτά, εἰς ὥρισμένην περιοχὴν θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς, παρουσιάζουν μειωμένην δυσθραυστότητα.

Πρὸς ἀποφυγὴν τοῦ δυσαρέστου αὐτοῦ, ἡ ἐπαναφορὰ τῶν νικελιοχρωμιούχων χαλύβων γίνεται ἀπὸ 550⁰ C ἔως 560⁰ C, ἀναλόγως τῶν ἐπιθυμητῶν μηχανικῶν ίδιοτήτων, μὲ ταχεῖαν ὅμως ἀπόψυξίν των.

Προσθήκη 0,30 % ἔως 0,50 % μολυβδαινίου εἰς τοὺς νικελιοχρωμιούχους χάλυβας περιορίζει κατὰ πολὺ τὸ φαινόμενον αὐτὸ τῆς εὐθραυστότητος ἐξ ἐπαναφορᾶς.

Οἱ χάλυβες, ποὺ ἀνεφέραμεν, ἀνήκουν εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν νικελιοχρωμιούχων χαλύβων χαμηλῆς περιεκτικότητος εἰς προσθήκας. ‘Υπάρχουν ὅμως καὶ οἱ ὀστενιτικοὶ νικελιοχρωμιοῦχοι χάλυβες (ἀνοξείδωτοι χάλυβες) μὲ βάσιν τὸν χάλυβα 18 - 8, δηλαδὴ μὲ $\pi(\text{Ni}) = 18\%$ καὶ $\pi(\text{Cr}) = 8\%$. Μὲ τοὺς χάλυβας αὐτούς θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς τὴν παράγραφον 21·4 (A).

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα καὶ ἐφαρμογαὶ τῶν νικελιοχρωμιούχων χαλύβων δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 20·2·5.

E. Τὸ βολφράμιον καὶ οἱ βολφραμιοῦχοι χάλυβες.

Τὸ βολφράμιον, προστιθέμενον εἰς τὸν χάλυβα σχηματίζει κυρίως σταθερά, πολὺ σκληρὰ καὶ δύσθραυστα καρβίδια. Βαμμένοι βολφραμιοῦχοι χάλυβες δὲν χάνουν τὴν σκληρότητα καὶ τὴν μηχανικήν των ἀντοχὴν ἀκόμη καὶ εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας. Τὴν ίδιοτητά των αὐτὴν χαρακτηρίζομεν ὡς ἀιτοχὴν εἰς ἐπαναφοράν. ‘Ως ἐκ τούτου τὸ βολφράμιον, εἰς μεγάλας περιεκτικότητας, χρησιμοποιεῖται ὡς βασικὴ προσθήκη τῶν χαλύβων ἐργαλείων, ίδιαιτέρως τῶν ταχυχαλύβων [παράγρ. 21·3 (E)].

Εἰς τὸν Πίνακα 20·2·6 δίδομεν χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα καὶ ἐφαρμογὰς τῶν βολφραμιούχων χαλύβων, πλὴν ταχυχαλύβων.

ΠΙΝΑΞ 20.2.5

ΝΙΚΕΛΙΟΥΧΩΡΙΟΥΧΟΥ ΚΑΛΥΒΕΣ



Π Ι Ν Α Ξ 20·2·6

Βολφραμιούχοι χάλυβες (πλήγι ταχυχαλύβων)

Είδος χαλυβος	Χημική σύνθεση [%]						Θερμική κατεργασία	Βιομηχανική χρήσης
	C	Si	Cr	Mo	V	W		
Χάλυψ χρυσαλείων	1,00	—	0,75	—	—	0,40	Βαφή εις έλαιον άπο 790°C. 'Επαναφορά εις 2000 έως 2500°C	Φραΐαι, ένεγκτηφέρ, μικραί μήτραι πρέσσης
Χάλυψ μητρῶν θερμηλασίας	0,35	1,00	5,00	1,50	0,40	1,35	Προθέρμανσης εις 800°C με ταχείαν θέρμανση εις 1020°C και απόψυξην εις αύρα. 'Επαναφορά εις 5400 έως 6200°C	Μήτραι διελάσσεως κρατάτων χαλκού και αργιλίου. Μήτραι διατιμφρώσεως έν θερμώ
Χάλυψ μάντοχής εις κρύσταλλος διέργαλεια θερμηλασίας και ψυχρηλασίας	0,50	0,60	1,10	—	—	2,25	Βαφή εις έλαιον άπο 880°C έως 9200°C. 'Επαναφορά εις 2000 έως 3000°C, έργαλεια ψυχρηλασίας. 'Επαναφορά εις 4000 έως 6000°C δι' έργαλεια θερμηλασίας	Γενικώς έργαλεια κατασκευαστού λεβήτων. Στιγμές (ζουμπδες), μήτραι, λεπίδες ψαλίδων, μήτραι αποκοπῆς. Μήτραι σχηματισμού κεφαλών έν θερμώ. "Αλλαί μήτραι θερμηλασίας
Χάλυψ μητρῶν θερμηλασίας	0,30	0,15	2,85	—	0,35	10,00	Προθέρμανσης εις 850°C με ταχείαν θέρμανση εις 1150°C έως 1200°C. 'Αποψύξης εις έλαιον ή εις αέρα δια μικρά τεμαχία. 'Επαναφορά εις 6000 έως 7000°C	Μήτραι παραμορφώσεως έν θερμώ βλήτρων περικοχλίων, ήλιων και παρεμφερών στοιχείων μηχανών, όπου ο τάρογαλεια έργαζονται εις ήψη λάτισ θερμοκρασίας. Μήτραι διελάσσεως κρατάτων χαλκού. Μήτραι χυτεύσεως ύπο πίεσης κρατάτων χαλκού και αργιλίου

ΣΤ. Τὸ μολυβδαίνιον καὶ οἱ μολυβδαινιοῦχοι χάλυβες.

Τὸ μολυβδαίνιον, προστιθέμενον εἰς χάλυβα:

α) Σχηματίζει σταθερὰ καὶ πολὺ σκληρὰ καρβίδια καὶ ἔτσι αὐξάνει τὴν σκληρότητα τοῦ χάλυβος.

β) Ἐλασττώνει τὴν κρίσιμον ταχύτητα ἀποψύξεως.

γ) Περιορίζει τὴν εύθραυστότητα ἐξ ἐπαναφορᾶς.

δ) Αὔξανει τὴν ἀντοχὴν τοῦ χάλυβος εἰς ἐπαναφοράν. Τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν σπουδαιοτέραν ἰδιότητά του ὡς προσθήκης τῶν χαλύβων ἐργαλείων.

Τὸ μολυβδαίνιον εἰς περιεκτικότητας μέχρι περίπου 0,80% χρησιμοποιεῖται ὡς προσθήκη εἰς χάλυβας κατασκευῶν, εἰς ὑψηλοτέρας ὅμως περιεκτικότητας (μέχρι καὶ 9%) εἰς χάλυβας ἐργαλείων. Χρησιμοποιεῖται ἐπίσης ὡς προσθήκη καὶ τῶν πυριμάχων χαλύβων. Συνήθως χρησιμοποιεῖται μαζὶ μὲ τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον.

Τὸ μολυβδαίνιον αὔξανει τὴν ἀντοχὴν τοῦ χάλυβος εἰς ἐρπυσμὸν* καὶ βελτιώνει τὰς μηχανικάς του ἰδιότητας εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας. Διὰ τοῦτο κατάλληλος μολυβδαινιοῦχος χάλυψ χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κατασκευὴν μερῶν λεβήτων, ἀεριοστροβίλων καὶ ἄλλων συναφῶν κατασκευῶν.

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα καὶ ἐφαρμογαὶ τῶν μολυβδαινιούχων μολύβδων δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 20 · 2 · 7.

Σ. Τὸ βανάδιον καὶ οἱ βαναδιοῦχοι χάλυβες.

Τὸ βανάδιον ὡς προσθήκη τῶν χαλύβων:

α) Σχηματίζει σκληρὰ καὶ πολὺ λεπτὰ καρβίδια.

β) Αὔξανει τὴν ἀντοχὴν τοῦ χάλυβος εἰς ἐπαναφοράν.

γ) Εύνοει τὴν ἀνάπτυξιν κόκκων μικροῦ μεγέθους.

Τὸ βανάδιον χρησιμοποιεῖται ὡς προσθήκη τῶν ταχυχαλύβων (ἀπὸ 0,80% ἕως 5%), ἄλλων χαλύβων ἐργαλείων (0,20% ἕως 1,00%), καθὼς ἐπίσης καὶ ὡρισμένων χαλύβων κατασκευῶν (ἀπὸ 0,15% ἕως 0,25%), κυρίως μαζὶ μὲ χρώμιον.

* Ἐρπυσμὸς εἶναι τὸ φαινόμενον τῆς βαθμιαίας, βραδείας καὶ συνεχοῦς ἐπιμηκύνσεως τῶν μετάλλων ἢ κραμάτων, ὅταν φορτίζωνται ὑπὸ σταθερὸν φορτίον, ίδιαιτέρως εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας. Οἱ ἐρπυσμὸι ἔχει σημασίαν διὰ τμήματα μηχανῶν, ποὺ ἐργάζονται εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας, ὅπως π.χ. είναι αἱ βαλβίδες τῶν μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως.

ΠΙΝΑΞ 20·2·7
Μολυβδανιούχοι χάλυβες

Χημική σύνθεση [%]						Μηχανική διότητες				Βιομηχανική χρήσεις	
C	Mn	Ni	Cr	Mo	Kατάστασις χάλυβος	σ_b [kp/mm ²]	A [%]	ρ [kgm/cm ³]	Θερμική κατεργασία		
0,35	1,60	—	—	0,45	Μετά βασφήν εις έλαιον και έπαναφοράν εις 6000°C	110	19	7,3	Βαφή εις έλαιον από 830° έως 8500°C. Επαναφορά εις 5500 έως 6500°C και διπόλυψης εις έλαιον ή δέρα.	Χάλυψ κατασκευών. 'Υποκατιστοτάτη νικελούχων χάλυψ με 3% Ni. Στροφαλοφόροι δέργονται διωστήρες και παρόμια στοιχεία μηχανών	
0,40	0,65	—	1,10	0,30	Μετά βασφήν εις έλαιον και έπαναφοράν εις 6000°C	100	18	7	Βαφή εις θάλασσαν από 840° έως 8600°C. Επαναφορά εις 5500 έως 7000°C και διπόλυψης εις έλαιον ή δέρα	Χάλυψ κατασκευών. Υποκατιστοτάτη τὸν νικελούχων χάλυψ με 3% Ni. Στροφαλοφόροι δέργονται διωστήρες και παρόμια στοιχεία μηχανών	
0,40	0,55	1,50	1,10	0,30	Μετά βασφήν εις έλαιον και έπαναφοράν εις 6000°C	107	22	7,3	Βαφή εις έλαιον από 830° έως 8500°C. Επαναφορά εις 5500 έως 6500°C και διπόλυψης εις έλαιον ή δέρα	Χάλυψ κατασκευών. Αξιογενείς μεταδόσεως κινήσεως, στροφαλοφόροι δέργονται καὶ ἀλλασσούσις φορτίου μενα τεμάχια στρυχών ή άντοχή εις κόπωσαν καὶ κρούσεις είναι έπιθυμηταί. Μετά έλαφράν έπαναφοράν (1800 έως 2000°C) χρησιμοποιείται δι' οδοντωτούς τροχούς αύτοκινήτων και έργαλειοποιαν	
0,10	0,60	—	0,003B (βρύον)	0,50	Μετά ξυούδησης εις 950°C και διπόλυψης εις 6000°C	57	16	—	Έξουμαλυσης εις 930° έως 9800°C. Αποτατική άνωπτησης εις 5900 έως 6100°C έπι 3 ώρας	Χάλυψ κατασκευών. Άντοχή εις έρπυσμαδόν μέχρι 4000°C. Αεροφυλάκτη πιέσεως, έναλλάκται θερμότητος, τεμάχια άπωπαραγωγῶν και δεριστροβίλων	

Τὸ βανάδιον, ἐπειδὴ εύνοεῖ τὴν ἐκλέπτυνσιν τῶν κόκκων χρησιμοποιεῖται, εἰς μικρὰν ὅμως περιεκτικότητα, εἰς χυτοχαλύβδινα τεμάχια.

Ἐφαρμογαὶ τῶν βαναδιούχων χαλύβων, καθὼς ἐπίσης καὶ χαρακτηριστικά τῶν στοιχεῖα δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 20 · 2 · 8.

Η. Τὸ πυρίτιον καὶ οἱ πυριτιοῦχοι χάλυβες.

Τὸ πυρίτιον, ὅπως καὶ τὸ μαγγάνιον, συναντᾶται εἰς ὅλους τοὺς χάλυβας, διότι χρησιμοποιεῖται ως εὐθηνὸν ἀποξειδωτικὸν κατὰ τὴν παρασκευήν των. Ἡ περιεκτικότης του φθάνει τὰ 0,20 ἔως 0,30 %.

Τὸ πυρίτιον, ὅταν προστεθῇ εἰς ἄνθρακοῦχον χάλυβα:

- α) Γραφιτοποιεῖ τὸν σεμεντίτην.
 - β) Ἀναβιβάζει τὸ κρίσιμον σημεῖον A_3 καὶ καταβιβάζει τὸ A_4 καὶ ἔτσι σχηματίζει γ - βρόχον, ὅπως καὶ τὸ χρώμιον.
 - γ) Χαμηλώνει τὴν εύτηκτοιδῆ περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα.
 - δ) Χαμηλώνει τὴν κρίσιμον ταχύτητα βαφῆς.
- Χρησιμοποιοῦνται βασικῶς τέσσαρα εἰδῆ πυριτιούχων χαλύβων:

— 'Ο χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0,07\%$ καὶ $\pi(Si) = 4\%$ παρουσιάζει μαγνητικὰς καὶ ἡλεκτρικὰς ἴδιοτητας καὶ ώς ἐκ τούτου χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κατασκευήν ἐλασμάτων πυρήνων μετασχηματιστῶν καὶ μαγνητικῶν πόλων γεννητριῶν καὶ ἡλεκτροκινητήρων.

— 'Ο χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0,50\%$ ἔως $0,70\%$, $\pi(Si) = 1,50\%$ ἔως $2,00\%$ καὶ $\pi(Mn) = 0,60\%$ ἔως $1,00\%$ παρουσιάζει ὑψηλὴν ἀντοχήν, δυσθραυστότητα καὶ καλὴν πλαστικότητα. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κατασκευήν ἐλατηρίων.

— 'Ο χάλυψ μὲ $\pi(C) = 1,50\%$, $\pi(Si) = 1,50\%$ καὶ $\pi(Fe) = 3,60\%$, λόγω τῶν καλῶν του μηχανικῶν ἴδιοτήτων, ἀλλὰ καὶ τῆς καλῆς του ἀντοχῆς εἰς φθορὰν χρησιμοποιεῖται δι' ἐργαλεῖα κατεργασίας πετρωμάτων.

— Τὸ πυρίτιον, τέλος, ἀποτελεῖ δευτερεύουσαν προσθήκην εἰς τοὺς χάλυβας κατασκευῆς βαλβίδων μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως. Ἀναφέρομεν ἐδῶ τυπικὸν τέτοιον χάλυβα μὲ $\pi(Fe) = 8\%$ καὶ $\pi(Si) = 3,50\%$.

20 · 3 Αἱ ἀκαθαρσίαι τῶν χαλύβων.

Οἱ χάλυβες γενικῶς, ἐκτὸς τοῦ ἄνθρακος καὶ τῶν προσθηκῶν...

Βαναδιούχοι χάλυβες (πλην ταχυχαλύβων)

Χημική Σύνθεση [%]						Μηχανικά ιδιότητες	Θερμικοί κατεργαστικοί	Βιομηχανικοί χρήσεις
C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Κατόστασις χάλυβος	σ _B [kp/mm ²] κατά Vicker's	Σκληρότης κατά Vicker's
0,45	0,25	0,60	1,05	—	0,15	Μετάβαση και έπαναφοράν	152	—
0,50	—	0,60	1,75	—	0,20	Μετάβαση και έπαναφοράν	—	400
0,35	1,00	0,30	5,00	1,50	1,00	Μετάβαση και έπαναφοράν εις 550°C	—	600
1,60	0,20	0,30	13,00	1,00	0,50	Μετάβαση και έπαναφοράν εις 400°C	—	700

Χάλυψ ή γραλείου. Μῆτραι χυτεύσεως υπό πίεσιν κραμάτων ψευδοφρύνου.

Χάλυψ ήργαλείου. Μῆτραι θερμηλασίας κραμάτων χαλκού, όπου ή θεριοκρασία δεν είναι πολύ υψηλή. Μῆτραι διελέξεως διεργαστά τούργηλίου. Μῆτραι διάχυτευσιν άργηλίου υπό πίεσιν

Χάλυψ ήργαλείου. Μῆτραι κατακολάνσεως. Μῆτραι κατασκευής σπειρωμάτων διεισέως. Μῆτραι συρματοποιησεως. Λεπίθες ψαλιδών διάστηματος. Λεπίθες ψαλιδών διάστηματος.

ποὺ ἀνεφέραμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, περιέχουν καὶ τὰ ἔξης στοιχεῖα εἰς τὰς ἀναφερομένας περιεκτικότητας:

Μαγγάνιον : ἔως 1,00 %

Πυρίτιον : ἔως 0,30 %

Φωσφόρον : ἔως 0,05 %

Θεῖον : ἔως 0,05 %

*Αζωτον : ἔως 0,02 %

Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ παραμένουν εἰς τοὺς χάλυβας ἐκ παρασκευῆς καὶ ἐπηρεάζουν τὰς μηχανικὰς καὶ φυσικάς των ίδιότητας, ὡς ἀκολούθως:

α) Τὸ μαγγάνιον ἐπιδρᾶ κατὰ τὸν τρόπον ποὺ ἔχομεν ἀναφέρει.

Ἡ περιεκτικότης του δὲν πρέπει νὰ ὑπερβαίνῃ τὰ 0,30 % εἰς ὑψηλῆς περιεκτικότητος ἀνθρακούχους χάλυβας, διότι διευκολύνει τὴν δημιουργίαν ρωγμῶν κατὰ τὴν βαφήν.

β) Ὁμοίως, ἔχει ἀναφερθῆ ἡ ἐπιρροὴ τοῦ πυριτίου, ὡς προσθήκης εἰς τοὺς χάλυβας. Σημειώνομεν, ἐδῶ, ὅτι εἰς χάλυβας μὲ μεγάλην περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα, τὸ πυρίτιον ὑποβοηθεῖ εἰς τὴν διάσπασιν τοῦ σεμεντίτου εἰς φερρίτην καὶ γραφίτην, πρᾶγμα ποὺ χειροτερεύει τὰς μηχανικὰς ίδιότητας τοῦ χάλυβος.

γ) Ὁ φωσφόρος σχηματίζει μετὰ τοῦ σιδήρου τὴν ψαθυρὰν (εὐθραυστον) χημικὴν ἔνωσιν Fe_3P , ἡ ὁποία εἰναι διαλυτὴ εἰς τὸν χάλυβα. Ἡ χημικὴ αὐτὴ ἔνωσις εύνοει κάπως τὴν αὔξησιν τῆς σκληρότητος τοῦ χάλυβος, μέχρις ὅμως 0,05 % φωσφόρου. Φωσφόρος εἰς περιεκτικότητα ἄνω τοῦ 0,05 % καθιστᾶ τὸν χάλυβα εὐθραυστον καὶ συνεπῶς πρέπει νὰ ἀποφεύγεται.

δ) Τὸ θεῖον εἰναι ἡ ἀκαθαρσία τῶν χαλύβων μὲ τὰ πλέον δυσμενῆ ἀποτελέσματα. Σχηματίζει μετὰ τοῦ σιδήρου τὴν ψαθυρὰν ἐπίσης χημικὴν ἔνωσιν FeS , ἡ ὁποία λόγω τοῦ χαμηλοῦ τῆς σημείου τήξεως συσσωρεύεται συνήθως εἰς τὰ ὄρια τῶν κόκκων τοῦ ὀστενίτου κατὰ τὴν στερεοποίησιν. Τοῦτο ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀκαταληλότητα τοῦ χάλυβος διὰ ψυχρηλασίαν.

Πρακτικῶς, εἰναι ἀσύμφορος ἡ μείωσις τῆς εἰς θεῖον περιεκτικότητος τῶν χαλύβων κάτω τοῦ 0,05 %.

Τὸ θεῖον ἀσκεῖ εύνοϊκὴν ἐπίδρασιν προστιθέμενον μέχρι καὶ 0,25 % εἰς τοὺς χάλυβας ἐλευθέρας κοπῆς ἡ χάλυβας αὐτομάτων [παράγρ. 21 · 2 (Α)], εἰς τοὺς ὁποίους ὅμως προστίθεται ηύξημένος φωσφόρος.

καὶ μαγγάνιον μέχρις 1,50 %. Ἐτσι βελτιώνεται ἡ κατεργαστικότης τῶν χαλύβων αὐτῶν.

ε) Τὸ ἄζωτον τῆς ἀτμοσφαίρας ἀπορροφεῖται ἀπὸ τὸν τετηγμένον χάλυβα κατὰ τὴν παρασκευήν του. Τὸ ἄζωτον εἶναι δυνατὸν νὰ σχηματίσῃ νιτρίδια (Fe_4N) ἢ καὶ νὰ εἰσχωρήσῃ εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ χάλυβος κατὰ τὴν στερεοποίησιν [στερεὸν διάλυμα παρεμβολῆς, παράγρ. 3 · 2, σχ. 3 · 2 (γ)]. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις, ὁ χάλυψ καθίσταται ψαθυρός καὶ ἀκατάλληλος διὰ ψυχρηλασίαν μεγάλου βαθμοῦ παραμορφώσεως. Ὁ χρησιμοποιούμενος, συνεπῶς, διὰ κοίλανσιν μαλακὸς χάλυψ (σχ. 12 · α) θὰ πρέπει νὰ ἔχῃ χαμηλὴν περιεκτικότητα εἰς ἄζωτον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 21

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ

Οι χάλυβες, έξεταζόμενοι άπό άπόψεως βιομηχανικής των χρήσεως, δύνανται νὰ ταξινομηθοῦν εἰς:

α) Χάλυβας κατασκευῶν.

β) Χάλυβας ἐργαλείων καὶ

γ) εἰδικὰ χαλυβοκράματα, ὅπως εἰναι οἱ ἀνοξείδωτοι χάλυβες, οἱ πυρίμαχοι χάλυβες, οἱ χάλυβες μονίμων μαγνητῶν καὶ ἄλλοι.

Πρὶν εἰσέλθωμεν εἰς τὸ κεφάλαιον αὐτό, θεωροῦμεν σκόπιμον νὰ προτάξωμεν ὀλίγα σχετικὰ μὲ τὴν τυποποίησιν τῶν χαλύβων.

21 · 1 Τυποποίησις τῶν χαλύβων.

Οι χάλυβες γενικῶς τυποποιοῦνται κατὰ ὥρισμένον τρόπου, ὥστε νὰ ἐπιτυγχάνεται ἡ σύντομος ὀνομασία των, ἀπὸ τὴν ὁποίαν νὰ προκύπτουν αἱ πλέον χαρακτηριστικαὶ των ἰδιότητες.

Ὑπάρχουν σήμερον ἐν ἴσχυι πολλὰ συστήματα τυποποιήσεως τῶν χαλύβων. Κατωτέρω θὰ ἀναφέρωμεν συνοπτικῶς τὸ γερμανικὸν καὶ ἀμερικανικὸν σύστημα τυποποιήσεως, τὰ ὅποια θεωροῦνται ὡς τὰ πλέον ἀντιπροσωπευτικὰ καὶ διαδεδομένα.

A. Τὸ γερμανικὸν σύστημα τυποποιήσεως.

I) Οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες.

Οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες συμβολίζονται μὲ τὸ St (ἐκ τοῦ Stahl = χάλυψ), τὸ ὅποῖον ἀκολουθεῖ διψήφιος ἀριθμός. Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς παριστάνει τὸ ἐλάχιστον ὄριον θραύσεως τοῦ χάλυβος σ_B εἰς kp/mm².

‘Ο συμβολισμὸς π.χ. St 50 σημαίνει ἀνθρακοῦχον χάλυβα, μὲ ἐλάχιστον ὄριον θραύσεως σ_B = 50 kp/mm². Πρέπει νὰ σημειώσωμεν, ὅτι τὸ σ_B εἶναι δυνατὸν νὰ λάβῃ καὶ τὴν τιμὴν τῶν 60 kp/mm² εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν.

Παλαιότερον, τὸν διψήφιον αὐτὸν ἀριθμὸν ἡκολούθει καὶ ἄλλος ἐπίσης διψήφιος ἀριθμός, ὁ ὅποῖος ἀντεπροσώπευε τὰ δύο τελευταῖς

ψηφία τοῦ σχετικοῦ πίνακος τυποποιήσεως DIN. "Ετσι, ὁ χάλυψ St 50, ποὺ ἀνεφέραμεν, ἐτυποποιεῖτο ὡς St 50.11 συμφώνως πρὸς τὰς προδιαγραφὰς τοῦ πίνακος DIN 1611 (ό πρῶτος διψήφιος ἀριθμός, δηλαδὴ ὁ 16, ἀναφέρεται εἰς τοὺς χάλυβας).

Διὰ κάθε χάλυβα προβλέπονται τρεῖς ποιότητες. Ἡ ποιότης 1 διὰ συνήθεις ἀπαιτήσεις, ἡ ποιότης 2 διὰ μεγαλυτέρας ἀπαιτήσεις καὶ ἡ ποιότης 3 δι' εἰδικὰς ἀπαιτήσεις τοῦ χάλυβος, ὅπως π.χ. ὁ χάλυψ St 27-2 ἀνήκει εἰς τὴν ποιότητα 2.

Οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες καλυτέρας ὥμως ποιότητος, ὅπως εἴναι οἱ χάλυβες ἐνανθρακώσεως, συμβολίζονται μὲ τὸ γράμμα C, τὸ ὄποιον ἀκολουθεῖ ἡ εἰς ἀνθρακα περιεκτικότης τοῦ χάλυβος πολλαπλασιασμένη ἐπὶ 100.

Εἰς τὴν περίπτωσιν χαλύβων πολὺ καθαρῶν, δηλαδὴ μὲ ἔξαιρετικῶς ὀλίγας ἀκαθαρσίας θείου καὶ φωσφόρου, τὸ γράμμα C ἀκολουθεῖται καὶ ἀπὸ τὸ K. "Ετσι, μὲ τὸ C 60 συμβολίζεται ἀνθρακοῦχος χάλυψ καλῆς ποιότητος μὲ $\pi(C) = \frac{60}{100} \% = 0,60 \%$, ἐνῶ μὲ τὸ CK 60 συμβολίζεται ὁ αὐτὸς ἀνθρακοῦχος χάλυψ, ἀλλὰ μὲ πολὺ χαμηλὴν περιεκτικότητα εἰς θείον καὶ φωσφόρον.

Πολλὰς φορὰς ἀναφέρεται καὶ ἡ μέθοδος παρασκευῆς τοῦ χάλυβος μὲ χαρακτηριστικὸν γράμμα, ὅπως π.χ. μὲ τὸ B διὰ τὴν μέθοδον Μπέσεμερ (Bessemer), μὲ τὸ M διὰ τὴν μέθοδον Σῆμενς - Μαρτέν (Siemens - Martín), μὲ τὸ E διὰ τὴν ἡλεκτρικὴν μέθοδον κ.λπ.

2) Τὰ χαλυβοκράματα.

Διὰ τὸν συμβολισμὸν τῶν χαλυβοκραμάτων ἀρχικῶς γράφεται ὁ διψήφιος ἀριθμὸς τῆς εἰς ἀνθρακα περιεκτικότητος τοῦ χαλυβοκράματος, ὅπως καὶ εἰς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας, δηλαδὴ πολλαπλασιασμένης ἐπὶ 100.

'Ακολουθοῦν τὰ χημικὰ σύμβολα τῶν προσθηκῶν, κατὰ σειρὰν ὥμως ἐλαττουμένης περιεκτικότητος. Εἰς περίπτωσιν ἵσης περιεκτικότητος προσθηκῶν, λαμβάνεται ὑπ' ὅψιν ἡ ἀλφαριθμητικὴ τῶν σειράς. Μετὰ τὰ σύμβολα ἀναγράφονται οἱ χαρακτηριστικοὶ ἀριθμοὶ τῆς περιεκτικότητος τῶν προσθηκῶν.

Διὰ νὰ ἔχωμεν ἀκεραίους ἀριθμοὺς κατατάσσομεν τὰς προσθή-

κας εἰς ὁμάδας καὶ δίδομεν εἰς κάθε ὁμάδα κατάλληλον πολλαπλὰ ασιαστήν. Ἐτσι, ἔχομεν:

διὰ Cr, Co, Mn, Ni, Si, W πολλαπλασιαστὴν 4

διὰ Al, C, Mo, Ti, V, πολλαπλασιαστὴν 10

καὶ διὰ P, S, N, C πολλαπλασιαστὴν 100

‘Ο χαρακτηριστικὸς ἀριθμὸς κάθε προσθήκης εὐρίσκεται, ἂν ἡ πραγματικὴ περιεκτικότης τῆς προσθήκης πολλαπλασιασθῇ ἐπὶ τὸν ἀντίστοιχον ὡς ἀνωτέρω πολλαπλασιαστήν.

Χαλυβόκραμα π.χ. μὲν $\pi(C) = 0,50\%$, $\pi(Cr) = 1,00\%$, $\pi(Mo) = 0,60\%$ συμβολίζεται ὡς 50CrMo46.

‘Αντιθέτως, τὸ χαλυβόκραμα 15Cr3 περιλαμβάνει $\frac{15}{100} \cdot 100\% = 15\% C$ καὶ $\frac{3}{4} \cdot 100\% = 75\% Cr$.

‘Ο ἀνωτέρω κύριος συμβολισμὸς εἶναι δυνατὸν νὰ περιέχῃ καὶ ἄλλα γράμματα. Ἐτσι, γράμματα, ποὺ χαρακτηρίζουν τὸν τρόπον παρασκευῆς τοῦ χάλυβος, προηγοῦνται τοῦ συμβολισμοῦ, ἐνῶ ἀκολουθοῦν ἄλλα γράμματα, ποὺ χαρακτηρίζουν τὸν τρόπον χρήσεώς του.

“Ολα, ὅσα μέχρι τώρα ἔχομεν ἀναφέρει, ἀφοροῦν εἰς τὰ χαλυβοκράματα χαμηλῆς περιεκτικότητος εἰς προσθήκας ἢ πτωχὰ χαλυβοκράματα, μὲ σύνολον δηλαδὴ προσθηκῶν ἵσον ἢ μικρότερον τοῦ 5%. Πρὸς διάκρισιν τῶν χαλυβοκραμάτων ὑψηλῆς περιεκτικότητος εἰς προσμίξεις ἢ πλουσίων χαλυβοκραμάτων, δηλαδὴ μὲ σύνολον προσθηκῶν μεγαλύτερον τοῦ 5%, προσθέτομεν εἰς τὸν σχετικὸν συμβολισμὸν τὸ X. Διὰ τὴν εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητα παραμένει ὁ πολλαπλασιαστὴς 100, ἐνῶ δι’ ὅλας τὰς ἄλλας προσμίξεις ὁ ἀντίστοιχος πολλαπλασιαστὴς λαμβάνεται ἵσος πρὸς τὴν μονάδα.

‘Ως παράδειγμα φέρομεν τὸν ἀνοξείδωτον χάλυβα μέ:

$\pi(C) = 0,10\%$, $\pi(Cr) = 18\%$ καὶ $\pi(Ni) = 8\%$

ὁ ὅποιος συμβολίζεται ὡς X10CrNi188. ‘Αντιθέτως, ἂν δίδεται τὸ χαλυβόκραμα X10CrNiTi1892, τοῦτο θὰ περιέχῃ:

$\frac{10}{100} \cdot 100\% = 0,10\% C$, $\frac{18}{1} \cdot 100\% = 18\% Cr$, $\frac{9}{1} \cdot 100\% = 9\% Ni$

καὶ $\frac{2}{1} \cdot 100\% = 2\% Ti$

B. Τό άμερικανικόν σύστημα τυποποιήσεως.

Εἰς τὰς Η.Π.Α. χρησιμοποιοῦνται βασικῶς δύο συστήματα τυποποιήσεως τῶν χαλύβων. Τὸ σύστημα SAE (Society of Automobile Engineers) καὶ τὸ σύστημα AISI (American Iron and Steel Institute). Συμφώνως πρὸς τὰ συστήματα αὐτὰ τυποποιήσεως ἔχουν καθιερωθῆ προδιαγραφαί, ποὺ καλύπτουν τοὺς λεγομένους προτύπους (*Standard*) χάλυβας. Αἱ προδιαγραφαὶ αὐταὶ ἔχουν γίνει ἀποδεκταὶ ἐντός, ἀλλὰ καὶ ἐκτὸς τῶν Η.Π.Α. ἀπὸ τοὺς παραγωγοὺς χάλυβος.

Κατωτέρω θὰ περιγράψωμεν συνοπτικῶς τὸ σύστημα τυποποιήσεως χαλύβων AISI.

Κατὰ τὸ σύστημα αὐτὸ χρησιμοποιεῖται σειρὰ τεσσάρων ψηφίων. Ἐκ τῶν ψηφίων αὐτῶν τὰ δύο πρῶτα συμβολίζουν τὴν ποιότητα τοῦ χάλυβος, ἐνῶ τὰ δύο τελευταῖα τὴν εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητά του πολλαπλασιασμένην ἐπὶ 100. Τῶν τεσσάρων αὐτῶν ψηφίων εἰναι δυνατὸν νὰ προταχθοῦν γράμματα χαρακτηριστικὰ τῆς μεθόδου παρασκευῆς τοῦ χάλυβος, ὅπως π.χ. τὸ B διὰ τὴν μέθοδον Bessemer, τὸ E διὰ τὴν ἡλεκτρικὴν μέθοδον κ.λπ.

Κατωτέρω ἀναφέρομεν διαφόρους χάλυβας τυποποιημένους κατὰ τὸ σύστημα AISI.

1030 : Κοινὸς ἀνθρακοῦχος χάλυψ μὲ 0,30% C

1350 : Χάλυψ μὲ 1,60% ἕως 1,90% Mn καὶ μὲ 0,50% C

2330 : Νικελιοῦχος χάλυψ μὲ 3,50% Ni καὶ 0,30% C

3315 : Νικελιοχρωμιοῦχος χάλυψ μὲ 3,50% Ni, 1,50% Cr καὶ 0,15% C

4640 : Χάλυψ μὲ 1,65% Ni, 0,25% Mo καὶ 0,40% C.

21.2 Χάλυβες κατασκευῶν.

Εἰς τοὺς χάλυβας κατασκευῶν περιλαμβάνονται οἱ χάλυβες, οἱ ὅποιοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς πάσης φύσεως μεταλλικὰς κατασκευὰς (ύπόστεγα, δοχεῖα, λέβητας, γεφύρας κ.λπ.), καθὼς ἐπίσης καὶ εἰς κατασκευὰς στοιχείων μηχανῶν (στροφαλοφόρων ἀξόνων, διωστήρων, βαλβίδων, ἐλατηρίων καὶ ἄλλων).

Γενικῶς οἱ χάλυβες κατασκευῶν πρέπει νὰ ἔχουν καλὰς μηχανικὰς ιδιότητας καὶ εἰς ωρισμένας περιπτώσεις καὶ ἄλλας ιδιαιτέρας ιδιότητας, ὅπως π.χ. ἀντοχὴν εἰς τὴν φθοράν, ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν κ.λπ. Συνήθως διὰ συγκεκριμένην ἐργασίαν διατίθεται σειρὰ ἀπὸ χάλυβας,

οἱ ὁποῖοι εἰναι κατάλληλοι διὰ τὴν ἔργασίαν αὐτήν. Εἰς τὴν πρᾶξιν ἐκλέγεται ὁ χάλυψ, ὁ ὁποῖος ἀνταποκρίνεται εἰς τὰς ἀπαιτήσεις τῆς κατασκευῆς καὶ συγχρόνως στοιχίζει εὐθηνότερα.

A. Ἀνθρακοῦχοι χάλυβες κατασκευῶν.

Οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες, μὲ τοὺς ὁποίους ἔκτενῶς ἡσχολήθημεν εἰς τὴν παράγραφον 17·2, χρησιμοποιοῦνται διὰ συνήθεις κατασκευᾶς καὶ στοιχεῖα μηχανῶν. Ἡ περιεκτικότης των εἰς ἀνθρακακα κυμαίνεται ἀπὸ 0,05% μέχρι 0,80% καὶ ὡς ἐκ τούτου εἶναι ὑπευτήκτοειδεῖς χάλυβες.

Ἀναλόγως τῆς εἰς ἀνθρακα περιεκτικότητός των, οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες κατασκευῶν διακρίνονται εἰς:

- α) Λίαν μαλακοὺς μὲ $\pi(C) = 0,05\%$ ἕως $0,15\%$
- β) Μαλακοὺς μὲ $\pi(C) = 0,15\%$ ἕως $0,30\%$
- γ) Ἡμιμαλακοὺς μὲ $\pi(C) = 0,30\%$ ἕως $0,40\%$
- δ) Ἡμισκλήρους μὲ $\pi(C) = 0,40\%$ ἕως $0,60\%$.
- ε) Σκληροὺς μὲ $\pi(C) = 0,60\%$ ἕως $0,70\%$ καὶ
- στ) λίαν σκληροὺς μὲ $\pi(C) = 0,70\%$ ἕως $0,80\%$.

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα καὶ βιομηχανικαὶ χρήσεις τῶν ἀνθρακοῦχων χαλύβων κατασκευῶν δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 21·2·1.

Εἰς περιπτώσεις, ποὺ χρειάζεται νὰ κατεργασθῶμεν τεμάχια εἰς αὐτόματα μηχανήματα, ὅπως π.χ. εἰς αὐτομάτους τόρνους, τότε διὰ νὰ ἔχωμεν ἀποδοτικήν κοπήν, πρέπει τὰ ἀπόβλιττα νὰ μὴ ἀποκτοῦν μέγα μῆκος, δηλαδὴ νὰ θρυμματίζωνται εὔκόλως. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν προσθέτοντες εἰς τὸν ἀνθρακοῦχον χάλυβα, ἀλλὰ καὶ εἰς χαλυβόκραμα, θεῖον, μόλυβδον ἢ σελήνιον. Λαμβάνομεν ἔτσι τοὺς λεγομένους χάλυβας ἐλευθέρας κοπῆς ἢ χάλυβας αὐτομάτων.

Ἄναφέρομεν κατωτέρω τυπικοὺς χάλυβας αὐτομάτων:

- α) Χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0,10\%$, $\pi(Mn) = 1,00\%$ καὶ $\pi(S) = 0,25\%$
- β) Χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0,25\%$, $\pi(Mn) = 1,00\%$ καὶ $\pi(S) = 0,14\%$
- γ) Χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0,40\%$, $\pi(Mn) = 1,00\%$ καὶ $\pi(S) = 0,16\%$
- δ) Χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0,12\%$, $\pi(Mn) = 1,00\%$, $\pi(S) = 0,22\%$
καὶ $\pi(Pb) = 0,20\%$
- ε) Χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0,40\%$, $\pi(Mn) = 0,60\%$, $\pi(S) = 0,03\%$
καὶ $\pi(Pb) = 0,20\%$

Π Ι Ν Α Ξ 21.2.1

Ανθρακούχοι χάλυβες κατασκευών

Χημική σύνθεση [%]* Mn	Μηχανική κατάσταση χάλυβος	Ιδιότητες			Θερμική κατεργασία	Βιομηχανική χρήσης
		Κατάστασης χάλυβος	σB [kp/ mm ²]	A [%]		
0,15 0,50	Μετά βαφήν εις ϋδωρ και έπανα- φοράν εις 2000°C	52	20	15	'Εξουδιλυντις ή διόπτητος εις 900°C. 'Εναυθράκωτος εις 950°C. Βαφή εις 880°C. 'Επαναφορά εις 1800 έως 2000°C και άπομυξής εις άέρα εις 900°C. Βαφή εις υδωρ άπο 875° έως 880°C. 'Επα- ναφορά εις 400° έως 700°C και άπομυξής εις άέρα	0,05 έως 0,15% C. 'Αλυσίδες, ήλιοι, κοχλιαι και σλαια στοιχεία μηχανῶν, σωλήνες μέ- ραφήν, ταινίαι, σιδηρος μπετόν, διέφροι μεταλλικοί κατασκευαί. Τεμάχια που πρό- κειται να έναυθρακωθούν
0,22 0,80	Μετά βαφήν εις ϋδωρ και έπανα- φοράν εις 550°C	67	16	9	'Εξουδιλυντις ή διόπτητος εις 900°C. Βαφή εις υδωρ άπο 875° έως 880°C. 'Επα- ναφορά εις 400° έως 700°C και άπομυξής εις άέρα	0,15 έως 0,30% C. Κοχλιαί, δίδυντατοι τρο- χοί, πείραι, ζάνοντες, χάλυβες έλευθέρας κοπῆς [παράγρ. 21.2 (A)], σφυρήλατα τεμάχια
0,35 0,50	Μετά βαφήν εις ϋδωρ και έπανα- φοράν εις 550°C	90	10	6	'Εξουδιλυντις ή διόπτητος εις 8400°C. Βαφή εις υδωρ άπο 8250° έως 8500°C. 'Επα- ναφορά εις 400° έως 650°C και άπομυξής εις άέρα	0,30 έως 0,40% C. Διωστήρες, ζάνοντες, ζγκι- στρα γερανῶν, σωλήνες άνευ ραφής, σφυρή- λατα τεμάχια
0,45 0,50	Μετά βαφήν εις έλαιον και έπα- ναφοράν εις 550°C	95	8	3,5	'Εξουδιλυντις ή διόπτητος εις 8400°C. Βαφή εις έλαιον άπο 8400 έως 8450°C. 'Επα- ναφορά εις 300°C έως 3650°C και άπομυξής εις άέρα	0,40 έως 0,50% C. Στροφαλοφόροι ζύοντες, ζ- ξοντες μεταβολέων κυνηγεών διδυντωτοι τρο- χοί, ζάντες, τεμάχια ύφισταμενα θερμικάς κατεργασίας
0,60 0,80	Μετά βαφήν εις έλαιον και έπα- ναφοράν εις 550°C	102	6	3	'Εξουδιλυντις ή διόπτητος εις 800°C. Βαφή εις έλαιον άπο 8250 έως 8500°C	0,50 έως 0,60% C. Τροχοί άμαξοστοιχιῶν, σιδηρωτροχίαι, έλατηρια, συμματόστοιχοι, τμήματα σπλαν

* Η περιεκτικότης εις πυρίτιον έιναι ίση τη μικροτέρα του 0,40%.



Β. Χαλυβοκράματα κατασκευῶν.

Είναι χάλυβες κατασκευῶν ἀνωτέρας ποιότητος ἀπὸ τοὺς ἀνθρακούχους. Αἱ ἀκαθαρσίαι των (παράγρ. 20 · 3) εἰναι μειωμέναι. Χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰς κατάστασιν ἐπιβελτιώσεως, δηλαδὴ μετὰ βαφῆν καὶ ἐπαναφοράν.

Εἰς τὴν παράγραφον 20 · 2 ἐμελετήσαμεν τὴν ἐπίδρασιν τῶν προσθηκῶν ἐπὶ τῶν μηχανικῶν καὶ ἄλλων ἰδιοτήτων τῶν χαλυβοκραμάτων. Ἐδώσαμεν ἐπίσης πίνακας δι’ ἀντιπροσωπευτικὰ χαλυβοκράματα, εἰς τοὺς ὅποιους ἀναφέρεται ἡ χημική των σύνθεσις, αἱ μηχανικαὶ των ἰδιότητες, ὡς καὶ στοιχεῖα σχετικὰ μὲ τὰς θερμικὰς των κατεργασίας. Ἐσημειώθη ἐπίσης ἔνδειξις διὰ τὰ χαλυβοκράματα κατασκευῶν. Τέλος, ἀνεφέρθησαν βασικαὶ βιομηχανικαὶ των χρήσεις.
 Ἔτσι: ὁ Πίναξ 20 · 2 · 2 ἀναφέρεται εἰς τοὺς μαγγανιούχους χάλυβας
 ὁ Πίναξ 20 · 2 · 3 ἀναφέρεται εἰς τοὺς νικελιούχους χάλυβας
 ὁ Πίναξ 20 · 2 · 4 ἀναφέρεται εἰς τοὺς χρωμιούχους χάλυβας
 ὁ Πίναξ 20 · 2 · 5 ἀναφέρεται εἰς τοὺς νικελιοχρωμιούχους χάλυβας
 ὁ Πίναξ 20 · 2 · 6 ἀναφέρεται εἰς τοὺς βολφραμιούχους χάλυβας, πλὴν ταχυχαλύβων
 ὁ Πίναξ 20 · 2 · 7 ἀναφέρεται εἰς τοὺς μολυβδαινιούχους χάλυβας καὶ
 ὁ Πίναξ 20 · 2 · 8 ἀναφέρεται εἰς τοὺς βαναδιούχους χάλυβας, πλὴν ταχυχαλύβων.

Κατόπιν ὅλων αὐτῶν τῶν στοιχείων, ποὺ δίδονται διὰ τὰ χαλυβοκράματα, εἴναι περιττὸν νὰ ἀσχοληθῶμεν περισσότερον μὲ αὐτά.

Θεωροῦμεν ὅμως σκόπιμον νὰ ἀναφέρωμεν ὅλιγα περὶ τῶν χαλυβοκραμάτων ἐνανθρακώσεως καὶ ἐναζωτώσεως, διὰ τὰ ὅποια δὲν ἔχομεν δώσει στοιχεῖα ἀλλοῦ.

1) Χαλυβοκράματα ἐνανθρακώσεως.

‘Ως χάλυβες ἐνανθρακώσεως εἰναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἴτε ἀνθρακοῦχοι χάλυβες εἴτε χαλυβοκράματα, μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅμως νὰ εἴναι χαμηλὴ ἡ περιεκτικότης των εἰς ἄνθρακα, συνήθως κατωτέρα τοῦ 0,30 %. Καὶ τοῦτο, διὰ νὰ ἀποκτᾶ τὸ τεμάχιον δύσθραυστον πυρῆνα μετὰ ἀπὸ τὰς προβλεπομένας διὰ τοὺς χάλυβας αὐτοὺς θερμικὰς κατεργασίας [παράγρ. 19 · 9 (B)].

Οι άνθρακούχοι χάλυβες ένανθρακώσεως περιέχουν άνθρακα μέχρι 0,30% και μαγγάνιον μέχρι περίπου 0,90%.

Τὰ χαλυβοκράματα ένανθρακώσεως είναι νικελιούχοι, νικελιοχρωμιούχοι ή χρωμιομαγγανιούχοι χάλυβες μὲ δόλιγον βανάδιον.

Κατωτέρω δίδονται τυπικά χαλυβοκράματα ένανθρακώσεως:

α) Τὸ χαλυβόκραμα μὲ $\pi(C) = 0,15\%$, $\pi(Mn) = 0,50\%$ και $\pi(Ni) = 3\%$ χρησιμοποιούμενον διὰ τεμάχια, ὅπου ἀπαιτεῖται σκληρὰ ἐπιφάνεια και δύσθραυστος πυρήν.

β) Τὸ χαλυβόκραμα μὲ $\pi(C) = 0,15\%$, $\pi(Mn) = 0,40\%$, $\pi(Ni) = 4,00\%$ και $\pi(Cr) = 1,20\%$ χρησιμοποιούμενον διὰ τεμάχια, διὰ τὰ δόποια ἀπαιτεῖται πολὺ σκληρὰ ἐπιφάνεια και δύσθραυστος πυρήν.

γ) Τὸ χαλυβόκραμα μὲ $\pi(C) = 0,40\%$, $\pi(Mn) = 1,50\%$, $\pi(Cr) = 1,00\%$ και $\pi(V) = 0,15\%$ χρησιμοποιούμενον, ὅπου ἀπαιτεῖται μεγάλη σκληρότης τῆς ἐπιφανείας, ἐνῶ ή δυσθραυστότης τοῦ πυρῆνος ἔχει δευτερεύουσαν σημασίαν.

2) Χαλυβοκράματα ἐναζωτώσεως.

Ἐχομεν ἡδη ἀναφέρει εἰς τὴν παράγραφον 19·9 (Γ), ὅτι ἐναζωτώσιν ύφίστανται χάλυβες μὲ εἰδικὴν σύνθεσιν, διότι ἡ σκλήρωσις τῆς ἐπιφανείας, ποὺ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὴν ἐναζωτώσιν, ὀφείλεται εἰς τὸν σχηματισμὸν σκληρῶν ἐνώσεων τοῦ ἀζώτου μετὰ τοῦ χρωμίου, τοῦ ἀργιλίου και τοῦ βαναδίου. Τὸ μολυβδαίνιον προστιθέμενον προσδίδει μεγαλυτέραν δυσθραυστότητα εἰς τὸν πυρῆνα τῶν τεμαχίων.

Κατωτέρω, δίδομεν τυπικὰ χαλυβοκράματα ἐναζωτώσεως:

α) Τὸ χαλυβόκραμα μὲ $\pi(C) = 0,30\%$, $\pi(Mn) = 0,65\%$, $\pi(Cr) = 1,60\%$, $\pi(Mo) = 0,20\%$ και $\pi(Al) = 1,10\%$, ποὺ χρησιμοποιεῖται διὰ τεμάχια μὲ πολὺ σκληρὰς ἐπιφανείας και ἀρκετὰ μεγάλην δυσθραυστότητα πυρῆνος.

β) Τὸ χαλυβόκραμα μὲ $\pi(C) = 0,35\%$, $\pi(Mn) = 0,50\%$, $\pi(Cr) = 2,00\%$, $\pi(Mo) = 0,25\%$ $\pi(V) = 0,15\%$, ποὺ χρησιμοποιεῖται διὰ τεμάχια ἀπαιτοῦντα μεγάλην σκληρότητα ἐπιφανείας και καλὴν τραχύτητα ἐπιφανείας, ὅπως π.χ. μῆτραι πλαστικῶν.

21·3 Χάλυβες έργαλείων.

Τὰ διάφορα τεμάχια τῶν κατασκευῶν και μηχανῶν λαμβάνουν

τὴν ἐπιθυμητὴν μορφὴν των, ἔκτὸς τῆς χυτεύσεως καὶ μὲ χρησιμοποίησιν τῶν:

α) *Μηχανικῶν κατεργασιῶν κοπῆς*, ὅπως εἶναι ἡ τόρνευσις, τὸ φραιζάρισμα, τὸ πλάνισμα κ.λπ. καὶ

2) τῶν μηχανικῶν κατεργασιῶν διαμορφώσεως ἐν θερμῷ ἢ ἐν ψυχρῷ, ὅπως εἶναι ἡ σφυρηλασία, ἡ ἔλασις, ἡ ἔξέλασις καὶ ἄλλαι (σχ. 12 · α).

Εἰς τὰς ἀναφερθείσας μηχανικὰς κατεργασίας τῶν μετάλλων χρησιμοποιοῦνται κατάλληλα διὰ κάθε περίπτωσιν ἐργαλεῖα.

Κατὰ τὴν κοπὴν τῶν μετάλλων, μεταξὺ τοῦ ἐργαλείου καὶ τοῦ ἀποβλίτου δημιουργεῖται ἴσχυρὰ τριβὴ μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος καὶ συνεπῶς ὑψηλῆς θερμοκρασίας εἰς τὴν ἀκὴν (μύτην) τοῦ ἐργαλείου. Ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται μὲ αὔξησιν τῆς ταχύτητος κοπῆς. Κατὰ τὴν κοπὴν ἀναπτύσσονται ἐπίσης καὶ ταλαντώσεις ἡ καὶ κρούσεις εἰς ὡρισμένας κατεργασίας, ὅπως κατὰ τὸ φραιζάρισμα, ὅπου τὸ κάθε δόντι τοῦ κοπτῆρος ἀποκόπτει ξεχωριστά.

Κατὰ τὰς κατεργασίας διαμορφώσεως τῶν μετάλλων χρησιμοποιοῦνται, ὡς γνωστόν, ὡς ἐργαλεῖα κατάλληλοι μῆτραι (*καλούπια*). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἀναπτύσσεται πάλιν τριβὴ μεταξὺ τῶν συνεργαζομένων μερῶν τῆς μήτρας καὶ τοῦ πρὸς διαμόρφωσιν μετάλλου καθὼς ἐπίσης καὶ δυνάμεις, κρουστικῆς συνήθως μορφῆς, ποὺ καταπονοῦν τὴν μήτραν.

'Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι οἱ χάλυβες ἐργαλείων θὰ πρέπει νὰ συνδυάζουν, ἀναλόγως τῆς περιπτώσεως ἐφαρμογῆς των, τὰς ἀκολούθους ἰδιότητας:

α) Καλὴν ἀντοχὴν εἰς τὴν φθορὰν ἐκ τριβῆς, δηλαδὴ μεγάλην σκληρότητα.

β) Καλὴν δυσθραυστότητα.

γ) Καλὴν ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφορὰν [παράγρ. 20 · 2(Ε)].

δ) Καλὴν μηχανικὴν ἀντοχὴν καὶ

ε) ἱκανότητα βαφῆς εἰς ὅλην των τὴν μᾶζαν.

'Ἐπειδὴ ὡρισμέναι ἀπὸ τὰς ἰδιότητας, ποὺ ἀνεφέραμεν, ἀντιστρατεύονται ἡ μία τὴν ἄλλην, ὅπως π.χ. ἡ σκληρότης τὴν δυσθραυστότητα, διὰ τοῦτο οἱ χάλυβες ἐργαλείων παρασκευάζονται μὲ κατάληλον ἐκλογὴν τῶν προσθηκῶν δι' ὡρισμένην χρῆσιν τοῦ χάλυβος. "Ἐτσι, οἱ χάλυβες ἐργαλείων κατατάσσονται εἰς τὰς ἔξης βασικὰς

κατηγορίας συμφώνως πρὸς τὴν ἀμερικανικὴν τυποποίησιν κατὰ AISI:

- α) Εἰς τοὺς κοινοὺς χάλυβας ἔργαλείων ἡ βαφῆς εἰς ὕδωρ, εἰς τοὺς ὅποιους περιλαμβάνονται κατὰ βάσιν ἀνθρακοῦχοι χάλυβες.
- β) Εἰς τοὺς χάλυβας ἔργαλείων ἀντοχῆς εἰς κρούσεις.
- γ) Εἰς τοὺς χάλυβας ἔργαλείων ψυχρηλασίας.
- δ) Εἰς τοὺς χάλυβας ἔργαλείων θερμηλασίας.
- ε) Εἰς τοὺς ταχυχάλυβας καὶ
- στ) εἰς τοὺς χάλυβας ἔργαλείων εἰδικῆς χρήσεως.

A. Κοινοὶ χάλυβες ἔργαλείων.

Χρησιμοποιοῦνται, ὅπου αἱ ἀπαιτήσεις, τὰς ὅποιας ἀνεφέραμεν, εἶναι μικραί.

Ἡ εἰς ἀνθρακα περιεκτικότης τῶν χαλύβων αὐτῶν κυμαίνεται ἢ πὸ 0,60% μέχρις 1,50% ἀναλόγως τῆς χρήσεως τοῦ χάλυβος. Πρέπει νὰ εἶναι πολὺ καθαροί, νὰ περιορίζωνται δηλαδὴ αἱ ἀκαθαρσίαι εἰς τὸ ἐλάχιστον δυνατόν, ποὺ οἰκονομικῶς μᾶς συμφέρει.

Οἱ κοινοὶ χάλυβες ἔργαλείων ἀγοράζονται συνήθως εἰς κατάστασιν ἀνοπτήσεως (τοῦτο συμβαίνει μὲ τὸ πλεῖστον τῶν χαλύβων ἔργαλείων), διὰ νὰ κατεργάζωνται εὐκόλως εἰς τὴν ἐπιθυμητὴν μορφὴν καὶ εἰς τὸν ὑφίστανται βαφὴν εἰς τὸ ὕδωρ καὶ κατάλληλον ἐπαναφοράν.

Ὦς ἔργαλεῖα κοπῆς οἱ κοινοὶ χάλυβες χρησιμοποιοῦνται διὰ χαμηλὰς ταχύτητας κοπῆς καὶ μικρὰ βάθη κοπῆς καὶ διὰ μικρὰς ταχύτητας προώσεως, καθὼς ἐπίσης καὶ διὰ μαλακὰ ύλικά, ὅπως διὰ μαλακούς χάλυβας, κράματα τοῦ χαλκοῦ καὶ τοῦ ἀργιλίου καὶ ἄλλα.

Εἰς τὸν Πίνακα 21·3·1 παρέχομεν στοιχεῖα θερμικῶν κατεργασιῶν καὶ βιομηχανικὰς χρήσεις τῶν ἀνθρακοῦχων χαλύβων ἔργαλείων ἐν σχέσει μὲ τὴν εἰς ἀνθρακα περιεκτικότητά των.

3. Χάλυβες ἔργαλείων ἀντοχῆς εἰς κρούσεις.

Οἱ χάλυβες αὐτοὶ χρησιμοποιοῦνται δι’ ἔργαλεῖα, ποὺ ὑφίστανται κρούσεις καὶ συνεπῶς πρέπει νὰ ἔχουν μεγάλην δυσθραυστότητα.

Χρησιμοποιοῦνται διὰ μήτρας διαμορφώσεως, διὰ στιγεῖς (ζουμτάδες) καὶ μήτρας κοπῆς, διὰ κοπίδια, λεπτίδας ψαλίδων καὶ ἄλλα.

Περιέχουν ἀνθρακα ἢ ποὺ 0,45% μέχρις 0,60% καὶ ὡς προσθήκας τυρίτιον ἡ χρώμιον καὶ βολφράμιον καὶ εἰς ὥρισμένας περιπτώσεις μολυβδαίνιον.

Τυπικοὶ χάλυβες τῆς κατηγορίας αὐτῆς εἰναι οἱ κατωτέρω:
 α) $\pi(C) = 0,50\%$, $\pi(Mn) = 0,80\%$, $\pi(Si) = 2,00\%$, $\pi(Mo) = 0,40\%$
 β) $\pi(C) = 0,50\%$, $\pi(Cr) = 1,50\%$, $\pi(W) = 2,50\%$.

Π Ι Ν Α Ζ 21.3.1

Κοινοὶ χάλυβες ἐργαλείων

$\pi(C)\%$	Θερμοκρασία [°C]		Βιομηχανικαὶ χρήσεις
	Βαφῆς	Ἐπαναφορᾶς	
0,60 – 0,70	850 – 820	180	Σφῦραι, μῆτραι σφυρηλασίας, λάμαι πριόνων, ἐργαλεῖα ξυλουργοῦ, ἀγροτικὰ ἐργαλεῖα
0,70 – 0,80	830 – 800	180	Σφῦραι, μῆτραι ψυχρηλασίας, λεπίδες ψαλίδων, δρέπανα, σιαγόνες συνδηκτόρων, κλείδες κοχλιῶν, ἐργαλεῖα σιδηρουργοῦ
0,80 – 0,90	820 – 780	180	Ὦς ἀνωτέρω
0,90 – 1,00	800 – 770	180	Τυπικὸς χάλυψ γενικῆς χρήσεως δι' ἐργαλεῖα τόρνου. Μάχαιραι, ἔλαστήρια, στιγεῖς
1,00 – 1,10	790 – 760	150	Ἐργαλεῖα τόρνου, φραΐζαι, τρύπανα, γλύφανα, ἔλικοτομίδες (φιλιέρες καὶ κολαοῦζα)
1,10 – 1,20	790 – 760	150	Ἐργαλεῖα κοπῆς, ὡς ἀνωτέρω. Ἐνσφαιροὶ τριβεῖς (ρουλμάν)
1,20 – 1,50	790 – 760	150	Ἐργαλεῖα κοπῆς τελικῆς κατεργασίας, ρῖναι, ξυράφια, λεπίδες ψαλίδων

Γ. Χάλυβες ἐργαλείων ψυχρηλασίας.

Χρησιμοποιοῦνται εύρυτατα. Εἰς τὴν κατηγορίαν αὐτὴν χαλύβων ἐργαλείων ὑπάγονται:

α) Χάλιβες πτωχοὶ εἰς προσθήκας. Περιέχουν ἄνθρακα περίπου 1,00%, μαγγάνιον καὶ μικροτέρας ποσότητας χρωμίου καὶ βολφραμίου καὶ βάφονται εἰς ἔλαιον. Δὲν παραμορφώνονται πολὺ κατὰ τὰς θερμικὰς κατεργασίας. Παρουσιάζουν καλὴν ἀντοχὴν εἰς φθορὰν ἐκ τριβῆς. Ἡ δυσθραυστότης των εἰναι μετρία, ἡ δὲ ἀντοχὴ των εἰς ἐπαναφορὰν πολὺ χαμηλή, σχεδὸν ὅπως τῶν κοινῶν χαλύβων ἐργαλείων. Χρησιμοποιοῦνται διὰ μῆτρας διαμορφώσεως, δι' ἔλικοτομίδας (κολαοῦζα - φιλιέρες) καὶ ρυθμιζόμενα γλύφανα. Τυπικὸς χάλυψ αὐτοῦ τοῦ είδους εἰναι ὁ ἀκόλουθος:

$$\pi(C) = 0,90\%, \quad \pi(Mn) = 1,00\%, \quad \pi(Cr) = 0,50\%, \quad \pi(W) = 0,50\%$$

β) Χάλυβες μέσης περιεκτικότητος εἰς προσθήκας. Περιέχουν περίπου 1% ἄνθρακα, μαγγάνιον μέχρι 3%, χρώμιον μέχρι 5% και 1% μολυβδαίνιον. Όλιγον παραμορφώνονται κατά τὰς θερμικὰς κατεργασίας. Έχουν καλὴν ἀντοχὴν εἰς τὴν φθορὰν ἐκ τριβῆς, μετρίαν δυσθραυστότητα και ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφοράν. Βάφονται εἰς τὸν ἀέρα. Χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν μητρῶν κοπῆς, διαμορφώσεως και σπειρωμάτων διὰ συμπιέσεως.

Ως τυπικὸς χάλυψ αὐτοῦ τοῦ εἴδους ἀναφέρεται ὁ ἀκόλουθος:

$$\pi(C) = 1,00\%, \pi(Mn) = 3,00\%, \pi(Cr) = 1,00\%, \pi(Mo) = 1,00\%$$

γ) Χάλυβρις ὑψηλῆς περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα και χρώμιον.

Περιέχουν μέχρι 2,35% ἄνθρακα και 12% χρώμιον. Είναι δυνατὸν νὰ περιέχουν ἐπίσης μολυβδαίνιον (1,00%), βιολφράμιον, βανάδιον και κοβάλτιον.

Ο συνδυασμὸς ὑψηλῆς περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα και χρώμιον δίδει πολὺ μεγάλην ἀντοχὴν εἰς φθοράν. Έλάχιστα ἀλλάσσουν αἱ διαστάσεις τῶν τεμαχίων κατά τὴν βαφήν. Χρησιμοποιοῦνται διὰ μήτρας κοπῆς, μήτρας συρματοποιήσεως, ὡς και μήτρας σπειρωμάτων διὰ συμπιέσεως.

Ως τυπικὸς χάλυψ αὐτοῦ τοῦ εἴδους ἀναφέρεται ὁ ἔξης:

$$\pi(C) = 2,25\%, \pi(Cr) = 12\%, \pi(Mo) = 1,00\%$$

Δ. Χάλυβες έργαλείων θερμηλασίας.

Εἰς ὥρισμένας ἐφαρμογὰς τὸ έργαλεῖον θερμαίνεται εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας. Τοῦτο συμβαίνει πρὸ πάντων κατὰ τὴν θερμηλασίαν, ὅπου τὸ τεμάχιον ὑφίσταται τὴν κατεργασίαν θερμόν, ἀλλὰ ἐμφανίζεται και κατὰ τὴν χύτευσιν διὰ συμπιέσεως, καθὼς ἐπίσης και κατὰ τὴν χύτευσιν πλαστικῶν.

Οι χάλυβες αὐτοὶ θὰ πρέπει νὰ ἔχουν κατὰ κύριον λόγον καλὴν ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφοράν. Περιέχουν χρώμιον, μολυβδαίνιον και βιολφράμιον, τὸ ἀθροισμα δὲ ὅλων αὐτῶν τῶν προσθηκῶν πρέπει νὰ είναι μεγαλύτερον τοῦ 5%.

Διατκίνομεν τρεῖς διάδας χαλύβων έργαλείων θερμηλασίας:

α) Τοὺς χάλυβας μὲ βάσιν τὸ χρώμιον, οἱ ὅποιοι περιέχουν 0,35% ἔως 0,55% ἄνθρακα, 5% ἔως 7% χρώμιον και μικροτέρας ποσότητας βαναδίου (0,40% ἔως 1,00%), βιολφραμίου (1,50% ἔως

7,00 %) καὶ μολυβδαινίου (1,50 % ἔως 5,00 %). Ὡς τυπικὸν χάλυβα αὐτῆς τῆς ὁμάδος ἀνεφέρομεν τὸ ἀκόλουθον:

$$\pi(C) = 0,35\%, \quad \pi(Cr) = 5\%, \quad \pi(V) = 1,00\%, \quad \pi(Mo) = 1,50\%$$

β) Τοὺς χάλυβας μὲν βάσιν τὸ βολφράμιον, οἱ ὅποιοι περιέχουν 0,35 % ἔως 0,55 % ἄνθρακα, 2 % ἔως 12 % χρώμιον καὶ 9 % ἔως 18 % βολφράμιον, ὅπως εἶναι ὁ χάλυψ:

$$\pi(C) = 0,45\%, \quad \pi(Cr) = 3\%, \quad \pi(W) = 15\%$$

γ) Τοὺς χάλυβας μὲν βάσιν τὸ μολυβδαίνιον, περιέχοντας 0,55 % ἔως 0,65 % ἄνθρακα, 4 % Cr, 1 % ἔως 2 % V, 1,50 % ἔως 6,00 % W καὶ 5 % ἔως 8 % Mo, ὅπως εἶναι καὶ ὁ χάλυψ:

$$\pi(C)=0,60\%, \quad \pi(Cr)=4\%, \quad \pi(V)=2\%, \quad \pi(W)=6\%, \quad \pi(Mo)=5\%$$

Οι χάλυβες ἑργαλείων θερμηλασίας ἔχουν γενικῶς καλὴν δυσθραυστότητα, μεγάλην ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφορὰν καὶ μετρίαν ἀντοχὴν εἰς τὴν φθοράν. Βάφονται εἰς τὸν ἀέρα μὲν πολὺ μικρὰς παραμορφώσεις κατὰ τὴν βαφήν.

Χρησιμοποιοῦνται διὰ μήτρας σφυρηλασίας, ὡς καὶ μήτρας διὰ διέλασιν ἐν θερμῷ ἀργιλίου, δρειχάλκου καὶ χάλυβος. Ἐπίσης, διὰ λεπίδας ψαλίδων διὰ ψαλιδισμὸν ἐν θερμῷ, διὰ μήτρας πλαστικῶν, καθὼς καὶ μήτρας χυτεύσεως διὰ συμπιέσεως.

E. Ταχυχάλυβες.

Οι ταχυχάλυβες χρησιμοποιοῦνται κυρίως ὡς ταχυχάλυβες ἑργαλείων κοπῆς τῶν μετάλλων. Εύρισκουν ὅμως ἐφαρμογὰς καὶ εἰς μήτρας διειλάσεως καὶ μήτρας κοπῆς. Ἐκ τῶν χαλύβων ἑργαλείων, ἔχουν τὸ μεγαλύτερον ποσοστὸν προσθηκῶν. Συνήθως ἔχουν ὑψηλὴν περιεκτικότητα εἰς βολφράμιον ἢ μολυβδαίνιον καὶ κοβάλτιον. Ἡ εἰς ἄνθρακα περιεκτικότης των κυμαίνεται ἀπὸ 0,70 % ἔως καὶ 1,50 %.

Ἡ χημικὴ σύνθεσις τῶν ταχυχαλύβων συντελεῖ, ὥστε νὰ ἀποκτοῦν μεγάλην σκληρότητα καὶ συνεπῶς ἀντοχὴν εἰς φθοράν, μεγάλην ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφορὰν καὶ παραδεκτὴν σχετικῶς δυσθραυστότητα. Βάφονται συνήθως εἰς τὸν ἀέρα, εἰς ἔλαιον ἢ εἰς λουτρὸν ἀλάτων.

Οἱ ταχυχάλυβες ταξινομοῦνται εἰς δύο κατηγορίας:

α) Εἰς ἑκείνους ποὺ ἔχουν ὡς βάσιν τὸ βολφράμιον. Προστίθεται βανάδιον καὶ κοβάλτιον. Τυπικὸς χάλυψ τῆς κατηγορίας αὐτῆς εἶναι

ό γυνωστὸς ταχυχάλυψ 18 - 4 - 1 (18% W, 4% Cr, 1% V και 0,75% C).

β) Εις ἑκείνους ποὺ ἔχουν ώς βάσιν τὸ μολυβδαίνιον, μὲ προσθήκας βολφραμίου, βαναδίου και κοβαλτίου, ὅπως εἶναι οἱ ἀκόλουθοι ταχυχάλυβες:

$$\pi(C) = 1,30\%, \pi(Cr) = 4\%, \pi(V) = 4\%, \pi(W) = 5,50\%, \pi(Mo) = 4,50\%$$

$$\text{ή } \pi(C) = 0,90\%, \pi(Cr) = 4\%, \pi(V) = 2\%, \pi(W) = 2\%, \pi(Mo) = 8\%$$

$$\text{και } \pi(Co) = 8\%$$

Χονδρικῶς δυνάμεθα νὰ εἰπωμεν, ὅτι οἱ ταχυχάλυβες μὲ βάσιν τὸ βολφράμιον εἶναι περίπου ἴσοδύναμοι πρὸς ἑκείνους, οἱ ὅποιοι ἔχουν βάσιν τὸ μολυβδαίνιον. Οἱ δεύτεροι ἔχουν μεγαλυτέραν δυσθραυστότητα. Τὸ κοβάλτιον, ώς προσθήκη, αὐξάνει τὴν ἀντοχὴν τοῦ ταχυχάλυβος εἰς ἐπαναφοράν.

Εις τὸν Πίνακα 21 · 3 · 2 δίδονται στοιχεῖα σχετικὰ μὲ τὴν χημικὴν σύνθεσιν, τὰς θερμικὰς κατεργασίας και τὰς βιομηχανικὰς χρήσεις συνήθων ταχυχαλύβων και τῶν δύο κατηγοριῶν.

Θερμικαὶ κατεργασίαι τῶν χαλιέων ἔργαλείων.

‘Η κανονικὴ ἐκτέλεσις τῶν ἀπαραιτήτων θερμικῶν κατεργασιῶν τῶν διαφόρων ἔργαλείων ἀποτελεῖ σημαντικὸν παράγοντα ἐπιτυχίας των εἰς τὰς ἐφαρμογὰς και ώς ἐκ τούτου χρειάζεται πολλὴ προσοχὴ.

Κατωτέρω δίδομεν ὡρισμένας γενικὰς ὁδηγίας:

α) ‘Απότομος θέρμανσις δύναται νὰ δημιουργήσῃ μεγάλην διαφορὰν θερμοκρασίας εἰς τὴν μᾶζαν των, πρᾶγμα ποὺ εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχῃ ώς ἐπακόλουθον ρωγμὰς και στρεβλώσεις. Τούτο ἀποφεύγεται μὲ ἡρεμον ἀρχικῶς προθέρμανσιν τῶν ἔργαλείων και ἀκολούθως ταχυτέραν θέρμανσιν εἰς τὴν κανονικὴν θερμοκρασίαν βαφῆς. Μερικοὶ προτιμοῦν νὰ θερμαίνουν κλίβανον και ἔργαλεία ταυτοχρόνως.

β) ‘Ο χρόνος παραμονῆς τῶν ἔργαλείων εἰς τὴν θερμοκρασίαν βαφῆς πρέπει νὰ εἶναι τόσος, δοσος χρειάζεται διὰ νὰ ἀποκτήσουν ὄμοιόμορφον θερμοκρασίαν εἰς ὅλην των τὴν μᾶζαν.

γ) ‘Υπερθέρμανσις πρέπει νὰ ἀποφεύγεται, διότι δυνατὸν νὰ προκαλέσῃ ρωγμὰς κατὰ τὴν βαφὴν ἢ καὶ αὐξῆσιν τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων τοῦ ὠστενίτου μὲ συνέπειαν ἐλάττωσιν τῆς δυσθραυστότητος.

δ) Πρέπει νὰ λαμβάνωνται σοβαρὰ μέτρα ἀποφυγῆς τῆς ἔξανθρακώσεως τῶν ἔργαλείων, πρᾶγμα ποὺ ἔχει ώς ἀποτέλεσμα ἐλάττωσιν τῆς σκληρότητος εἰς τὰς θέσεις ἔξανθρακώσεως.

ε) Συνιστᾶται, δῆπος ἡ ἐπαναφορὰ γίνεται εὐθύς ἀμέσως μετὰ τὴν βαφὴν, ώστε νὰ ἐλαττωθῇ εἰς τὸ ἐλάχιστον ὁ κίνδυνος δημιουργίας ρωγμῶν ἢ στρεβλώσεων, λόγω τῶν ἐσωτερικῶν τάσεων ποὺ δημιουργοῦνται εἰς τὰ τεμάχια ἀπὸ τὴν βαφὴν.

στ) Οἱ ταχυχάλυβες ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ ἀποκτοῦν μεγαλυτέραν σκληρό-

ΠΙΝΑΞ 21.3.2
Ταχυχάλυβες

Τύπος ταχυχάλυβος	Χημικὴ σύνθεσις [%]						Θερμικὴ κατεργασία	Σκληρότης κατὰ Vickers	Βιομηχανικὴ χρήσεις
	C	Cr	W	V	Mo	Co			
14% βιολφραμίου	0,65	4,00	14,00	0,80	—	—	Βαφὴ ἢς ρεύμα ἀέρος ἢ ἔλαιον διπὸ 1250° ἵνας 1300° C. Διπλῆ ἐπαναφο- ρὰ ἢς 565° C ἐπὶ μίαν ὥραν	800 – 860	Γενικὴ μηχανουργικὴ ἔρ- γασία ἑλαφρᾶς μορφῆς
18% βιολφραμίου (18-4-1)	0,75	4,20	18,20	1,20	—	—	Ως ἀνωτέρω, βαφὴ διπὸ 1290° ἵνας 1340° C καὶ δι- πλῆ ἐπαναφορὰ	800 – 890	Ἐργαλεῖα τόρνου, πλάνης, φραΐζαι, ἐργαλεῖα κοπῆς ὁ- δουντωτῶν τροχῶν εἰς γρα- ναζοκόπτας, Γλυφανας, Ἐλλι- κοτούιδες, τρύπανα, δι- σκοι ἀποκοπῆς, δίσκοι καὶ ταινίαι μεταλλοπρότυνων καὶ ἄλλα
22% βιολφραμίου	0,78	4,50	21,50	1,40	0,50	—	Ως ἀνωτέρω, βαφὴ διπὸ 1280° ἵνας 1320° C καὶ δι- πλῆ ἐπαναφορὰ	830 – 950	Μεγάλου μεγέθους φραΐζαι καὶ κοπεῖς γραναζοκόπτου, ἐργαλεῖα αὐτομάτου τόρ- νου, ἐργαλεῖα μορφῆς δικρι- βείας. Ἀνωτέρος εἰς ποιότη- τα τοῦ ταχυχάλυβος 18-4-1
12% κοβραλτίου - 21% βιολφραμίου	0,80	4,75	21,50	1,50	0,50	12	Ως ἀνωτέρω, βαφὴ διπὸ 1300° ἵνας 1320° C καὶ δι- πλῆ ἐπαναφορὰ	900 – 950	*Οπως ὁ ταχυχάλυψ 18-4-1, διπλὲ διαὶ πολὺ σκληρὸς τε- μάχια. Παρουσίᾳ τοῦ μεγάλην ἀντοχὴν εἰς ταφοράν καὶ μεγάλην δισ- θραυστότητα

12% βιολφρασμίου - 5% βιανδίου	1,50	4,50	12,50	5,00	-	5,00	'Ως μένωτέρω, βαφή διπό 12300 έως 13000°C και δι- πλή έπαναφορά	900 – 1000	'Εξαιρετικώς σκληρός, και δυσθρασιοτός και με ξεαιρε- τικήν επίσης μάντοχήν είς έπαναφοράν. Έργαλεία με- γάλης άκριβειας, ως και έρ- γαλεία τελικής κατεργασίας (τόρνευσις, φραιζάρισμα, πλάνισμα κ.λπ.). Κατεργα- σία χαλυβοκραμάτων δεριο- στροβίλων
18% βιολφρασμίου - 5% βιανδίου	1,50	5,00	17,50	5,00	0,50	8,75	'Ως μένωτέρω, βαφή είς 12500°C και διπλή έπανα- φορά	900 – 990	'Εργαλεία κοπτής διάς κατερ- γασίαν πολὺ σκληρήδν όλι- κῶν
5% μολυβδανίου	0,80	4,25	6,50	1,90	5,00	-	'Ως μένωτέρω, βαφή είς 12500°C και διπλή έπανα- φορά	850 – 900	Χονδρικώς ισοδύναμος με τὸν ταχυχάλυβα 18·4·1 με μεγαλυτέρων οīμως δισ- θραυστοτητα. Τρύπανα, γλύφανα έλικοτομίδες, φραιζαί
9% μολυβδανίου - 8% κοβαλτίου	0,90	3,75	1,65	1,10	9,50	8,25	'Ως μένωτέρω, διλλάς τριπλή έπαναφορά είς 5300°C έπι μίαν ώραν	830 – 935	Πορόμοιος πρός τὸν ταχυ- χάλυβα 12% κοβαλτίου — 21% βιολφρασμίου

τητα μετὰ ἐπαναφορὰν καὶ ὅχι μετὰ τὴν βαφὴν καὶ πρὸ τῆς ἐπαναφορᾶς, ὅπως συμβαίνει μὲ τοὺς ἄλλους χάλυβας ποὺ βάφονται (παράγρ. 19·11). Ἡ βαφὴ τῶν ταχυχαλύβων γίνεται εἰς πολὺ ὑψηλὰς θερμοκρασίας, δηλαδὴ εἰς 12000°C ἔως 13000°C (Πίναξ 21·3·2) ἀναλόγως τοῦ τύπου ταχυχάλυβος. Θερμαίνομεν τὸν ταχυχάλυβα συνήθως εἰς ἡλεκτρικὴν κάμινον ρυθμιζομένης ἀτμοσφαίρας μέχρι περίπου 9000°C. Συνεχίζομεν τὴν θέρμανσιν μέχρι τῆς θερμοκρασίας τῆς βαφῆς εἰς κάμινον τετηγμένων ἀλάτων (Πίναξ 19·10·1). Ἀκολούθως ἡ βαφὴ γίνεται ἐντὸς λουτροῦ τετηγμένων ἀλάτων ἡ μολύβδου θερμοκρασίας περίπου 5500°C. Μόλις ὁ χάλυψ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ λουτροῦ, ἀφήνεται νὰ ἀποψυχθῇ εἰς τὸν ἀέρα.

Μετὰ τὴν βαφὴν τοῦ ταχυχάλυβος παραμένει σημαντικὴ ποσότης ὡστενίτου. Ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὑπολειπομένου αὐτοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην γίνεται μὲ ἐπαναφοράν. Συνήθως, γίνεται διπλῇ ἐπαναφορᾷ (Πίναξ 21·3·2) εἰς τρόπον, ὥστε νὰ μετασχηματισθῇ ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερος ὡστενίτης εἰς μαρτενσίτην καὶ ἔτσι ὁ ταχυχάλυψ νὰ ἀποκτήσῃ μεγαλυτέραν σκληρότηταν.

21·4 Εἰδικὰ χαλυβοκράματα.

Τὰ εἰδικὰ χαλυβοκράματα ἔχουν ἀναπτυχθῆ διὰ νὰ ἀνταποκριθοῦν εἰς ὡρισμένας πρακτικὰς ἀπαιτήσεις, τὰς ὅποιας δὲν δύνανται νὰ καλύψουν οἱ χάλυβες, τοὺς ὅποιους μέχρι τοῦδε ἔχομεν συναντήσει. Εἰς τὴν παράγραφον αὐτὴν θὰ μελετήσωμεν τοὺς πλέον ἐνδιαφέροντας τύπους εἰδικῶν χαλυβοκραμάτων, ὅπως εἰναι οἱ ἀνοξείδωτοι χάλυβες, οἱ πυρίμαχοι χάλυβες καὶ οἱ χάλυβες εἰδικῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν ἐφαρμογῶν.

A. Οι ἀνοξείδωτοι χάλυβες (εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος).

Ἡ ἀνακάλυψις τῶν ἀνοξειδώτων χαλύβων ἀποδίδεται εἰς τὸν Μπρέλεϋ (Bрeаlеу), ὅταν τὸ ἔτος 1913 παρετήρησεν ὅτι ὁ χάλυψ μὲ 13% Cr παρουσίαζε σημαντικὴν ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν τῆς ἀτμοσφαίρας.

Ἡ ἀντοχὴ αὐτὴ εἰς τὴν διάβρωσιν ὀφείλεται εἰς τὸ χρώμιον, τὸ ὅποιον σχηματίζει λεπτὸν στρῶμα δέξειδίου τοῦ χρωμίου εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κράματος. Τὸ στρῶμα αὐτὸν εἰναι ἀνθεκτικὸν καὶ συμπαγές, προσκολλᾶται καλῶς εἰς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ ἐμποδίζει ἔτσι περαιτέρω προσβολὴν τοῦ χάλυβος. Κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον, δὲν παρέχεται μόνον προστασία ἔναντι τῆς γηίνης ἀτμοσφαίρας, ἀλλὰ καὶ ἔναντι ὡρισμένων διαβρωτικῶν διαλύσεων ἡ διαβρωτικοῦ περιβάλλοντος.

Οι ἀνοξείδωτοι χάλυβες, συνεπῶς, εἰναι χαλυβοκράματα μὲ βά-

σιν τὸ χρώμιον, ἀνθεκτικὰ εἰς διαβρωτικὸν ἐν γένει περιβάλλον συμπεριλαμβανομένης καὶ τῆς γηίνης ἀτμοσφαίρας.

‘Ἡ διάβρωσις τῶν μετάλλων, ποὺ ἔγρισκονται ἐντὸς διαβρωτικῆς ἀτμοσφαίρας, γίνεται εἴτε κατόπιν συνεχοῦς χημικῆς προσβολῆς εἴτε λόγω φαινομένων ἡλεκτρολύσεως εἴτε καὶ τῶν δύο μαζί. Ἐκ τούτου ἔπειται ὅτι τὰ ἀνθεκτικὰ εἰς διάβρωσιν κράματα πρέπει:

α) Νὰ ἔχουν κρυσταλλικὴν δομὴν μιᾶς μόνον ὁμοιογενοῦς φάσεως, ὥπως π.χ. ὠστενίτου ἢ φερρίτου καὶ

β) νὰ σχηματίζουν ἐπιφανειακῶς ὅξειδιον, τὸ ὄποιον νὰ προστατεύῃ τὸ βασικὸν κράμα ἀπὸ περατιέρω διάβρωσιν.

Οἱ ἀνοξείδωτοι χάλυβες εἶναι κατὰ βάσιν χρωμιούχοι χάλυβες. Περισσότερον βελτιωμένοι ἀνοξείδωτοι χάλυβες εἶναι οἱ νικελιοχρωμιούχοι.

Οἱ ἀνοξείδωτοι χάλυβες κατατάσσονται εἰς τρεῖς κατηγορίας:

- *Εἰς τοὺς μαρτενσιτικοὺς*
- *Εἰς τοὺς ὠστενιτικοὺς* καὶ
- *εἰς τοὺς φερριτικούς.*

I) Μαρτενσιτικοὶ ἀνοξείδωτοι χάλυβες.

Οἱ χάλυβες αὐτοὶ περιέχουν ἄνθρακα ἀπὸ 0,07 % ἕως 0,40 %, καὶ χρώμιον ἀπὸ 12 % ἕως 18 %. Βάφονται ἀπὸ 950⁰ C ἕως 1000⁰ C. Μετὰ τὴν βαφὴν ἀποκτοῦν μαρτενσιτικὸν ίστόν. Εἰς τὴν κατάστασιν αὐτὴν εἶναι ἀρκετὰ ἀνοξείδωτοι. Ἐὰν ύποστοῦν ἀνόπτησιν, ἀποκτοῦν περλιτικὸν ίστόν. Εἶναι μαγνητικοί.

Οἱ χάλυβες αὐτοὶ ὑφίστανται καὶ ἐπαναφορὰν ἀπὸ 500⁰ C ἕως 750⁰ C. Ἐδῶ πρέπει νὰ σημειώσωμεν, ὅτι μετὰ τὴν ἐπαναφορὰν ὁ χάλυψ ἀποκτᾷ μεγαλυτέραν δυσθραυστότητα, εἰς βάρος ὅμως τῆς ἀντοχῆς του εἰς διάβρωσιν.

‘Αναλόγως τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητος οἱ μαρτενσιτικοὶ ἀνοξείδωτοι χάλυβες ἔχουν ὡρισμένας ἐφαρμογάς. Διὰ δύο τύπους ἔξ αὐτῶν τῶν χαλύβων ἀναφέρομεν μηχανικὰς ἰδιότητας καὶ βιομηχανικὰς χρήσεις εἰς τὸν Πίνακα 20 · 2 · 4. ‘Ο χάλυψ μὲ π(C) = 0,40 % ἕως 1,00 % καὶ π(Cr) = 13 % χρησιμοποιεῖται δι’ ἐνσφαίρους τριβεῖς καὶ ἐλατήρια, τὰ ὅποια λειτουργοῦν εἰς διαβρωτικὸν περιβάλλον.

‘Αναφέρομεν ἐπίσης ὡς μαρτενσιτικὸν ἀνοξείδωτον χάλυβα αὐτόν, ποὺ περιέχει 0,10 % C, 18 % Cr καὶ 2 % Ni. Συνδυάζει καλὴν ἀντο-

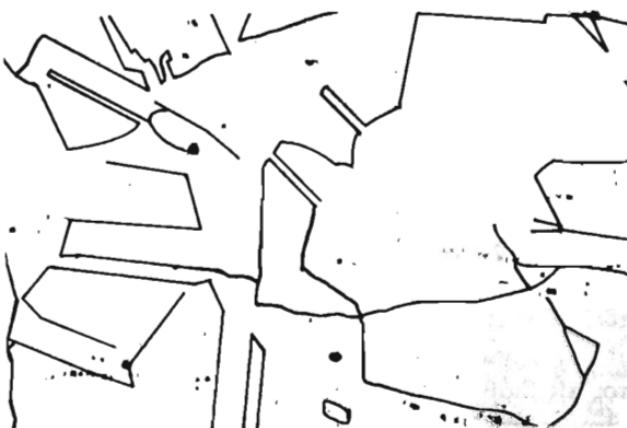
χὴν εἰς διάβρωσιν μὲ καλὰς μηχανικὰς ιδιότητας, ποὺ ἐπιτυγχάνονται μετὰ βαφὴν εἰς 950°C καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 650°C . Χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν κατασκευὴν ἀξόνων ἀντλιῶν, πτερυγίων στροβίλων κ.λπ.

2) Ὀστενίτικοι ἀνοξείδωτοι χάλυβες.

Εἰς αὐτοὺς ἀνήκουν χαλυβοκράματα μὲ περιεκτικότητα εἰς χρώμιον ἀπὸ 12 % ἕως 25 % καὶ νικέλιον ἀπὸ 8 % ἕως 15 % καὶ χαμηλὴν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα (μικροτέραν τοῦ 0,10 %).

Τυπικὸς ὀστενίτικὸς ἀνοξείδωτος χάλυψ εἶναι ὁ νικελιοχρωμιοῦχος χάλυψ μὲ $\pi(\text{Cr}) = 18\%$ καὶ $\pi(\text{Ni}) = 8\%$, δ ὅποιος συνήθως συμβολίζεται ὡς 18-8.

Οἱ χάλυβες αὐτοὶ δὲν σκληρύνονται διὰ βαφῆς. Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἢ ὑδωρ ἀπὸ 1050°C ἕως 1100°C τοὺς προσδίδει πλήρως κρυσταλλικὴν δομὴν ὀστενίτου (σχ. 21 · 4 α). Εἰς τὴν κατάστασιν αὐτὴν τὸ χαλυβόκραμα εἶναι μαλακόν, ἀμαγνητικὸν καὶ παρουσιάζει τὴν μεγίστην ἀντοχὴν του εἰς διάβρωσιν.



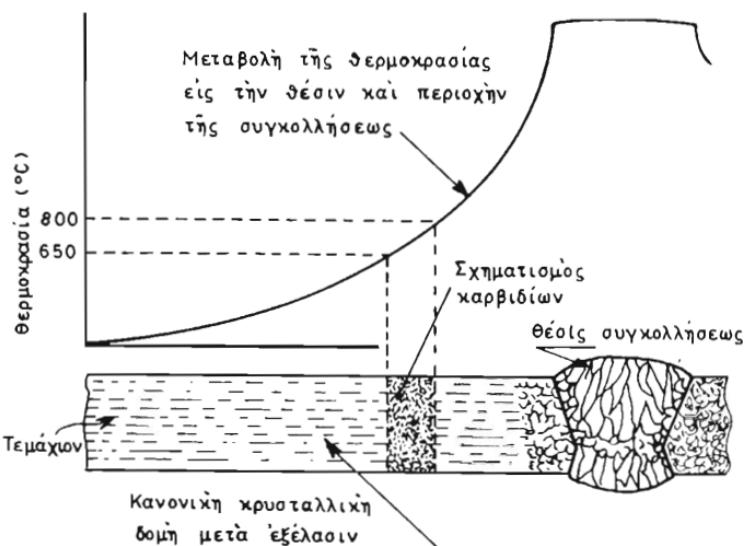
Σχ. 21 · 4 α.

Κρυσταλλικὴ δομὴ ἀνοξειδώτου χάλυβος μὲ $\pi(\text{Cr}) = 20\%$, $\pi(\text{Ni}) = 10\%$ καὶ $\pi(\text{C}) = 0,05\%$ μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον ἀπὸ 1050°C (κρυσταλλίται ὀστενίτου). Μεγέθυνσις $\times 200$.

Εἰς τὸν Πίνακα 20 · 2 · 5 δίδεται ἡ χημικὴ σύνθεσις, αἱ μηχανικαὶ ιδιότητες καὶ αἱ βιομηχανικαὶ χρήσεις ὀστενίτικῶν ἀνοξειδώτων χαλύβων.

Οι χάλυβες του τύπου 18-8 είναι δυνατόν νὰ περιέχουν καὶ περίπου 3% Mo ἢ 2% Cu, ὥστε νὰ ἀποκτήσουν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν ἔναντι ώρισμένων διαλυμάτων.

Ἐὰν ὁ ἀνοξείδωτος χάλυψ 18-8 θερμανθῇ ἐπὶ ώρισμένον χρόνον, ὅπως συμβαίνει κατὰ τὴν συγκόλλησίν του (σχ. 21·4 β), τότε ἐμφανίζονται καρβίδια εἰς τὰ ὄρια τῶν κόκκων τοῦ ὀστεονίτου. Λόγω τοῦ σχηματισμοῦ τῶν καρβίδιών εἰς μικρὸν βάθος ἐντὸς τῶν κόκκων, ἐλαττώνεται κατὰ πολὺ ἡ εἰς χρώμιον καὶ ἄνθρακα περιεκτικότης τοῦ χάλυβος, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ διαβιβρώσκεται εὐκόλως εἰς τὰς θέσεις αὐτάς. Ἡ διάβρωσις αὐτὴ ἐπιτείνεται καὶ ἀπὸ τὴν ἀνομοιογένειαν τῆς φάσεως, ποὺ παρατηρεῖται ἐξ αἰτίας τῆς παρουσίας τῶν καρβίδιών [παράγρ. 21·4 (Α)]. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὄνομάζομεν περικρυσταλλικὴν διάβρωσιν τοῦ χάλυβος.



Σχ. 21·4 β.

Ἐμφάνισις καρβίδιων κατὰ τὴν συγκόλλησιν ἀνοξείδωτου χάλυβος 18-8.

Διὰ νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν περικρυσταλλικὴν διάβρωσιν, ἐκτὸς τῆς κατὰ τὸ δυνατὸν μειώσεως τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητος τοῦ χάλυβος (μέχρι καὶ 0,03%), προσθέτομεν τιτάνιον ἢ νιόβιον. Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ ἔχουν ἴσχυρὰν τάσιν νὰ σχηματίζουν καρβίδια καὶ ἔτσι,

ἀντὶ νὰ ἐμφανισθοῦν εἰς τὰ ὅρια τῶν κόκκων καρβίδια χρωμίου μὲ τὰς δυσμενεῖς συνεπείας ποὺ ἀνεφέραμεν, σχηματίζονται καρβίδια τιτανίου ḥι νιοβίου.

3) Φερριτικοὶ ἀνοξείδωτοι χάλυβες.

Περιέχουν ἄνθρακα ἀπὸ 0,10% ἕως 0,30% καὶ χρώμιον ἀπὸ 16% ἕως 30%. Ἐχουν μίαν μόνον φάσιν, τὸν φερρίτην [σχ. 20 · 2 α (β)]. Οἱ χάλυβες αὐτοὶ δὲν ὑπόκεινται εἰς θερμικὰς κατεργασίας. Εἶναι μαγνητικοὶ καὶ παρουσιάζουν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν μεγαλυτέραν ἀπὸ τοὺς μαρτενσιτικοὺς ἀνοξείδωτους χάλυβας, ἀλλὰ πολὺ κατωτέραν μηχανικὴν ἀντοχὴν.

B. Οἱ πυρίμαχοι χάλυβες.

Πυριμάχους χάλυβας λέγομεν τοὺς χάλυβας, οἱ ὅποιοι ἀντέχουν εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας, συνήθως ἅνω τῶν 500° C.

Οἱ πυρίμαχοι χάλυβες εύρισκουν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν βαλβίδων μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως, αὐλῶν ὑπερθερμαντήρων, σωληνώσεων θερμικῶν ἐγκαταστάσεων ἀτμοῦ, μεταφορικὰς ταινίας κλιβάνων, πτερύγια στροβίλων, κιβώτια ἀνοπτήσεως, χωνευτήρια καὶ ἄλλα.

Οἱ χάλυβες αὐτοὶ πρέπει νὰ ἔχουν τὰς ἀκολούθους ἰδιότητας εἰς τὸ περιβάλλον καὶ τὴν θερμοκρασίαν ἐργασίας των:

α) Ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν.

β) Ἐπαρκῆ μηχανικὴν ἀντοχὴν καὶ

γ) σταθερότητα διαστάσεων, δηλαδὴ τὰ διάφορα τεμάχια εἰς τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν ἐργασίας των νὰ μὴ ἀλλάσσουν διαστάσεις πέρα τῶν ἐπιτρεπομένων ἀνοχῶν.

Εἰς τὸν Πίνακα 21 · 4 · 1 δίδομεν τὴν χημικὴν σύνθεσιν, τὴν μεγίστην θερμοκρασίαν ἐργασίας, καθὼς ἐπίσης καὶ τὰς βιομηχανικὰς χρήσεις τυπικῶν πυριμάχων χαλύβων.

Γ. Οἱ χάλυβες ἡλεκτρομαγνητικῶν ἐφαρμογῶν.

Τὰ χαλυβοκράματα αὐτὰ εἶναι δυνατὸν νὰ διαιρεθοῦν εἰς:

α) *Μαγνητικῶς μαλακά*, τὰ ὅποια μαγνητίζονται καὶ ἀπομαγνητίζονται, χωρὶς νὰ χάνεται σημαντικὸν ποσὸν ἐνεργείας καὶ

β) *μαγνητικῶς σκληρά*, τὰ ὅποια μαγνητίζονται εὐκόλως καὶ

Π Ι Ν Α Ξ 21.4.1
Πυρίμαχοι χάλυβες

Χημική σύνθεση [%]						Μεγίστη θερμοκρασία έργασίας [%]	Βιομηχανική χρήσης
C	Si	Mn	Cr	Ni	*Άλλα στοιχεία		
0,15	1,50	—	25	19	—	1100	Όπτικη πικέ υπερθερμοπλάνης γάλιψ. Χωνευτήρια, πολλαπλαί εξαγωγαί μηχανών αεροπλάνων, τεμάχια λεβήτων και υπερθερμαντήρων
0,35	0,60	—	28	—	—	1150	Φεργοπικές γηγενοτήνες γάλιψ. Αντέχει είς οξειδωτικόν θειούχον άτμισφαιραν
0,12	—	0,70	12	2,50	1,80 Mo 0,35 V	600	Πτερύγια και δίσκοι στροβίλων, τεμάχια άτριοστροβίλων
0,06	—	1,50	17	12,50	2,35 Mo	650	Τεμάχια έγκαστα στάσεων άτμου, αύλοι υπερθερμαντήρων
0,40	3,50	—	8	—	0,50 Mo	700	Χάλυψ βαλβίδων μηχανών έσωστερης καύσεως

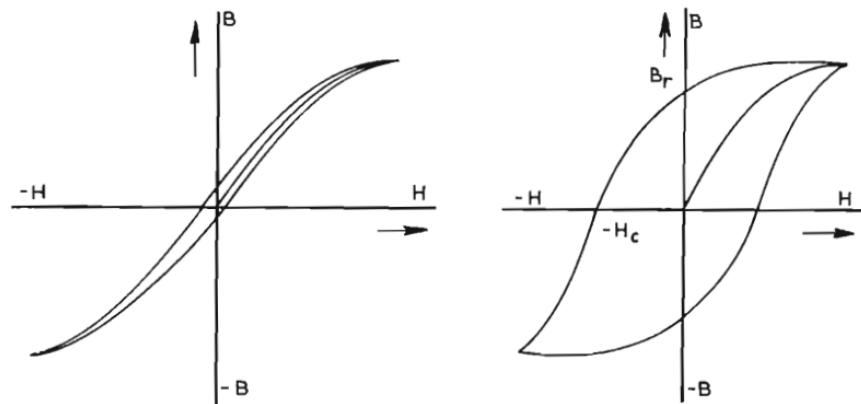
διατηροῦν τὸν μαγνητισμὸν τῶν καὶ μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον τὰ ἐμαγνήτισε.

I) Μαγνητικῶς μαλακὰ χαλυβοκράματα.

Ἄπὸ τὰ χαλυβοκράματα αὐτὰ κατασκευάζονται ἐλάσματα πυρήνων μετασχηματιστῶν, τυμπάνων καὶ πόλων ἡλεκτρικῶν κινητήρων καὶ γεννητριῶν καὶ ἄλλα. Αὐτὰ κατὰ βάσιν πρέπει:

α) Νὰ ἔχουν μέγαν συντελεστὴν μαγνητικῆς διαπερατότητος ('Ηλεκτρολογία, 'Ιδρυματος Εύγενιδου, Τόμος Β', σελ. 24, 25, 26) καὶ

β) μικρὰς ἀπώλειας ἐνεργείας. Αἱ ἀπώλειαι αὐταὶ περιλαμβάνουν τὰς μαγνητικὰς ἀπώλειας ἐκ μαγνητικῆς ύστερησεως ('Ηλεκτρολογία, Τόμος Β', σελ. 98, 99) καὶ τὰς ἀπώλειας ἐκ δινορρευμάτων ('Ηλεκτρολογία, Τόμος Β', σελ. 156, 157, 158). Αἱ ἀπώλειαι ἐξ ύστερησεως γίνονται μικραί, ὅταν τὸ ἐμβαδὸν τοῦ βρόχου ύστερησεως εἴναι μικρὸν [σχ. 21 · 4 γ (α)] καὶ αἱ ἀπώλειαι ἐκ δινορρευμάτων γίνονται ἐπίσης μικραί, ὅταν τὰ ἐλάσματα τῶν πυρήνων μετασχηματιστῶν ἢ τῶν τυμπάνων τῶν γεννητριῶν καὶ κινητήρων ἔχουν μικρὸν πάχος καὶ μονώνωνται μεταξύ των.



Σχ. 21 · 4 γ.

α) Μορφὴ βρόχου ύστερησεως λαμβανομένου δι᾽ ὑλικὸν κατάλληλον μὲν διὰ πυρῆνα μετασχηματιστοῦ, ἀκατάλληλον δῆμας διὰ μόνιμον μαγνήτην. β) Μορφὴ βρόχου ύστερησεως δι᾽ ὑλικὸν κατάλληλον διὰ μόνιμον μαγνήτην, ἀκατάλληλον δῆμας διὰ πυρῆνα μετασχηματιστοῦ.

Τὸν σίδηρον, δ ὅποιος ἔχρησιμοποιήθη ἀρχικῶς ὡς μαγνητικόν,

μαλακόν ύλικόν, ήκολούθησαν πυριτιούχοι χάλυβες μὲ έλαχίστην περιεκτικότητα εἰς ἀνθρακα καὶ μὲ πυρίτιον μέχρι 4,50 %. Σήμερον, τὰ κράματα σιδήρου-νικελίου δίδουν μεγάλους συντελεστὰς μαγνητικῆς διαπερατότητος, ἀλλὰ τὸ κόστος των εἶναι ύψηλόν. Ἀναφέρομεν ἐδῶ ὡς τυπικὸν χαλυβόκραμα αὐτοῦ τοῦ εἰδους, ἐκεῖνο ποὺ περιέχει 78 % Ni καὶ 22 % Fe.

2) Μαγνητικῶς σκληρὰ χαλυβοκράματα.

Χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν μονίμων μαγνητῶν καὶ ὡς ἐκ τούτου πρέπει νὰ λαμβάνωμεν ἀπὸ τὸν βρόχον ύστερήσεως αὐτῶν [σχ. 21·4 γ (β)] ὅσον τὸ δυνατὸν μεγαλυτέραν τιμὴν μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς Br καὶ ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου – Hc ('Ηλεκτρολογία, 'Ιδρυματος Εύγενιδου, Τόμος Β', σχ. 21·7 β). Τὸ πρῶτον σημαίνει ὅτι ὁ παραμένων μαγνητισμὸς εἶναι μέγας, ἐνῷ τὸ δεύτερον σημαίνει ὅτι διὰ νὰ ἀπομαγνητισθῇ τὸ χαλυβόκραμα πρέπει νὰ ἔφαρμοσθῇ ἀντίθετον μαγνητικὸν πεδίον μεγάλης ἐντάσεως.

Αρχικῶς, ὡς κρᾶμα μονίμων μαγνητῶν ἔχρησιμοποιήθη βαμμένος ἀνθρακοῦχος χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0,80\%$ ἕως $1,00\%$. Σήμερον, εύρισκουν ἔφαρμογήν διάφοροι τύποι χαλυβοκραμάτων μὲ προσθήκας, ὅπως τὸ βιολφράμιον, τὸ χρώμιον, τὸ μολυβδαίνιον καὶ τὸ κοβάλτιον. Ως τυπικὰ χαλυβοκράματα μονίμων μαγνητῶν ἀναφέρομεν τὰ ἔξης:

$$\pi(C) = 1,00\% \quad \pi(Cr) = 3,50\%$$

$$\pi(C) = 0,70\% \quad \pi(Cr) = 0,60\% \quad \pi(W) = 6\%$$

$$\pi(C) = 1,00\% \quad \pi(Cr) = 7\% \quad \pi(Co) = 3\% \quad \text{καὶ}$$

$$\pi(C) = 1,00\% \quad \pi(Cr) = 9\% \quad \pi(Co) = 15\%$$

Ἐπίσης ἀναφέρομεν καὶ ὠρισμένα χαλυβοκράματα μονίμων μαγνητῶν, τὰ ὅποια ἀνεπτύχθησαν τὰ τελευταῖα ἔτη καὶ ἔχουν πολὺ ἀνωτέρας ἰδιότητας ἀπὸ τὰ παλαιότερα:

$$\pi(Co) = 12\% \quad \pi(Al) = 9,50\% \quad \pi(Ni) = 17\% \quad \pi(Cu) = 5\%$$

$$\pi(Co) = 29\% \quad \pi(Al) = 7\% \quad \pi(Ni) = 15\% \quad \pi(Cu) = 2\%$$

$$\pi(Ti) = 4\%$$

ΜΕΡΟΣ ΕΝΑΤΟΝ

ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 22

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΩΝ

Οι χυτοσίδηροι, ὅπως καὶ οἱ χάλυβες, εἰναι κράματα σιδήρου καὶ ἄνθρακος μὲ θύηλὴν ὅμως περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα κυμαινομένην πρακτικῶς ἀπὸ 2,50 % ἔως 4,00 %.

Εἰς τὴν παράγραφον 15 · 2 ἀνεφέραμεν τὸν τρόπον παρασκευῆς τοῦ χυτοσιδήρου.

Τὰ βασικὰ πλεονεκτήματα τοῦ χυτοσιδήρου, ὡς τεχνικοῦ ὄλικοῦ, ἔναντι τοῦ χάλυβος, εἰναι τὰ ἔξης:

- α) Χαμηλότερον κόστος.
- β) Χαμηλότερον σημεῖον τήξεως (1150° C ἔως 1250° C).
- γ) Εἰς κατάστασιν τήξεως εἰναι πολὺ λεπτόρρευστος καὶ συνεπῶς δύναται νὰ λαμβάνῃ πολύπλοκα σχήματα κατὰ τὴν χύτευσιν.
- δ) Ἐχει σημαντικὴν ίκανότητα ἀποσβέσεως κραδασμῶν καὶ ὡς ἐκ τούτου εἰναι ὑλικὸν κατάλληλον διὰ βάσεις μηχανῶν.

Σημαντικὸν μειονέκτημα τοῦ χυτοσιδήρου συγκρινομένου μὲ τὸν χάλυβα εἰναι ὅτι ὁ πρῶτος ἔχει χαμηλότερον ὄριον θραύσεως, χαμηλοτέραν δυσθραυστότητα καὶ πολὺ μικρὰν ἥ καὶ ἀνύπαρκτον πλαστικότητα. Τὸ τελευταῖον σημαίνει ὅτι ὁ χυτοσίδηρος δὲν δύναται νὰ ὑποστῇ κατεργασίαν διὰ πλαστικῆς παραμορφώσεως, δηλαδὴ δὲν εἰναι κρᾶμα διαμορφώσεως. Θὰ ἴδωμεν κατωτέρω, ὅτι μὲ ὠρισμένας θερμικὰς κατεργασίας ἥ προσθήκας εἰναι δυνατὸν νὰ λάβωμεν χυτοσιδήρους μὲ ίκανοποιητικὰς μηχανικὰς ἰδιότητας.

“Οπως καὶ οἱ χάλυβες, οἱ χυτοσίδηροι ἔκτὸς τοῦ ἄνθρακος περιέχουν καὶ τὰς γνωστὰς ἀκαθαρσίας, δηλαδὴ πυρίτιον, μαγγάνιον, θεῖον καὶ φωσφόρον, εἰς ηύξημένας ὅμως ποσότητας..”

‘Η περιοχὴ χημικῆς συνθέσεως τῶν χυτοσιδήρων εἰναι ἥ ἔξης:

$$\pi(C) = 2,80 \% \text{ ἔως } 3,60 \% , \quad \pi(Si) = 1,00 \% \text{ ἔως } 3,00 \% ,$$

$$\pi(Mn) = 0,40 \% \text{ ἔως } 1,00 \% , \quad \pi(S) = 0,10 \% \text{ ἔως } 0,35 \%$$

$$\text{καὶ } \pi(P) = 0,05 \% \text{ ἔως } 1,00 \%$$

‘Ο ἄνθραξ εἰς τὸν χυτοσίδηρον εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρχῃ ὑπὸ δύο μορφάς, εἴτε:

α) ‘Υπὸ μορφὴν χημικῆς μετὰ τοῦ ἄνθρακος ἐνώσεως (καρβίδιου), δηλαδὴ ὡς σεμεντίτης (παράγρ. 17·1), εἴτε

β) ὑπὸ μορφὴν ἐλευθέρου ἄνθρακος, ὡς γραφίτης, ὁ ὅποιος προκύπτει κατόπιν διασπάσεως τοῦ σεμεντίτου, ἐφ’ ὅσον ὑπάρξουν εὐνοϊκαὶ διὰ τὴν διάσπασιν αὐτὴν συνθῆκαι.

Ἐὰν ὁ περιεχόμενος ἄνθραξ σχηματίζῃ μετὰ τοῦ σιδήρου σεμεντίτην, τότε ὁ χυτοσίδηρος εἶναι σκληρός, εὐθραυστος καὶ δυσκατέργαστος. Κατὰ τὴν θραῦσιν του, ἡ ἐπιφάνεια θραύσεως εἶναι λευκόχρους. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν τὸν λευκὸν χυτοσίδηρον.

Ἐὰν ὁ ἄνθραξ περιέχεται ἐλεύθερος, ὡς γραφίτης, ὁ χυτοσίδηρος εἶναι σχετικῶς μαλακὸς καὶ κατεργάσιμος, ἡ δὲ ἐπιφάνεια θραύσεως εἶναι φαιόχρους. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν τὸν φαιὸν χυτοσίδηρον.

Οἱ παράγοντες, ποὺ καθορίζουν ποίαν μορφὴν λαμβάνει καὶ πῶς κατανέμεται ὁ ἄνθραξ εἰς τὸν χυτοσίδηρον, πράγματα ποὺ ἐπηρεάζουν τὰς μηχανικάς του ιδιότητας, εἶναι ἡ ταχύτης ἀποψύξεως κατὰ τὴν χύτευσιν, ἡ χημικὴ του σύνθεσις καὶ αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι. ποὺ ἀκολουθοῦν τὴν χύτευσίν του. “Ετσι:

α) ‘Υψηλὴ ταχύτης ἀποψύξεως τείνει νὰ σταθεροποιήσῃ τὸν σεμεντίτην καὶ συνεπῶς δίδει λευκὸν χυτοσίδηρον, ἐνῶ χαμηλὴ ταχύτης ἀποψύξεως ὑποβοηθεῖ τὸν σχηματισμὸν γραφίτου, ὅπότε παράγεται φαιὸς χυτοσίδηρος.

‘Η ταχύτης ἀποψύξεως ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μέγεθος τῆς διατομῆς τοῦ χυτευομένου τεμαχίου, καθὼς ἐπίστης καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ τύπου (καλουπιοῦ) χυτεύσεως. ‘Επομένως εἰς τὸ αὐτὸν χυτόν, μὲ διαφόρους ὅμως διατομάς, εἶναι δυνατὸν νὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς τὰς λεπτὰς διατομὰς σχηματίζεται λευκὸς χυτοσίδηρος, ἐνῶ εἰς τὰς παχυτέρας σχηματίζεται φαιὸς χυτοσίδηρος. ‘Επίσης ἡ ταχύτης ἀποψύξεως εἶναι ὑψηλοτέρα εἰς μεταλλικοὺς τύπους, ἐνῶ εἶναι χαμηλοτέρα εἰς τύπους ἄμμου.

β) Τὸ πυρίτιον ὑποβοηθεῖ τὸν σχηματισμὸν γραφίτου καὶ συνεπῶς ἔχει τάσιν νὰ σχηματίζῃ φαιὸν χυτοσίδηρον.

Τὸ θεῖον σταθεροποιεῖ τὸν σεμεντίτην καὶ συνεπῶς ὑποβοηθεῖ τὸν σχηματισμὸν λευκοῦ χυτοσίδηρου.

Τὸ μαγγάνιον σχηματίζει μετὰ τοῦ θείου θειοῦχον μαγγάνιον καὶ ἔτσι ὑποβοηθεῖ ἐμμέσως εἰς τὸν σχηματισμὸν γραφίτου, διότι δεσμεύει τὸ θεῖον, τὸ ὄποιον, ὅπως ἀνεφέραμεν, τείνει νὰ σταθεροποιήσῃ τὸν σεμεντίτην.

Ο φωσφόρος βελτιώνει τὴν ἴδιότητα τοῦ χυτοσιδήρου νὰ χυτεύεται εύκόλως καὶ ἔτσι χυτοσίδηρος μὲ 1,00 % φωσφόρου π.χ. εἶναι κατάλληλος διὰ χύτευσιν τεμαχίων μὲ λεπτὰς διατομάς.

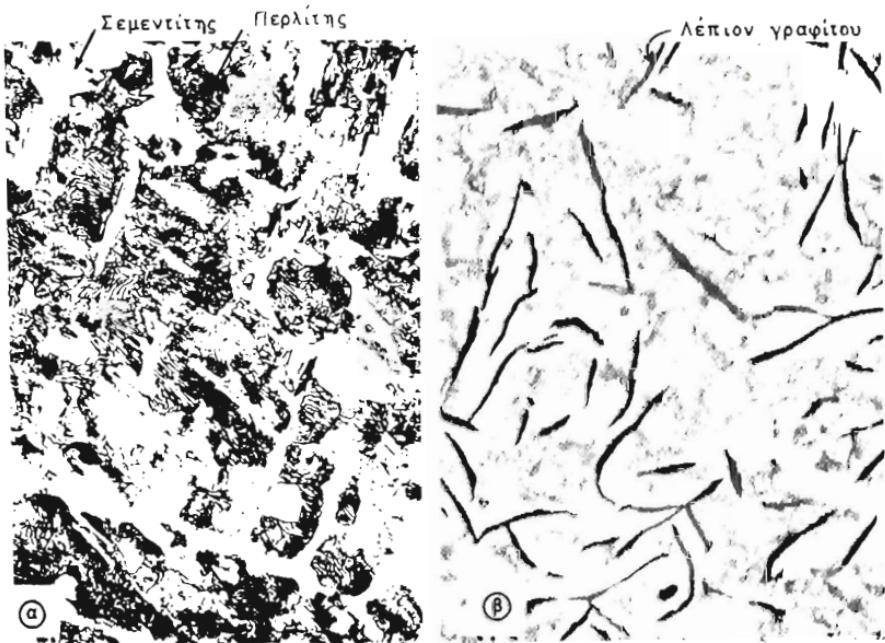
Τέλος, διάφοροι προσθῆκαι μᾶς δίδουν τοὺς εἰδικοὺς χυτοσιδήρους (Κεφάλ. 26), οἱ ὄποιοι παρουσιάζουν βελτιωμένας μηχανικὰς ἴδιότητας ἢ ἄλλας ἴδιότητας χαρακτηριστικάς.

γ) Θερμικαὶ κατεργασίαι, ὅπως θὰ ἔξετάσωμεν κατωτέρω, ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν γραφιτοποίησιν τοῦ λευκοῦ χυτοσιδήρου καὶ ἔτσι μᾶς δίδουν τοὺς λεγομένους μαλακτικοποιημένους χυτοσιδήρους (Κεφάλ. 24).

ΑΕΥΚΟΙ ΚΑΙ ΦΑΙΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

23·1 Λευκοί χυτοσιδηροί.

Οι λευκοί χυτοσιδηροί συμφώνως πρὸς τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἴσορροπίας τῶν κραμάτων σιδήρου - σεμεντίτου (σχ. 17·1), περιέχουν ἄνθρακα ἀπὸ 2,00 μέχρι 6,67 %.



Σχ. 23·1.

Κρυσταλλικὴ δομὴ λευκοῦ καὶ φαιοῦ χυτοσιδῆρου: α) Λευκὸς χυτοσιδῆρος. Αἱ λευκαὶ ἐπιφάνειαι εἰναι σεμεντίτης. Μεγέθυνσις $\times 250$. Προσβολὴ μὲ 2% Nital. β) Φαιός χυτοσιδῆρος. Φαίνονται χαρακτηριστικῶς τὰ χονδρὰ λέπια γραφίτου εἰς φόντο περλίτου. Μεγέθυνσις $\times 100$.

Εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος οἱ λευκοὶ χυτοσιδηροὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ κόκκους περλίτου εἰς φόντο σεμεντίτου [σχ. 23·1 (α)].

Κατὰ μέσον ὄρον, ἡ χημικὴ σύνθεσις λευκοῦ χυτοσιδήρου εἶναι ἡ ἔξῆς:

3,00% ἕως 3,50% C, 0,50% Si, 1,50% Mn, 0,15% S καὶ 1,00% P

‘Ο λευκὸς χυτοσίδηρος, ὅπως ἀνεφέραμεν, ἔχει πολὺν σεμεντίτην. Ἐπειδὴ, ὅπως εἶναι γνωστόν, ὁ σεμεντίτης εἶναι πολὺ σκληρὸς καὶ εὔθραυστος, ἐπεταὶ ὅτι καθιστᾶ τὸν λευκὸν χυτοσίδηρον πολὺ σκληρὸν καὶ ἀνθεκτικὸν εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθοράν, ἔξαιρετικῶς ὅμως εὔθραυστον καὶ δυσκατέργαστον.

‘Η σκληρότης τοῦ λευκοῦ χυτοσιδήρου φθάνει τὰ 400 ἕως 500 Brinell, ἐνῷ τὸ ὄριον θραύσεώς του κυμαίνεται ἀπὸ 15 μέχρι 50 kp/mm². Δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποστῇ κατεργασίαν πρακτικῶς μὲ κοπτικὰ ἐργαλεῖα, λόγω τῆς μεγάλης του σκληρότητος.

Οἱ λευκοὶ χυτοσίδηροι εἰς μεγάλας ποσότητας ἀποτελοῦν τὴν πρώτην ὑλὴν παρασκευῆς τοῦ χάλυβος, ὅπως λαμβάνονται ἀπὸ τὴν ὑψικάμινον (παράγρ. 15 · 3).

Χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης διὰ τὴν χύτευσιν τεμαχίων, ποὺ πρόκειται νὰ ὑποστοῦν μαλακτικοποίησιν. Ἐπίσης διὰ τὴν χύτευσιν τεμαχίων, διὰ τὰ ὄποια χρειάζεται μεγάλη ἀντοχὴ εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθοράν, τὴν ὄποιαν, ὅπως ἀνεφέραμεν, ὁ λευκὸς χυτοσίδηρος παρουσιάζει.

23 · 2 Φαιοὶ χυτοσίδηροι.

Εἰς τοὺς φαιοὺς χυτοσιδήρους, ὅπως ἀνεφέραμεν, ὁ σεμεντίτης διασπᾶται καὶ ἔτσι ἐλευθερώνεται γραφίτης. ‘Η διάσπασις αὐτὴ τοῦ σεμεντίτου ἐπιτυγχάνεται ἀπὸ τὸ πυρίτιον, τὸ ὄποιον συνήθως κυμαίνεται ἀπὸ 1% μέχρι 3% καὶ ἀπαραιτήτως πρέπει νὰ ὑπάρχῃ εἰς τὸν χυτοσίδηρον.

Αἱ μεταβολαί, ποὺ παρατηροῦνται εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τῶν φαιῶν χυτοσιδήρων, παρακολουθοῦνται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος ίσορροπίας σιδήρου-γραφίτου παρομοίου πρὸς ἐκεῖνο τοῦ σιδήρου - σεμεντίτου τοῦ σχήματος 17 · 1 μὲ τὰς ἔξῆς μικρὰς διαφοράς:

α) Εἰς τὸ διάγραμμα σιδήρου-γραφίτου ἡ εἰς ἄνθρακα περιεκτικότης φθάνει θεωρητικῶς τὰ 100 %.

β) Ἡ θερμοκρασία τοῦ εύτηκτικοῦ σημείου C είναι 1135°C ἐναντὶ 1130°C τοῦ διαγράμματος σιδήρου-σεμεντίτου.

γ) Ἡ εύτηκτική ἀναλογία είναι $4,25\%$ C ἀντὶ $4,30\%$.

δ) Ἡ θερμοκρασία τοῦ εύτηκτοειδοῦς σημείου S είναι 738°C ἀντὶ 723°C καὶ

ε) ἡ εύτηκτοειδής ἀναλογία είναι $0,69\%$ C ἀντὶ $0,80\%$ C.

Οἱ φαιοὶ χυτοσίδηροι εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ἔχουν κρυσταλλικὴν δομήν, συνήθως περλίτου μὲν χονδρὰ λέπια γραφίτου ἀκανονίστως διεσκορπισμένα [σχ. 23 · 1 (β)]. Μετὰ βραδυτάτην ἀπόψυξιν είναι δυνατὸν νὰ ἔχωμεν εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος φερρίτην ἀντὶ περλίτου. "Ἐτσι, ἔχομεν τοὺς περλιτικοὺς καὶ τοὺς φερριτικοὺς φαιοὺς χυτοσιδήρους ἀντιστοίχως.

Ο περλίτης τῶν φαιῶν χυτοσιδήρων ἔχει ὅριον θραύσεως περίπου 75 kp/mm^2 καὶ σημαντικὴν δυσθραυστότητα, ἐνῶ ὁ ἴδιος ὁ φαιὸς χυτοσίδηρος ἔχει μόνον 15 ἕως 30 kp/mm^2 καὶ πολὺ χαμηλὴν δυσθραυστότητα. Ἡ μεγάλη αὐτὴ διαφορὰ ἀποδίδεται εἰς τὴν παρουσίαν τῶν λεπίων τοῦ γραφίτου, τὰ ὅποια οὐδεμίαν ἀντοχὴν ἔχουν, ἐνεργοῦν δὲ ὡς ρωγμαὶ καὶ διακόπτουν ἔτσι τὴν συνέχειαν τοῦ κράματος, εἰς τὰς θέσεις ποὺ εύρισκονται ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ χυτοσιδήρου.

Τυπικὴ ἀνάλυσις τοῦ φαιοῦ χυτοσιδήρου είναι ἡ ἀκόλουθος:

$3,00\%$ ἕως $3,50\%$ C, $2,00\%$ Si, 1% Mn, $0,08\%$ P, $0,05\%$ S

Ἐδῶ, είναι ἐκδηλος ἡ ὑψηλὴ περιεκτικότης εἰς πυρίτιον καὶ ἡ χαμηλὴ εἰς θεῖον (Κεφάλ. 22).

Οἱ φαιοὶ χυτοσίδηροι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν χύτευσιν χιτωνίων κυλίνδρων καὶ ἐμβόλων μηχανῶν, σωμάτων, μηχανῶν, σωλήνων ὅματος, χυτῶν διὰ διακόσμησιν, ἐδράνων ὀλισθήσεως, ὀλισθητήρων (γλιστρῶν) καὶ ἄλλων.

Αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες τῶν φαιῶν χυτοσιδήρων είναι δυνατὸν νὰ βελτιωθοῦν κατὰ δύο τρόπους:

α) Διὰ τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ γραφίτου ὑπὸ ἄλλην μορφὴν καὶ ὅχι ὑπὸ τὴν μορφὴν λεπίων, ποὺ ὑπάρχει εἰς τοὺς φαιοὺς χυτοσιδήρους, μὲ τὰ γνωστὰ δυσμενῆ ἀποτελέσματα καὶ

β) διὰ προσθήκης ἄλλων στοιχείων.

"Ἐτσι, διὰ τοῦ πρώτου τρόπου παράγονται οἱ μαλακτικοποιημένοι χυτοσίδηροι καὶ οἱ χυτοσίδηροι σφαιροειδοῦς γραφίτου, ἐνῶ

διὰ τοῦ δευτέρου τρόπου παράγονται οἱ εἰδικοὶ χυτοσίδηροι ἢ χυτοσίδηροι μὲ προσθήκας.

Τὸ ἀδυνάτισμα τοῦ χυτοσιδήρου, ποὺ ὀφείλεται εἰς τὴν ὑπαρξιν τοῦ γραφίτου, γίνεται μικρότερον, καθὼς μεταβαίνομεν ἀπὸ τοὺς φαιοὺς χυτοσιδήρους εἰς τοὺς μαλακτικοποιημένους καὶ τελικῶς εἰς τοὺς χυτοσιδήρους σφαιροειδοῦς γραφίτου.

ΜΑΛΑΚΤΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

Οι μαλακτικοποιημένοι χυτοσίδηροι έχουν καλυτέρας μηχανικάς ιδιότητας άπό τούς φαιούς χυτοσιδήρους. Ἡ βελτίωσις αύτή τῶν ιδιοτήτων ὀφείλεται εἰς τὴν συσσωμάτωσιν τοῦ ἐλευθέρου γραφίτου εἰς σφαιρίδια μὲν ἀνώμαλον ἐπιφάνειαν, τὰ δὲ ποια φαίνονται ὡς *ροζέτται* εἰς τὰς μικροφωτογραφίας (σχ. 24). Ἐτσι, μὲν τὴν μορφὴν αὐτὴν, ποὺ λαμβάνει ὁ γραφίτης, δὲν διασπᾶται ἡ συνέχεια τοῦ δυσθραύστου φερρίτου ἢ τοῦ περλίτου τοῦ χυτοσιδήρου, ὅπως συμβαίνει εἰς τούς φαιούς χυτοσιδήρους, ὅπου ὁ γραφίτης εύρισκεται ὑπὸ μορφὴν λεπίων.

Οι χυτοσίδηροι αύτοὶ παράγονται κατόπιν ἀνοπτήσεως λευκοῦ χυτοσιδήρου μὲν ὥρισμένην χημικήν σύνθεσιν καὶ ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας, ὅπως θὰ περιγράψωμεν κατωτέρω.

Τυπικὴ χημικὴ σύνθεσις λευκῶν χυτοσιδήρων πρὸς μαλακτοποίησιν εἶναι ἡ ἐπομένη:

2,00% ἔως 3,40% C, 0,90% ἔως 1,40% Si, 0,25% ἔως 0,55% Mn, 0,18% P καὶ μικρότερον καὶ 0,05% ἔως 0,18% S.

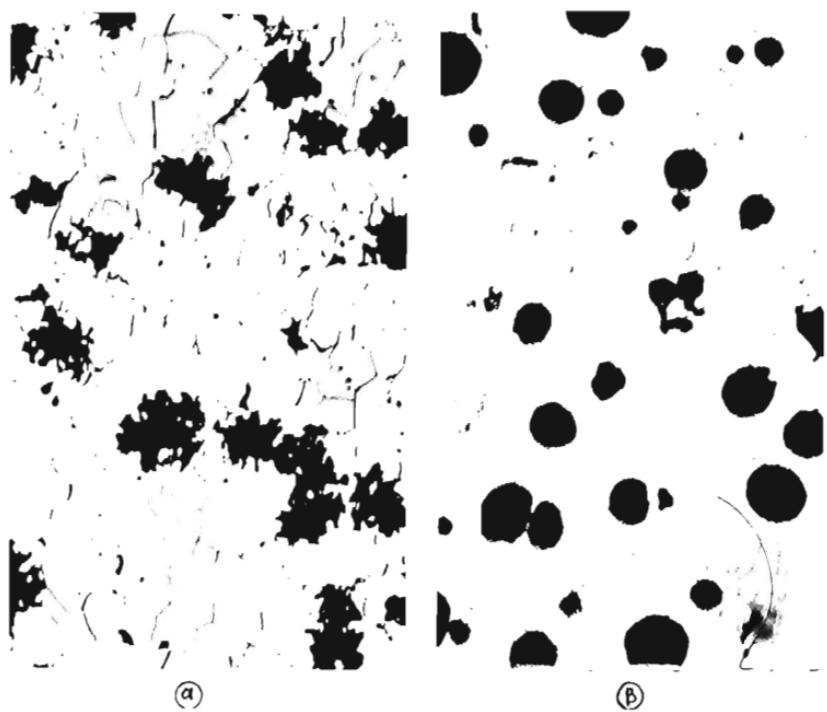
Ὑπάρχουν δύο εἰδῶν μαλακτικοποιημένοι χυτοσίδηροι, οἱ χυτοσίδηροι μελαίνης (μαύρης) ἐπιφανείας θραύσεως καὶ οἱ χυτοσίδηροι λευκῆς ἐπιφανείας θραύσεως.

α) *Χυτοσίδηροι μελαίνης ἐπιφανείας θραύσεως.*

Τὰ χυτὰ ἀπό λευκὸν χυτοσίδηρον τοποθετοῦνται συνήθως ἐντὸς κλιβάνου ἀδρανοῦς ἀτμοσφαίρας πρὸς ἀποφυγὴν ἔξανθρακώσεως. Θερμαίνονται εἰς θερμοκρασίαν 850° C ἔως 950° C (θερμοκρασία ἀνοπτήσεως).

Ἡ συνολικὴ διάρκεια τῆς θερμικῆς αὔτῆς κατεργασίας, δηλαδὴ ἡ θέρμανσις τῶν τεμαχίων μέχρι τῆς θερμοκρασίας ἀνοπτήσεως, ἡ παραμονὴ τῶν εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὔτὴν καὶ ἡ ἀπόψυξίς των μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος κυμαίνεται ἀπὸ 100 μέχρις 170 ὥρας. Εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἀνοπτήσεως τὰ χυτὰ παραμένουν ἐπὶ 50 ἔως 75 ὥρας. Ἀποτέλεσμα τῆς παρατεταμένης αὔτῆς θερμάνσεως

είναι ή διάσπασις τοῦ σεμεντίτου εἰς γραφίτην συσσωματωμένον εἰς μικρὰς σφαίρας μὲ ἀνώμαλον ἐπιφάνειαν καθ' ὅλην τὴν διατομὴν τοῦ τεμαχίου.



Σχ. 24.

Κρυσταλλική δομή: α) Φερριτικού μαλακτικοποιημένου χυτοσιδήρου μελαίνης ἐπιφανείας θραύσεως. Ακανόνιστα σφαιρίδια (ροζέτται) γραφίτου εἰς φόντο φερρίτου. Μεγέθυνσις $\times 100$. Προσβολή μὲ 5% Nital. β) Φερριτικού χυτοσιδήρου σφαιροειδούς γραφίτου. Κανονικά σφαιρίδια γραφίτου εἰς φόντο φερρίτου. Μεγέθυνσις $\times 125$. Προσβολή μὲ 2% Nital.

Η κρυσταλλική δομή τοῦ χυτοσιδήρου αύτοῦ περιλαμβάνει μικρὰ ἀκάνονιστους σφαίρας γραφίτου (ροζέτται, ὅπως φαίνονται εἰς τὰς μικροφωτογραφίας), ἀνομοιομόρφως κατανεμημένας εἰς φόντο φερρίτου [σχ. 24 (α)], μετὰ βραδεῖαν ὅμως ἀπόψυξιν, πρᾶγμα ποὺ ὑποδηλώνει ὅτι ἡ μαλακτικοποίησις ἔχει πλήρως συντελεσθῆ. Ταχυτέρα ἀπόψυξις δύναται νὰ δώσῃ περλίτην ἀντὶ φερρίτου. Ο πρῶτος ὀνομάζεται φερριτικός, ὁ δὲ δεύτερος περλιτικός χυτοσίδηρος.

‘Ο χυτοσίδηρος, είς τὴν περίπτωσιν αύτήν, δόνομάζεται μελαινής ἐπιφανείας θραύσεως, διότι, ἂν τεμάχιον θραυσθῆ, ἡ ἐπιφάνεια θραύσεως φαίνεται μελανόχρους, λόγω τῆς παρουσίας τοῦ γραφίτου.

Οἱ περλιτικοὶ χυτοσίδηροι εἰναι δυνατὸν νὰ ὑποστοῦν θερμικὰς κατεργασίας, ὥστε νὰ ἀποκτήσουν ἐπιθυμητὰς μηχανικὰς ἰδιότητας, καθὼς ἐπίσης καὶ ἐπιφανειακὴν σκλήρωσιν μὲ φλογοβαφήν ἢ μὲ βαφήν δι’ ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς [παράγρ. 19·9 (Δ) καὶ 19·9 (Ε), ἀντιστοίχως].

Οἱ χυτοσίδηροι μελαίνης ἐπιφανείας θραύσεως ἔχουν καλὴν μηχανικὴν ἀντοχήν, δυσθραυστότητα καὶ πλαστικότητα. Ἐπίσης ἔχουν ἔξαιρετικὴν κατεργαστικότητα, ἡ ὅποια ὀφείλεται εἰς τὰ σφαιρίδια τοῦ γραφίτου, τὰ ὅποια παίζουν τὸν ρόλον λιπαντικοῦ μεταξὺ τῶν ἀποβλίττων καὶ τοῦ ἐργαλείου κατὰ τὴν κοπήν.

Συνήθεις μηχανικαὶ ἰδιότητες εἰναι αἱ ἔξης:

Μηχανικαὶ ἰδιότητες	Φερριτικὸς χυτοσίδηρος	Περλιτικὸς χυτοσίδηρος
σ_B [kp/mm ²]	35 – 40	45 – 75
A [%]	12 – 18	2 – 10
Σκληρότης κατὰ Brinell	110 – 120	170 – 270

Χρησιμοποιοῦνται εύρυτατα, ιδίως εἰς τὴν βιομηχανίαν τῶν αὐτοκινήτων, διὰ πυξίδας διαφορικῶν, πλήμνας τροχῶν, τύμπανα πεδήσεως, ποδόπληκτρα καὶ ἄλλα. Ἐπίσης διὰ τεμάχια ἀγροτικῶν καὶ κλωστούφαντουργικῶν μηχανημάτων, καυστήρων πετρελαίου καὶ ἔξαρτημάτων οὐδραυλικῶν ἐγκαταστάσεων.

β) Χυτοσίδηροι λευκῆς ἐπιφανείας θραύσεως.

Τὰ χυτὰ θερμαίνονται ἐντὸς ὀξειδωτικῆς ἀτμοσφαίρας ἢ ἐντὸς κυτίων ἐν ἐπαφῇ μὲ ὀξειδωτικὸν μέσον, ὅπως εἰναι ὁ αἰματίτης, εἰς 950° C ἕως 1050° C ἐπὶ 70 ἕως 100 ὥρας. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἁνοπτήσεως, ὁ ἀνθρακὶς τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος τῶν τεμαχίων ὀξειδώνεται καὶ ἀποβάλλεται, ὁ χυτοσίδηρος δηλαδὴ ἔξαιρυται. Τοῦτο ἀναγκάζει ἀνθρακὰ ἐκ τοῦ πυρῆνος τῶν τεμαχίων νὰ διέρχεται πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν, ὅπου ἐλευθερώνεται δι’ ὀξειδώσεως κ.ο.κ. “Ἐτσι, μετὰ τὴν κατεργασίαν αὐτήν, ἂν τὸ χυτὸν εἰναι λεπτόν, ἀποκτᾶ-

κρυσταλλικήν δομήν φερρίτου. Ή έπιφάνεια θραύσεως συνεπῶς εἶναι όμοιά μὲ αὐτὴν τοῦ χάλυβος (λευκόχρους), ἐξ οὗ καὶ ἡ ὄνομασία του ως χυτοσιδήρου λευκῆς ἐπιφανείας θραύσεως.

Χονδρότερα ὅμως τεμάχια δὲν ἔχανθρακώνονται ἐντελῶς καὶ ἔτσι, ἐνῶ τὰ ἔξωτερικά των στρώματα εἶναι φερριτικά, ἀκολουθοῦν στρώματα μὲ δλίγον περλίτην καὶ εἰς τὸν πυρῆνα παρατηροῦνται τεμαχίδια σφαιροειδοῦς γραφίτου.

Συνήθεις μηχανικαὶ ιδιότητες τῶν χυτοσιδήρων αὐτῶν εἶναι αἱ ἔξης: Τὸ ὄριον θραύσεως μεταβάλλεται ἀπὸ 35 μέχρι 50 kp/mm², ἡ εἰδικὴ ἐπιμήκυνσις θραύσεως ἀπὸ 5 % ἕως 10 % καὶ ἡ σκληρότης ἀπὸ 120 ἕως 240 Brinell.

Εἶναι οἱ πρῶτοι μαλακτικοποιημένοι χυτοσίδηροι ποὺ παρήχθησαν· σήμερον δὲν χρησιμοποιούνται εύρεως. Κυρίως χρησιμοποιούνται εἰς ἔξαρτήματα σωληνώσεων ὑδατος, ἀτμοῦ ἢ ὀρείων, εἰς τεμάχια ἀγροτικῶν μηχανημάτων, τεμάχια ἡλεκτρικῶν πινάκων καὶ ἄλλα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 25

ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ ΣΦΑΙΡΟΕΙΔΟΥΣ ΓΡΑΦΙΤΟΥ

Πρόκειται περὶ φαιῶν χυτοσιδήρων, εἰς τοὺς ὅποιους ὅμως ὁ γραφίτης συσσωματώνεται εἰς σφαιρικούς κόκκους κανονικοῦ σχήματος [σχ. 24 (β)].

Ο τρόπος παρασκευῆς τοῦ χυτοσιδήρου σφαιροειδοῦς γραφίτου διαφέρει ἀπὸ τὸν τρόπον παρασκευῆς τῶν μαλακτικοποιημένων χυτοσιδήρων. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, ὁ χυτοσίδηρος σφαιροειδοῦς γραφίτου λαμβάνεται εὐθὺς ἀμέσως μετὰ τὴν στερεοποίησιν κατὰ τὴν χύτευσιν. Δὲν χρειάζεται, δηλαδή, πρόσθετος θερμικὴ κατεργασία, ὅπως συμβαίνει μὲ τοὺς μαλακτικοποιημένους χυτοσιδήρους.

Πρὸς τοῦτο, προσθέτομεν μαγνήσιον εἰς τὸν τετηγμένον χυτοσίδηρον ὄλιγον πρὸ τῆς χυτεύσεως. Τὸ μαγνήσιον προστίθεται ὑπὸ μορφὴν συνήθως κράματος μαγνησίου-νικελίου.

Τυπικὴ χημικὴ σύνθεσις χυτοσιδήρου σφαιροειδοῦς γραφίτου εἶναι ἡ ἐπομένη:

$$\pi(C) = 3,20 \% \text{ ἔως } 3,50 \%, \quad \pi(Si) = 2,25 \% \text{ ἔως } 2,75 \%,$$

$$\pi(Mn) = 0,60 \% \text{ ἔως } 0,80 \%, \quad \pi(S) < 0,05 \% \text{ καὶ } \pi(P) < 0,10 \%,$$

Οἱ χυτοσίδηροι αὐτοῦ τοῦ εἰδους εἶναι δυνατὸν νὰ εἶναι φερριτικοὶ ἢ περλιτικοί. Οἱ δεύτεροι εἶναι μεγαλυτέρας μηχανικῆς ἀντοχῆς ἀπὸ τοὺς πρώτους, μικροτέρας ὅμως πλαστικότητος καὶ δυσθραυστότητος.

Αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες τῶν χυτοσιδήρων σφαιροειδοῦς γραφίτου κυμαίνονται ἐντὸς τῶν ἐπομένων ὀρίων:

$$\sigma_B = 40 \text{ ἔως } 95 \text{ kp/mm}^2, \quad A = 1 \% \text{ ἔως } 15 \%$$

καὶ σκληρότης 130 ἔως 140 Brinell

Ἄπὸ τὸν σίδηρον σφαιροειδοῦς γραφίτου εἶναι δυνατὸν νὰ παραχθοῦν χυτὰ μεγάλου πάχους. Τοῦτο ἀποτελεῖ σοβαρὸν πλεονέκτημα τοῦ χυτοσιδήρου αὐτοῦ ἔναντι τῶν μαλακτικοποιημένων χυτοσιδήρων, ὅπου τὰ τεμάχια πρὸ τῆς μαλακτικοποιήσεως, ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει, θὰ πρέπει νὰ ἔχουν δομὴν λευκοῦ χυτοσιδήρου. Λευκὸς ὅμως χυτοσίδηρος δὲν ἐπιτυγχάνεται εὐκόλως κατὰ τὴν χύτευσιν τε-

μαχίων μεγάλου πάχους, τῶν ὅποιών ὁ πυρὴν εἶναι συνήθως φαιός χυτοσίδηρος.

Λόγω τῶν βελτιωμένων μηχανικῶν ἴδιοτήτων τοῦ χυτοσίδηρου σφαιροειδούς γραφίτου (καλυτέρων ἀπὸ ἐκείνας τῶν μαλακτικοποιημένων χυτοσιδήρων), τεμάχια ἀπὸ χυτοσίδηρου αὐτοῦ τοῦ εἰδους εἶναι δυνατὸν νὰ ἀντικαταστήσουν χυτοχαλύβδινα ἢ καὶ σφυρήλατα τεμάχια.

Χρησιμοποιεῖται γενικῶς διὰ τεμάχια γεωργικῶν καὶ ναυτικῶν μηχανημάτων, καθὼς ἐπίσης καὶ μηχανημάτων μεταλλείων καὶ χαλυβουργείων. Εἰδικώτερον, χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κατασκευὴν κεφαλῶν κυλίνδρων μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως, κιβωτίων διακοπτῶν, τροχαλιῶν, τυμπάνων ἀνυψωτικῶν μηχανημάτων, σφοινδύλων, σωλήνων ἀτμοῦ, ἀερίων καὶ ὑδατος κ.λπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 26

ΕΙΔΙΚΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

Πρόκειται περὶ κοινῶν χυτοσιδήρων, εἰς τούς ὁποίους προστίθενται στοιχεῖα (προσθῆκαι) μὲ σκοπὸν τὴν βελτίωσιν τῶν μηχανικῶν καὶ ἄλλων ιδιοτήτων των.

Ἡ ἐπίδρασις τῶν προσθηκῶν εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν καὶ τὰς ιδιότητας τῶν χυτοσιδήρων εἶναι, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, παρομοίᾳ μὲ ἑκείνην ποὺ ἔχουν αἱ προσθῆκαι εἰς τοὺς χάλυβας (παράγρ. 20·2). Ἔτσι, εἴναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν προσθῆκαι διὸ νὰ βελτιώσουν τὰς μηχανικὰς ιδιότητας τοῦ χυτοσιδήρου, νὰ ἐκλεπτύνουν τοὺς κόκκους, νὰ αὐξήσουν τὴν σκληρότητα ἥ καὶ νὰ δώσουν, ἀν χρειασθῇ, μαρτενσίτην ἥ καὶ ὡστείτην εἰς τὴν θερμοκρασίαν δωματίου. Τονίζεται, διτὶ ὁ γραφίτης θὰ πρέπει νὰ κατανέμεται ὅμοιογενῶς εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ χυτοσιδήρου καὶ νὰ εὐρίσκεται ὑπὸ μορφῆν, δσον γίνεται, λεπτοτέρων τεμαχιδίων.

Ως συνήθεις προσθῆκαι χρησιμοποιοῦνται τὸ νικέλιον, τὸ χρώμιον, τὸ μολυβδαίνιον καὶ ὁ χαλκός.

α) Τὸ νικέλιον, ὡς γνωστόν, ὑποβοιθεῖ τὸν σχηματισμὸν γραφίτου, δλιγώτερον δμως ἀπὸ τὸ πυρίτιον. Ἐλαττώνει ἐπίσης τὸ μέγεθος τῶν κόκκων. Ἰδιαιτέρως, προστιθέμενον εἰς τεμάχια μεταβαλλομένης διατομῆς, τὸ νικέλιον ἐμποδίζει τὸν σχηματισμὸν χονδρῶν κόκκων εἰς τὰς μεγάλου πάχους διατομάς, ὅπως ἐπίσης καὶ τὸν σχηματισμὸν λευκοῦ χυτοσιδήρου εἰς τὰς λεπτὰς διατομάς, λόγω τῆς τάσεως ποὺ ἔχει νὰ γραφιτοποιῇ τὸν σεμεντίτην.

β) Τὸ χρώμιον σχηματίζει σκληρότερα καὶ σταθερότερα καρβίδια ἀπὸ τὸν σεμεντίτην. Λόγω τῶν καρβίδιων αύτῶν αὐξάνεται ἡ σκληρότης τοῦ χυτοσιδήρου καὶ συνεπῶς καὶ ἡ ἀντοχὴ του εἰς τὴν ἑκ τῆς τριβῆς φθοράν. Ὅπως καὶ εἰς τὰ χαλυβοκράματα χαμηλῆς περιεκτικότητος εἰς προσθῆκας [παράγρ. 20·2 (Δ)], ἔτσι, καὶ εἰς τοὺς χυτοσιδήρους, συνδυασμὸς νικελίου καὶ χρωμίου δίδει ίκανοποιητικώτερα ἀποτελέσματα.

γ) Τὸ μολυβδαίνιον σχηματίζει καὶ αὐτό, ὅπως καὶ τὸ χρώμιον, σκληρά καρβίδια καὶ συνεπῶς συντελεῖ εἰς τὴν αὐξῆσιν τῆς σκληρότητος, ιδιαιτέρως τῶν χονδρῶν τεμαχίων. Καθιστᾶ ἀκόμη περισσότερον ὅμοιογενῆ τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τῶν χυτοσιδήρων. Προσθήκη 0,50% περίπου μολυβδαίνιου βελτιώνει σχετικῶς τὴν δυσθραυστότητα.

δ) Τὸ βανάδιον καθιστᾶ τὸν χυτοσιδηρὸν περισσότερον ἀνθεκτικὸν εἰς τὴν θερμοκρασίαν (πυρίμαχον), διότι τὰ σχηματιζόμενα καρβίδια δὲν διασπῶνται μὲ τὴν θερμοκρασίαν.

ε) Ὁ χαλκός, τέλος, βελτιώνει τὴν ἀντοχὴν τοῦ χυτοσιδήρου εἰς τὴν διάβρωσιν.

Στοιχεῖα σχετικὰ μὲ τὴν χημικὴν σύνθεσιν, τὰς μηχανικὰς ιδιότητας καὶ τὰς ἐφαρμογὰς συνήθων ειδικῶν χυτοσιδήρων δίδομεν εἰς τὸν Πίνακα 26·1.

Π Ι Ν Α Ξ 26·1

Ειδικοί χυτοσιδηροί

Χημική σύνθεση [%]							Μηχανικαί ιδιότητες			Βιομηχανική χρήση	
C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	"Αλλαστοιχεία	σ_B [kp/mm ²]	Σκληρότης κατά Brinell		
3,2	2,1	0,8	0,05	0,17	—	0,30	—	29	230	Σύγχρονα καλήσιμα μηχανικά έσωστερικής καύσεως, τύμπανα φρένων κ.λπ.	
3,6	2,8	0,6	0,05	0,50	—	—	0,17 V	—	—	'Ανθεκτικός είς φθοράν έκ τριβής και μεγάλης διαρκείας ζωής. 'Ελαστήρια έμβολάων βενζινομηχανών κατ' πετρελαιοτροχανῶν	
3,1	2,1	0,8	0,08	0,09	0,50	0,90	0,90 Mo	38	300	Σκληρός, άνθεκτικός, δύσθραυστος	
3,4	2,0	0,6	0,05	0,10	0,35	0,65	1,25 Cu	29	220	'Ανθεκτικός είς φθοράν. Τύμπανα φρένων κατ' θισκοί συμπλέκτου	
3,3	1,1	0,5	—	—	4,50	1,50	—	—	600	Μαρτενστικός, μεγάλης αντοχής εἰς τὴν έκ τῆς τριβής φθοράν	
2,8	1,3	—	—	—	21,00	2,00	—	18	140	'Ωστεντικός, διαγνυντικός, άνθεκτικός εἰς τὴν διάβρωσιν	
2,9	2,1	1,0	0,05	0,10	15,00	2,00	6,00 Cu	22	130	'Ωστεντικός, άνθεκτικός εἰς τὴν διάβρωσιν. Χυτά διαγλίων	
2,8	1,5	6,0	—	—	11,00	—	—	25	210	'Ωστεντικός, άνθεκτικός εἰς τὴν διάβρωσιν	
2,5	5,0	—	—	—	—	—	—	18	—	Πυρίμαχος	

ΜΕΡΟΣ ΔΕΚΑΤΟΝ

ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Γενικά.

Τὰ μεταλλικὰ ύλικὰ διαιροῦνται γενικῶς εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τὰ σιδηροῦχα καὶ εἰς τὰ μὴ σιδηροῦχα. Ἀπὸ αὐτά, τὰ πρῶτα ἔχουν ως βάσιν τὸν σίδηρον, ἐνῶ τὰ δεύτερα ἔχουν ως κύριον συστατικὸν ἄλλο μέταλλον, πλὴν τοῦ σιδήρου. Τὰ κυριώτερα μέταλλα, τὰ ὅποια σχηματίζουν γενικῶς μὴ σιδηροῦχα μεταλλικὰ ύλικά, εἶναι ὁ χαλκός, τὸ ἀργίλιον, τὸ μαγνήσιον, τὸ νικέλιον, ὁ κασσίτερος, ὁ μόλυβδος καὶ ὁ ψευδάργυρος.

Ἄλλα μὴ χρησιμοποιούμενα ὅμως εἰς τόσην ἕκτασιν εἶναι τὸ μολυβδαίνιον, τὸ βηρύλλιον, τὸ τιτάνιον, ως καὶ τὰ πολύτιμα μέταλλα χρυσός, ἄργυρος καὶ λευκόχρυσος.

Κατωτέρω θὰ μελετήσωμεν τὸν χαλκόν, τὸ ἀργίλιον, τὸ μαγνήσιον, τὸν ψευδάργυρον, τὸν μόλυβδον, τὸ νικέλιον καὶ τὰ κράματά των, καθὼς ἐπίσης καὶ τὰ ἀντιτριβικὰ κράματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 27

Ο ΧΑΛΚΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

27.1 Ό χαλκός.

Τὰ πλεονεκτήματα τοῦ χαλκοῦ, ἐνεκα τῶν ὅποιών ἔχει εύρειαν βιομηχανικὴν χρῆσιν, εἶναι τὰ ἔξης!

α) 'Η ύψηλή του ἡλεκτρική ἀγωγιμότης, ἡ ὅποια τὸν καθιστᾶ ύλικὸν κατάλληλον δι' ἡλεκτρικούς ἀγωγοὺς καὶ ἄλλας κατασκευὰς τῆς βιομηχανίας τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Ο χαλκός εἶναι, μετὰ τὸν ἄργυρον, τὸ πλέον ἀγώγιμον μέταλλον (Πίναξ 2·4·1).

β) 'Η εύκολος μηχανικὴ του κατεργασία. Εἶναι πλαστικὸς καὶ διαμορφώνεται εύκόλως τόσον ἐν ψυχρῷ, ὅσον καὶ ἐν θερμῷ. Ἰδιαιτέρως, διαμορφώνεται εύκόλως διὰ κοιλάνσεως. Ο χαλκός, μετὰ ψυ-

χρηλασίαν, ύφισταται ίσχυράν σκλήρωσιν, ή όποια ἔξαφανίζεται μὲ ἀνόπτησιν δι' ἀνακρυστάλλωσιν (παράγρ. 19·5).

- γ) Ἡ καλή του ἀντοχὴ εἰς διάβρωσιν καὶ
- δ) ἡ καλή του σχετικῶς μηχανική ἀντοχή.

Ἐπὶ πλέον ὁ χαλκὸς εἶναι ἀμαγνητικός, ἔχει εὐχάριστον χρωματισμόν, συγκολλᾶται εύκόλως καὶ εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιμεταλλωθῇ (π.χ. νὰ ἐπινικελωθῇ η νὰ ἐπιχρωμιωθῇ).

Ο τετηγμένος χαλκὸς ἀπορροφεῖ ὄφεια, ποὺ σχηματίζουν εἰς τὴν μᾶζαν του φυσαλλίδας κατὰ τὴν στερεοποίησιν. Διὰ τοῦτο ὁ καθαρὸς χαλκὸς εἶναι ἀκατάλληλος διὰ χυτὰ τεμάχια.

"Ἔχει εἰδικὸν βάρος $8,90 \text{ g/cm}^3$, σημεῖον τήξεως 1083°C καὶ εἰδικὴν ἀντίστασιν $0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ ('Ηλεκτρολογία, 'Ιδρύματος Εύγενίδου, Τόμος Α', σελ. 194).

Χρησιμοποιεῖται εἰς μεγάλην ἔκτασιν, ὅπως ἀνεφέραμεν, εἰς τὴν βιομηχανίαν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν (σωλῆνες ἀτμοῦ, ἀερίων, ἐλαίου κ.λπ.), λόγω τῆς ἀντοχῆς του εἰς τὴν διάβρωσιν.

Τυπικαὶ μηχανικαὶ ἰδιότητες τοῦ χαλκοῦ εἶναι αἱ ἔξης:

$$\sigma_B = 22 \text{ kp/mm}^2 \quad A = 55\% \quad \text{καὶ σκληρότης 45 Brinell}$$

'Η παρουσία, ἔστω καὶ ἴχνῶν ἀκαθαρσιῶν, ἐλαττώνει κατὰ πολὺ τὴν ἡλεκτρικήν του ἀγωγιμότητα. Αἱ ἀκαθαρσίαι μὲ τὰ δυσμενέστερα ἀποτελέσματα εἶναι κατὰ σειρὰν ὁ φωσφόρος, τὸ πυρίτιον, ὁ σίδηρος, τὸ ἀρσενικόν, τὸ ἀργίλιον καὶ τὸ νικέλιον. Περιεκτικότης π.χ. μόνον 0,04% φωσφόρου ἐλαττώνει τὴν ἡλεκτρικήν ἀγωγιμότητα τοῦ χαλκοῦ κατὰ 25%. Διὰ τοῦτο δι' ἡλεκτρικούς ἀγωγούς χρησιμοποιεῖται χαλκὸς πολὺ καθαρὸς (ἄνω τῶν 99,9%) (ἡλεκτρολυτικός).

Εἰς τὸ ἐμπόριον διατίθενται διάφοροι ποιότητες χαλκοῦ μὲ βάσιν τὴν καθαρότητά του.

Προσθήκη εἰς τὸν χαλκὸν 0,60% περίπου σεληνίου βελτιώνει τὴν κατεργαστικότητά του, χωρὶς νὰ καταβιβάζῃ πολὺ τὴν ἡλεκτρικήν του ἀγωγιμότητα. Ἐπίσης, προσθήκη περίπου 0,30% ἀρσενικοῦ βελτιώνει τὴν ἀντοχήν του εἰς διάβρωσιν.

27 · 2 Τὰ κράματα τοῦ χαλκοῦ.

Τὰ κράματα τοῦ χαλκοῦ, ποὺ χρησιμοποιοῦνται βιομηχανικῶς περισσότερον, περιλαμβάνουν:

- α) Τοὺς ὄρειχάλκους.
- β) Τὰ κρατερώματα καὶ
- γ) ἄλλα κράματα τοῦ χαλκοῦ, ὅπως είναι τὸ χαλκοαργίλιον, τὸ χαλκονικέλιον κ.λπ.

Τὰ κράματα τοῦ χαλκοῦ, ποὺ ὑφίστανται κατεργασίας διαμορφώσεως, τὰ ὀνομάζομεν μαλακτά. ἐνῶ ἔκεινα ποὺ χυτεύονται, τὰ ὀνομάζομεν χυτευτικά.

A. Οἱ ὄρειχαλκοι.

Οἱ ὄρειχαλκοι είναι κράματα χαλκοῦ καὶ ψευδαργύρου (μέχρις 68% Ζη). Διατηροῦν γενικῶς τὰς καλὰς ἴδιότητας τοῦ χαλκοῦ καὶ κοστίζουν εὐθηνότερα, λόγω τῆς χαμηλοτέρας ἐμπορικῆς ἀξίας τοῦ ψευδαργύρου.

‘Ορείχαλκοι μὲ περιεκτικότητα εἰς ψευδάργυρον ἀπὸ 5% ἕως 39% ἔχουν καλὴν πλαστικότητα ἐν ψυχρῷ, μὲ περιεκτικότητα ἀπὸ 46% ἕως 51% ἔχουν καλὴν πλαστικότητα ἐν θερμῷ, ἐνῶ ὄρείχαλκοι μὲ ψευδάργυρον ἀπὸ 51% ἕως 68% είναι εὔθραυστοι.

‘Η ἰκανότης τῶν ὄρειχαλκῶν πρὸς πλαστικήν παραμόρφωσιν γίνεται μεγίστη διὰ 30% Ζη, ἐνῶ ἡ μηχανική των ἀντοχὴ διὰ 43% Ζη. ‘Ο βέλτιστος συνδυασμὸς πλαστικότητος καὶ μηχανικῆς ἀντοχῆς ἐπιτυγχάνεται δι’ ὄρείχαλκον μὲ 40% Ζη περίπου.

Μὲ μικρὰς ποσότητας προσθήκῶν είναι δυνατὸν νὰ βελτιωθοῦν αἱ μηχανικαὶ ἴδιότητες τῶν ὄρειχαλκῶν, ώς καὶ ἡ ἀντοχὴ των εἰς διάβρωσιν. ‘Ετσι ὁ κασσίτερος (μέχρις 1%) καὶ τὸ νικέλιον αὐξάνουν τὴν ἀντοχὴν τῶν ὄρειχαλκῶν εἰς διάβρωσιν, ὁ σίδηρος ἐκλεπτύνει τοὺς κόκκους τῶν χυτῶν, τὸ μαγγάνιον (μέχρι 2%) βελτιώνει τὴν μηχανικήν των ἀντοχὴν καὶ τὸ ἀργίλιον αὐξάνει τὴν μηχανικὴν ἀντοχὴν καὶ τὴν ἀντοχὴν των εἰς διάβρωσιν.

Προσθήκη μολύβδου 2% ἕως 3% εἰς ὄρείχαλκον μὲ 40% Ζη περίπου μᾶς δίδει ὄρείχαλκον ἐλευθέρας κοπῆς μὲ ἔξαιρετικὴν κατεργαστικότητα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, λόγω τῆς παρουσίας τοῦ μολύβδου, τὸ ἀπόβλιττον θρυμματίζεται καὶ ἡ κοπὴ είναι εὔκολος καὶ μὲ μικρὰν φθορὰν τοῦ ἔργαλείου.

Οἱ ὄρειχαλκοι δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν ώς μαλακτοὶ καὶ ώς χυτευτικοὶ. ‘Ως χυτευτικοὶ χρησιμοποιοῦνται ἔκεινοι, οἱ ὅποιοι περιέχουν 40% περίπου ψευδάργυρον, συνήθως μὲ τὰς προσθήκας ποὺ ἀνεφέραμεν.

Στοιχεῖα σχετικά μὲ τὴν χημικὴν σύνθεσιν, τὰς μηχανικὰς ἴδιότητας καὶ τὰς βιομηχανικὰς χρήσεις τῶν κυριωτέρων ὀρειχάλκων τοῦ ἐμπορίου δίδομεν εἰς τὸν Πίνακα 27·2·1.

Β. Τὰ κρατερώματα ἢ μπρούντζοι.

Κρατερώματα ὀνομάζομεν τὰ κράματα χαλκοῦ, ποὺ ἔχουν ώς κυρίαν πρόσμιξιν τὸν κασσίτερον (Sn). Είναι ἀρχαιότατα κράματα (Κεφάλ. 1), εύρισκουν ὅμως καὶ σῆμερον πολλὰς ἐφαρμογάς.

Τὰ κρατερώματα μὲ περιεκτικότητα ἀπὸ 4% ἔως 9% Sn χρησιμοποιοῦνται ώς μαλακτὰ καὶ μὲ περιεκτικότητα ἀπὸ 9% ἔως 20% Sn ώς χυτευτικά. Κρατερώματα μὲ κασσίτερον ἄνω τοῦ 20% παρουσιάζουν μεγάλην σκληρότητα καὶ ώς ἐκ τούτου δυσκόλως ὑφίστανται κατεργασίαν διὰ κοπῆς.

Ἔχουν καλὴν μηχανικὴν ἀντοχὴν, ἀντοχὴν εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθορὰν καὶ ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν ἐκ τοῦ ὄντατος καὶ τῆς ἀτμοσφαίρας. Ἐπίσης συγκολλῶνται εύκόλως.

Πολλὰ ἀπὸ τὰ κρατερώματα περιέχουν μικρὰς ποσότητας ἀπομένοντος φωσφόρου, συνήθως μέχρι 0,05%, δ ὅποιος χρησιμοποιεῖται ώς ἀποξειδωτικὸν διὰ τὴν εὔκολον καὶ ἰκανοποιητικὴν χύτευσιν τοῦ κράματος. Τὰ κρατερώματα αὐτὰ δὲν πρέπει νὰ συγχέωνται μὲ τὰ λεγόμενα φωσφοροῦχα κρατερώματα ἢ φωσφορούχους μπρούντζους, ὅπου δ φωσφόρος, εἰς περιεκτικότητα ἀπὸ 0,10% ἔως 1,00%, ἀποτελεῖ προσθήκην. Ο φωσφόρος ὅχι μόνον αὔξανε τὴν μηχανικὴν ἀντοχὴν τοῦ κρατερώματος, ἀλλὰ καὶ βελτιώνει τὴν ἀντοχὴν του εἰς διάβρωσιν.

Τὰ κρατερώματα δυνατὸν νὰ περιέχουν καὶ ψευδάργυρον. Ψευδάργυρος μέχρι περίπου 2%, προστιθέμενος εἰς κρατέρωμα μὲ 3% Sn, δίδει μαλακτὸν κρατέρωμα χρησιμοποιούμενον εἰς τὴν κατασκευὴν νομισμάτων. Τὸ χυτευτικὸν κρατέρωμα μὲ περιεκτικότητα 10% Sn καὶ 2% Zn είναι γνωστὸν ώς μέταλλον πυροβόλων, παρουσιάζει δὲ ἴσχυρὰν ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν.

“Οπως εἰς τοὺς ὀρειχάλκους, ἔτσι καὶ εἰς τὰ κρατερώματα, ὅταν προστεθῇ μόλυβδος μέχρι περίπου 2%, βελτιώνει τὴν κατεργαστικότητά των. Ἐπίσης, μόλυβδος προστιθέμενος, εἰς μεγαλυτέρας ὅμως ποσότητας, καθιστᾶ τὸ κρατέρωμα κατάλληλον δι’ ἔδρανα ἐργαζόμε

Π Ι Ν Α Ξ 27.2.1

·Ορείχαλκοι και κρατέρωμάτα

Χημική σύνθεσις [%]						Μηχανικοί διόργανοι			Βιομηχανικαὶ χρήσεις		
Cu	Zn	Sn	P	"Άλλα στοιχεῖα	Κατάστασις κράματος	[kp/mm ²]	[%]	Brinell κατηγ.	[kp/mm ²]	Brinell κατηγ.	
90	10	—	—	—	'Ανωπηγμένος Σκληρωμένος	47	55	60	'Αρχιτεκτονικαὶ μεταλλοτεχνικαὶ ἔργασία, διπλωμάτεις κοσμημάτων, ἐργα τέχνης λόγω τῆς χρυσῆς ἀποχρώσεως του κατ τῆς δινατόρητος ευκόλου συγκαλλήσεως		
70	30	—	—	—	'Ανωπηγμένος Σκληρωμένος	33	70	65	'Ορείχαλκος κοιλάνσεως. Κάλυκες φυσιγγίων καὶ διάστιλων καὶ διάστηματοποίησιν		
60	40	—	—	—	Μετάθερμη-λαστικοῦ	38	40	75	Τυπικὸς ὄρείχαλκος θερμόλασις. Σωληνεῖς καὶ πλάκες ένσλαλκτῶν θερμότητος		
58	39	—	—	3 % Pb	Μετά διέλασιν	46	30	100	'Ορείχαλκος ἔνευθερφας κοπῆς, κατάλληλος ιδιαίτερως διά κοπῆν μὲν ψηλῆς ταχυτήτας κοπῆς		
70	29	1	—	0,01 - 0,05 As	'Ανωπηγμένος Σκληρωμένος	35	70	65	'Ορείχαλκος Ναυαρχείου. Πολὺ καλὴ διάρθρωσιν. Αὔλοι συμπυκνωτῶν ἀτμού		
76	22	—	—	0,02 - 0,06 As 2,00 Al	'Ανωπηγμένος Σκληρωμένος	60	10	175	'Ορείχαλκος μὲν δρυγίλιον. Ως δὲ προτύμενος.		
95,50	1,50	3	—	—	'Ανωπηγμένος Σκληρωμένος	38	70	65	Κρατέρωμα νομισμάτων		
90	—	10	0,03 - 0,25	—	Χητός εἰς διάμον	74	5	200	Χυτευτικὸν φωσφορούχον κρατέρωμα, τυπικὸν διέδρασις διλιθίσεως		
88	2	10	—	—	Χυτός εἰς διάμον	28	15	90	Μέταλλον πυρορόλων. Χυτά μέρη κατ βαλβίδεις μάντλιν, ίδιως διά λειτουργίαν εἰς θαλάσσιον υδωρούχον κράματον		



είς ύψηλάς θερμοκρασίας, λόγω της μεγαλυτέρας θερμικής άγωγιμότητος πού τούς προσδίδει.

Τὰ χυτευτικὰ κρατερώματα χρησιμοποιοῦνται βασικῶς εἰς τὴν κατασκευὴν ὁλισθήσεως, συνήθως ύψηλῶν πιέσεων.

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα σχετικὰ μὲ τὴν χημικὴν σύνθεσιν, τὰς μηχανικὰς ίδιότητας καὶ τὰς βιομηχανικὰς ἐφαρμογὰς τῶν κρατερωμάτων δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 27 · 2 · 1.

Γ. Ἀλλα κράματα τοῦ χαλκοῦ.

Ἐκτὸς τῶν ὀρειχάλκων καὶ τῶν κρατερωμάτων ποὺ ἀνεφέραμεν, ὁ χαλκὸς σχηματίζει καὶ ἄλλα χρήσιμα διὰ τὴν τεχνικὴν κράματα. Κατωτέρω θὰ ἀναφέρωμεν δι’ ὅλιγων τὰ σπουδαιότερα ἐξ αὐτῶν.

α) Κράματα χαλκοῦ - ἀργιλίου (ἢ χαλκοαργίλιον).

Λόγω τῆς παρουσίας τοῦ ἀργιλίου, ποὺ σχηματίζει ἀόρατον ἐπιφανειακὸν προστατευτικὸν στρῶμα δέειδίων, τὸ χαλκοαργίλιον παρουσιάζει πολὺ καλὴν ἀντοχὴν εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν δέειδωσιν εἰς ἐλαφρῶς ύψηλάς θερμοκρασίας, ἐπίσης καὶ εἰς τὴν διάβρωσιν εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ. Δυσκόλως χυτεύεται καὶ συγκολλᾶται, ἀκριβῶς λόγω τοῦ εύκόλου σχηματισμοῦ δέειδίων.

Χαλκοαργίλιον μὲ περιεκτικότητα ἀπὸ 4% ἔως 7% Al κατεργάζεται ἐν ψυχρῷ. Ἐχει ὡραῖον χρυσοκίτρινον χρῶμα καὶ χρησιμοποιεῖται συνήθως εἰς διακοσμήσεις, ἀπομιμήσεις κοσμημάτων, ὡς καὶ εἰς αύλοὺς συμπυκνωτῶν. Είναι δυνατὸν νὰ περιέχῃ καὶ μέχρι 5% νικέλιον, ποὺ βελτιώνει ἀκόμη περισσότερον τὴν ἀντοχὴν του εἰς διάβρωσιν.

Χαλκοαργίλιον μὲ περιεκτικότητα 8% ἔως 10% Al κατεργάζεται ἐν θερμῷ. Δύναται νὰ ύποστῃ βαφὴν (ἀπὸ 900° C) καὶ ἐπαναφορὰν (εἰς 500° C), ὅπως καὶ ὁ χάλυψ. Ἐπίσης, είναι δυνατὸν νὰ περιέχῃ μέχρι 5% σίδηρον καὶ νικέλιον. Χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν, ίδιαιτέρως διὰ τεμάχια ἐκτιθέμενα εἰς ύψηλάς θερμοκρασίας καὶ γενικῶς ὅπου χρειάζονται σφυρήλατα τεμάχια μὲ ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν.

Χαλκοαργίλιον μὲ περιεκτικότητα 9,50% ἔως 12% Al καὶ μὲ σίδηρον καὶ νικέλιον μέχρι 5% χυτεύεται εἰς ἄμμον ἢ διὰ πιέσεως. Χρησιμοποιεῖται εύρυτατα εἰς τὴν ναυπηγικὴν βιομηχανίαν δι’ ἐλικας, ἀντλίας, ἄξονας ἀντλιῶν, βλῆτρα καὶ ἄλλα. Ἐπίσης, χρησιμο-

ποιεῖται δι' ἔδρας βαλβίδων καὶ σώματα ἀναφλεκτήρων μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως καὶ δι' ἔδρανα ύψηλῶν φορτίων.

'Ενδεικτικῶς ἀναφέρομεν τὰς μηχανικὰς ἴδιότητας κατεργαζομένου ἐν θερμῷ χαλκοαργιλίου μὲ $\pi(\text{Cu}) = 80\%$, $\pi(\text{Al}) = 10\%$, $\pi(\text{Fe}) = 5\%$ καὶ $\pi(\text{Ni}) = 5\%$. Μετὰ σφυρηλασίαν ἀποκτᾶ:

$\sigma_B = 74 \text{ kp/mm}^2$, $A = 20\%$ καὶ σκληρότητα 215 Brinell.

β) *Κράματα χαλκοῦ - νικέλιου (χαλκονικέλιον).*

'Ο χαλκὸς καὶ τὸ νικέλιον σχηματίζουν εἰς ὅλας τὰς ἀναλογίας στερεὸν διάλυμα μιᾶς φάσεως καὶ ώς ἐκ τούτου παρουσιάζουν ηὔξημένην ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν. "Έχουν ἐπίσης καλὴν πλαστικότητα καὶ δύνανται νὰ διαμορφωθοῦν ἐν ψυχρῷ καὶ ἐν θερμῷ διὰ σφυρηλασίας, ἐλάσεως, τυπώσεως καὶ κοιλάνσεως.

Κατωτέρω, ἀναφέρομεν τυπικὰ κράματα χαλκοῦ - νικέλιου:

α) $\pi(\text{Cu}) = 75\%$, $\pi(\text{Ni}) = 25\%$ χρησιμοποιούμενον κυρίως εἰς τὴν κατασκευὴν νομισμάτων.

β) $\pi(\text{Cu}) = 70\%$, $\pi(\text{Ni}) = 30\%$ χρησιμοποιούμενον δι' αὐλοὺς συμπυκνωτῶν καὶ ψυγείων, ὅπου χρειάζεται καλὴ ἀντοχὴ εἰς διάβρωσιν.

γ) $\pi(\text{Cu}) = 60\%$, $\pi(\text{Ni}) = 40\%$, τὸ λεγόμενον κοισταντάν. χρησιμοποιούμενον δι' ἡλεκτρικὰς ἀντιστάσεις καὶ θερμοπλεκτρικάζεύγη (παράγρ. 19·1).

δ) $\pi(\text{Cu}) = 29\%$, $\pi(\text{Ni}) = 68\%$, $\pi(\text{Fe}) = 1,25\%$ καὶ $\pi(\text{Mn}) = 1,25\%$, ποὺ συνδυάζει καλὰς μηχανικὰς ἴδιότητας μὲ ἔξαιρετικὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν. Χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν.

ΤΟ ΑΡΓΙΛΙΟΝ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

28.1 Τὸ ἀργίλιον ('Ἀλουμίνιον).

Τὸ ἀργίλιον εἶναι τὸ περισσότερον διαδεδομένον στοιχεῖον τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς μετὰ τὸ δξυγόνον καὶ τὸ πυρίτιον.

'Ως πρώτη ύλη διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἀργιλίου λαμβάνεται ὁ βωξίτης (ἐνυδρον ὁξείδιον τοῦ ἀργιλίου μὲ προσμίξεις δξειδίου τοῦ σιδήρου). Αὐτὸς δὲν δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ εἰς φυσικήν κατάστασιν, λόγω τῶν πολλῶν προσμίξεων ποὺ περιέχει, ὡς Fe_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , ἀλλὰ ὑποβάλλεται εἰς προεργασίαν καθάρσεως.

Μετὰ χημικήν κάθαρσιν παραμένει πρὸς περαιτέρω κατεργασίαν τὸ καθαρὸν ὁξείδιον τοῦ ἀργιλίου (Al_2O_3), κοινῶς ἀλουμίνια.

'Απὸ τὴν ἀλουμίναν, τὸ ἀργίλιον ἔξαγεται δι' ἡλεκτρολύσεως.

'Η μέθοδος αὐτὴ εἶναι καὶ ἡ μόνη, ποὺ χρησιμοποιεῖται βιομηχανικῶς σήμερον διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἀργιλίου.

Διὰ νὰ γίνῃ ἡ ἡλεκτρόλυσις, ἡ ἀλουμίνα πρέπει νὰ εύρισκεται εἰς κατάστασιν τήξεως. 'Ἐπειδὴ ὅμως τὸ σημεῖον τήξεως τῆς ἀλουμίνας εἶναι πολὺ ὑψηλὸν ($2050^{\circ}C$), προστίθεται κρυολίθος ($Na_3[A/F_6]$) καὶ ἔτσι καταβιβάζεται τὸ σημεῖον τήξεως εἰς τοὺς $9000^{\circ}C$ ἕως $10000^{\circ}C$.

Τὸ μῆγμα τετηγμένης ἀλουμίνας καὶ κρυολίθου ἡλεκτρολύεται ἐντὸς καμίνου. 'Ως κάθοδος χρησιμοποιεῖται ὁ ἐνισχυμένος μὲ γραφίτην πυθμήν καὶ τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τῆς καμίνου καὶ ὡς ἀνοδος χρησιμοποιεῖται ἀνθρακὶς εἰς ράβδους. Τὸ ἀργίλιον λαμβάνεται ἀπὸ τὴν κάθοδον, ἐνῶ ἀπὸ τὴν ἀνοδον ἐκλύεται δξυγόνον, τὸ δποῖον κατακαίει τὸν ἀνθρακα τῆς ἀνόδου.

Διὰ τὴν παραγωγὴν 1 kg ἀργιλίου ἀπαιτοῦνται περίπου 2 kg ἀλουμίνας, 1 kg ἀνθρακος καὶ 20 kWh ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας. "Οπως βλέπομεν, διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἀργιλίου καταναλίσκονται μεγάλα ποσὰ ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον ἡ βιομηχανία παραγωγῆς τοῦ ἀργιλίου ἀνήκει εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν λεγομένων ἡλεκτροβόρων χημικῶν βιομηχανιῶν.

Τὸ ἀργίλιον (καὶ τὰ κράματά του) χρησιμοποιεῖται εύρυτατα

εἰς τὴν βιομηχανίαν, διότι παρουσιάζει τὰς ἀκολούθους ἔξαιρετικὰς ἴδιότητας:

- α) Εἶναι ἐλαφρόν.
- β) "Εχει καλήν ἡλεκτρικήν καὶ θερμικήν ἀγωγιμότητα.
- γ) "Εχει καλήν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν.
- δ) "Εχει καλήν κατεργαστικότητα.
- ε) Δὲν εἶναι τοξικὸν καὶ
- στ) εἶναι ἀμαγνητικόν.

Ως σοβαρὰ μειονεκτήματα δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ἡ μικρὰ μηχανική του ἀντοχὴ καὶ τὸ χαμηλόν του σημείον τήξεως (6600°C).

Ἡ καθαρότης τοῦ ἄργιλου εἶναι κατὰ μέσον ὅρου 99,50 %, εἶναι δυνατὸν ὅμως νὰ φθάσῃ καὶ τὰ 99,99 % μὲ κατάλληλον ἐπεξεργασίαν.

"Εχει εἰδικὸν βάρος $2,70 \text{ g/cm}^3$, κατὰ πολὺ χαμηλότερον ἀπὸ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ σιδήρου ($7,80 \text{ g/cm}^3$).

Ἡ εἰδικὴ ἡλεκτρικὴ ἀντίστασίς του εἶναι $0,029 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$. Παρουσιάζει σχετικὴν ἡλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα 63 % ἐναντὶ 98 % τοῦ χαλκοῦ (Πίναξ 2 · 4 · 1). Ἡ παρουσία ἀκαθαρσιῶν ἐλαττώνει τὴν ἡλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα τοῦ ἄργιλου. Λόγω τῆς μεγάλης του ἡλεκτρικῆς ἀγωγιμότητος χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν κατασκευὴν ἡλεκτρικῶν ἀγωγῶν (καλωδίων), τὰ δόποια ὅμως συνήθως ἐνισχύονται μὲν χαλυβδίνην ψυχήν, διὰ νὰ ἀποκτήσουν ίκανοποιητικὴν μηχανικὴν ἀντοχὴν.

Τὸ ἄργιλον ἔχει ύψηλὴν θερμικὴν ἀγωγιμότητα (πέντε περίπου φοράς μεγαλυτέραν ἀπὸ ἑκείνην τοῦ μαλακοῦ χάλυβος) καὶ δι' αὐτὸ χρησιμοποιεῖται δι' αὐλοὺς ψυγείων, θερμαντικὰ σώματα καὶ ἄλλα.

Εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἄργιλου, ὅταν τοῦτο ἐκτίθεται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, σχηματίζεται λεπτοτάτη διαφανής, συνεχὴς καὶ συνεκτικὴ στιβάς δξειδίου τοῦ ἄργιλου, ἡ ὁποία προφυλάσσει τὸ μέταλλον ἀπὸ περαιτέρω δξείδωσιν. "Ετσι, τὸ ἄργιλον παρουσιάζει καλήν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν εἰς τὸν ἀέρα καὶ τὸ καθαρὸν ὕδωρ, δχι ὅμως καὶ εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ. Ἡ ἴδιότης αὐτὴ καθιστᾶ τὸ ἄργιλον κατάλληλον δι' ἐφαρμογὰς εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν, εἰς τὴν βιομηχανίαν τροφίμων (εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν παίζει ρόλον καὶ τὸ ὅτι τὸ ἄργιλον δὲν εἶναι τοξικόν), καθὼς ἐπίσης καὶ διὰ μαγειρικὰ σκεύη.

Τὸ ἐμπορικῶς καθαρὸν ἄργιλον εἶναι μαλακὸν καὶ μικρᾶς μηχανικῆς ἀντοχῆς. Παρουσιάζει ὅμως μεγάλην πλαστικότητα καὶ ἔτσι

δύναται νὰ λάβῃ πολὺ μικρὸν πάχος (μέχρι καὶ 0,01 mm) κατόπιν ἔξελάσεως.

Κατωτέρω δίδομεν τυπικὰς μηχανικὰς ἴδιότητας ἀργιλίου καθαρότητος 99,50 % εἰς κατάστασιν ἀνοπτήσεως:

$$\sigma_B = 7,50 \text{ ᾱως } 9 \text{ kp/mm}^2, \quad A = 31\% \text{ ᾱως } 42\% \text{ καὶ σκληρότητα } 20 \text{ ᾱως } 27 \text{ Brinell}$$

Λόγω τῆς χαμηλῆς του μηχανικῆς ἀντοχῆς καὶ σκληρότητος, τὸ ἀργίλιον εἶναι ἀκατάλληλον διὰ πολλὰς βιομηχανικὰς χρήσεις, ἀν καὶ ἔχει τὰ ἄλλα σοβαρὰ πλεονεκτήματα, ποὺ ἀνεφέραμεν. Αἱ μηχανικαὶ του ὅμως ἴδιότητες, δύνανται νὰ βελτιωθοῦν εἴτε διὰ σκληρώσεως κατόπιν ψυχρηλασίας εἴτε διὰ προσθέσεως ξένων στοιχείων, τὰ ὅποια κατὰ σειρὰν σπουδαιότητος εἶναι ὁ χαλκός, τὸ πυρίτιον, τὸ μαγνήσιον, ὁ ψευδάργυρος, τὸ μαγγάνιον, τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον. Ἔτσι προκύπτουν τὰ κράματα τοῦ ἀργιλίου, μὲ τὰ δποῖα θὰ ἀσχοληθῶμεν εὐθὺς ἀμέσως. Ἀναφέρομεν ἐπίσης, ὅτι ὡρισμένα κράματα τοῦ ἀργιλίου δύνανται νὰ ὑποστοῦν καὶ θερμικὰς κατεργασίας πρὸς βελτίωσιν τῶν μηχανικῶν των ἴδιοτήτων [παράγρ. 28 · 2 (Α)].

28 · 2 Τὰ κράματα τοῦ ἀργιλίου.

Τὰ κράματα τοῦ ἀργιλίου περιλαμβάνουν:

- α) *Τὰ μαλακτὰ κράματα.*
 - Μὴ ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.
 - ‘Υφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.
- β) *Τὰ χυτευτικὰ κράματα.*
 - Μὴ ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.
 - ‘Υφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.

A. Μαλακτὰ κράματα.

- α) *Μὴ ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.*

Τὰ κυριώτερα κράματα τῆς ὁμάδος αὐτῆς εἶναι ἑκεῖνα, ποὺ περιέχουν μέχρι περίπου 1,50 % Mn καὶ ἑκεῖνα ποὺ περιέχουν ἀπὸ 2 % ᾱως 7,50 % Mg. Σκληρύνονται διὰ ψυχρηλασίας. Γενικῶς, χαρακτηρίζονται ὡς καλῆς ἀντοχῆς εἰς τὴν διάβρωσιν. Τὰ κράματα, ποὺ περιέχουν μαγνήσιον, ἀντέχουν ἴδιαιτέρως εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ, διὰ τοῦτο εύρισκουν ἐφαρμογὰς εἰς τὴν ναυπηγικὴν βιομηχανίαν.

Εἰς τὸν Πίνακα 28 · 2 · 1 ἀναφέρομεν στοιχεῖα τυπικῶν κραμάτων τοῦ ἀργιλίου.

β) Ὅψιστάμενα θερμικάς κατεργασίας.

Τὰ κράματα αὐτὰ ἀποκτοῦν καλυτέρας μηχανικάς ἴδιότητας μὲ τὴν λεγομένην σκλήρωσιν ἐκ κατακρημνίσεως διὰ γηράνσεως. Αἱ σπουδαιότεραι προσθῆκαι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι ὁ χαλκός, τὸ μαγνήσιον, τὸ πυρίτιον καὶ ὁ ψευδάργυρος.

Κατωτέρω θὰ μελετήσωμεν τὸ φαινόμενον αὐτὸ διὰ κρᾶμα ἀργιλίου - χαλκοῦ μὲ 4% χαλκόν, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖ καὶ τὴν βάσιν τῶν κραμάτων τῆς σειρᾶς τοῦ γνωστοῦ ντουραλουμινίου.

Εἰς τὸ σχῆμα 28 · 2 δίδομεν τὸ πτωχὸν εἰς χαλκὸν τμῆμα τοῦ διαγράμματος θερμικῆς ισορροπίας ἀργιλίου - χαλκοῦ.

Εἰς τὸ διάγραμμα θερμικῆς ισορροπίας παρατηροῦμεν, ὅτι εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ δωματίου διαλύεται περίπου 0,20% (σημεῖον A) χαλκός εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ ἀργιλίου, διὰ νὰ σχηματισθῇ τὸ στερεὸν διάλυμα α (παράγρ. 3 · 2). Μὲ αὐξησιν τῆς θερμοκρασίας διαλύεται περισσότερος χαλκός, φθάνει δὲ εἰς ἓνα μέγιστον 5,70% (σημεῖον B).

Ἄσ οὐποθέσωμεν τώρα ὅτι ἔχομεν κρᾶμα ἀργιλίου - χαλκοῦ μὲ 4% χαλκόν, ποὺ ἀποψύχεται ἡρέμως ἀπὸ τὴν κατάστασιν τῆς ὑγρᾶς του φάσεως. Ἀπὸ τὸ σημεῖον 1 τοῦ διαγράμματος ἀρχίζει ὁ σχηματισμὸς φύτρων καὶ κατόπιν δενδριτῶν (σχ. 2 · 5 β) τοῦ στερεοῦ διαλύματος α καὶ ἡ στερεοποίησις τοῦ κράματος σταματᾷ εἰς τὸ σημεῖον 2, ὅπου ἡ κρυσταλλικὴ του δομὴ σύγκειται ἀπὸ κρυσταλλίτας (κόκκους) α. Εἰς τὸ σημεῖον 3, τὸ στερεὸν διάλυμα ἔχει πλήρως κορεσθῆ μὲ χαλκόν. Μὲ περατιέρω πτῶσιν τῆς θερμοκρασίας, μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ δωματίου, ἡ εἰς χαλκὸν περιεκτικότης τοῦ στερεοῦ διαλύματος γίνεται μικροτέρα, ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὴν γραμμὴν AB τοῦ σχήματος 28 · 2. Ὁ χαλκός, ποὺ περισσεύει, ἀντιδρᾶ μετὰ τοῦ ἀργιλίου καὶ σχηματίζει τὴν μεσομεταλλικὴν ἔνωσιν CuAl₂ (παράγρ. 3 · 4). Ἐτσι, χονδρὰ τεμαχίδια τῆς μεσομεταλλικῆς αὐτῆς ἔνώσεως ἀρχίζουν νὰ κατακρημνίζωνται εἰς τὰ ὄρια τῶν κόκκων, ἀλλὰ καὶ ἐντὸς τῶν κόκκων τοῦ κράματος. Εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ δωματίου ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ κράματος ἀποτελεῖται ἀπὸ στερεὸν διάλυμα α καὶ χονδρὰ τεμαχίδια τῆς μεσομεταλλικῆς ἔνώ-

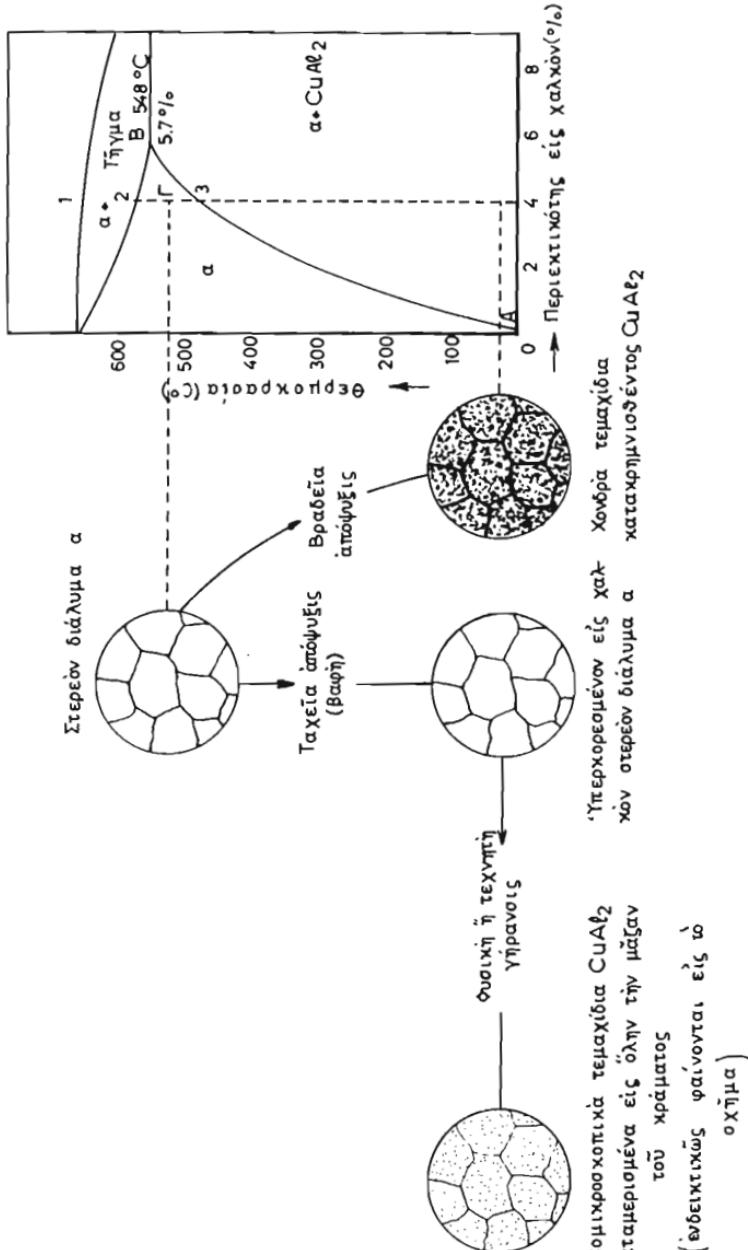
Π Ι Ν Α
Κράματα τοῦ

Χημικὴ σύνθεσις [%]							Μηχανικαὶ ιδιότητες		
Cu	Si	Mg	Zn	Mn	Fe	"Αλλα στοιχεῖα	Κατάστασις κράματος	σ_B [kp/mm ²]	A [%]
0,10	0,60	—	—	1,00-1,50	—	0,20 Ti	Μαλακὸν Σκληρωμένον [4/4]	11 21	34 4
0,10	0,60	2,80-4,00	—	0,60	0,50	0,15 Ti 0,25 Cr	Μαλακὸν Σκληρωμένον [1/4]	22 30	18 8
3,50-4,70	0,20-0,70	0,40-1,20	—	0,40-1,00	0,70	—	Μετὰ θερμικῆν κατεργασίαν	41	10
0,70-1,30	10,50-13,00	0,80-1,50	—	0,20	0,60	0,70-1,30 Ni	Μετὰ θερμικῆν κατεργασίαν	38	4
1,00-2,70	0,50	2,00-3,00	5,00-7,50	0,30	0,50	0,30 Ti	Μετὰ θερμικῆν κατεργασίαν	66	11
—	—	5,00	—	0,50	—	—	Χυτευμένον εἰς ἄμμον	17	5
—	11,50	—	--	—	—	—	Χυτευμένον εἰς ἄμμον. Χυτευμένον διὰ πιέσεως	17 22	7 4
4,00	0,30	1,50	—	—	—	2,00 Ni 0,20 Ti	Μετὰ θερμικῆν κατεργασίαν	29	—
0,90	12,00	1,20	—	—	—	2,50 Ni	Μετὰ θερμικῆν κατεργασίαν	32	Μηδενική

Ξ 28·2·1

'Αργιλίου

Θερμικαὶ κατεργασίαι [παράγρ. 29·2 (Α)]	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
	Μαλακτὸν κρᾶμα μὴ ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας. Δοχεῖα τροφίμων, καλύμματα φιαλῶν, μαγειρικὰ σκεύη, ἐλάσματα δροφῆς
	Μαλακτὸν κρᾶμα μὴ ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας. Ἐφαρμογαὶ εἰς τὴν ναυπηγικὴν βιομηχανίαν
Θέρμανσις εἰς 480° C. Βαφή. Φυσικὴ γήρανσις ἐπὶ 4 ἡμέρας	Μαλακτὸν κρᾶμα ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας, ὁνομαζόμενον ντουραλουμίνιον. Γενικῆς χρήσεως διὰ φορτιζομένας ἀεροναυπηγικὰς καὶ συναφεῖς κατασκευαὶς
Θέρμανσις εἰς 490° C. Βαφή. Τεχνητὴ γήρανσις εἰς 130° C ἐπὶ 6 ὥρας	Μαλακτὸν κρᾶμα ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας. Τεμάχια ἐργαζόμενα εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας, ὡς ἔμβολα καὶ κεφαλαὶ κυλίνδρων
Θέρμανσις εἰς 4650° C. Βαφή. Τεχνητὴ γήρανσις εἰς 120° C ἐπὶ 24 ὥρας	Μαλακτὸν κρᾶμα ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας. Δι' ἀεροναυπηγικὰς ἐφαρμογὰς ἰσχυρῶς φορτιζομένας. Τὸ ἀνθεκτικώτερον κρᾶμα τοῦ ἀργιλίου
	Χυτευτικὸν κρᾶμα μὴ ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας. Κατάλληλον διὰ χύτευσιν εἰς ἄμμον καὶ χύτευσιν διὰ βαρύτητος. Καλὴ ἀντοχὴ εἰς τὴν διάβρωσιν εἰς θαλάσσιον ὕδωρ
	Χυτευτικὸν κρᾶμα μὴ ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας. Κατάλληλον διὰ χύτευσιν εἰς ἄμμον καὶ χύτευσιν διὰ βαρύτητος καὶ πιέσεως. Μεγάλου μεγέθους χυτά, κιβώτια ταχυτήτων, θερμαντικὰ σώματα καὶ ἄλλα. Ἐκ τῶν περισσότερον χρησιμοποιουμένων κραμάτων τοῦ ἀργιλίου αὐτοῦ τοῦ εἶδους
Θέρμανσις εἰς 510° C. Βαφὴ ἐντὸς ζέοντος ὅντας ἐπὶ 2 ὥρας. Φυσικὴ γήρανσις ἐπὶ 5 ἡμέρας	Χυτευτικὸν κρᾶμα ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας. Δι' ἔμβολα καὶ κεφαλὰς κυλίνδρων ὕδροφύκτων καὶ ἀεροφύκτων μηχανῶν
Θέρμανσις εἰς 5200° C. Βαφὴ εἰς ἔλαιον. Τεχνητὴ γήρανσις εἰς 1650 – 1850° C ἐπὶ 6 – 12 ὥρας	Χυτευτικὸν κρᾶμα ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας. Ἐχει χαμηλὸν συντελεστὴν θερμικῆς διαστολῆς. Δι' ἔμβολα μηχανῶν



Σχ. 28. 2.

Πρωτόχροο χοποκατεύμαχον τεμαχίδα CuAl_2 καταμερισμένα είς ολὴν τὴν μᾶξην τοῦ κράματος (νδεικτικῶς φαινονται εἰς ὁχήματα)

Παραχόν είς χαλκὸν τημῆμα τοῦ διαγράμματος θερμικῆς ισορροπίας ἀργίλιον - χαλκοῦ. Ἐπιδραστοί τῆς ήρεμου ἀπορύξεως καὶ τοῦ φαινομένου τῆς κατακρημνίσεως διὰ γηράνσεως ἐπὶ τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς τοῦ κράματος.

σεως $CuAl_2$. Εἰς τὴν κατάστασιν αὐτὴν τὸ κρᾶμα, ἀκριβῶς λόγω τῶν χονδρῶν τεμαχιδίων τοῦ $CuAl_2$, παρουσιάζει μικρὰν μηχανικὴν ἀντοχὴν καὶ εἶναι εὔθραυστον.

Αἱ μηχανικαὶ ἴδιότητες τοῦ κράματος αὐτοῦ, μετὰ ἥρεμον ἀπόψυξιν ἀπὸ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεώς του, ὅπως ἀνεφέραμεν, εἶναι δυνατὸν νὰ βελτιωθοῦν διὰ τῆς ἀκολούθου θερμικῆς κατεργασίας:

α) Θερμαίνομεν ἡρέμως τὸ κρᾶμα εἰς καθωρισμένην θερμοκρασίαν, π.χ. εἰς $530^{\circ}C$ (σημεῖον Γ, διὰ κρᾶμα μὲ 4% Cu), ὥστε νὰ καταστῇ πλήρως στερεὸν διάλυμα α.

β) Τὸ ἀποψύχομεν ἀποτόμως μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ δωματίου. Ἡ ταχεῖα αὐτὴ ἀπόψυξις (βαφὴ) ἐμποδίζει τὴν κατακρήμνισιν τοῦ χαλκοῦ ὡς $CuAl_2$. Ἔτσι, λαμβάνεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ δωματίου ὑπερκορεσμένον στερεὸν διάλυμα, δηλαδὴ μὲ 4% χαλκὸν ἀντὶ 0,20%.

Εἰς τὴν κατάστασιν αὐτὴν τὸ κρᾶμα εἶναι κάπως ἀνθεκτικώτερον καὶ σκληρότερον, διότι ὑπάρχει περισσότερος χαλκὸς διαλυμένος εἰς τὸ ἀργιλίον· ἐπίστης εἶναι καὶ περισσότερον δύσθραυστον, διότι δὲν ὑπάρχουν τώρα τὰ εὔθραυστα τεμαχίδια τοῦ $CuAl_2$.

γ) Ἐν τὸ κρᾶμα, ὅπως ἔχει, παραμείνη εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ δωματίου ἐπὶ ἀρκετὸν χρόνον, τότε ἀρχίζει νὰ σκληρώγεται, δηλαδὴ νὰ ἀποκτᾶ μεγαλυτέραν μηχανικὴν ἀντοχὴν καὶ σκληρότητα, μὲ ἐλάττωσιν ὅμως τῆς δυσθραυστότητος. Ἡ σκλήρωσις αὐτὴ γίνεται μεγίστη μετὰ χρονικὸν διάστημα περίπου ἑξ ἡμερῶν.

Ἡ παρατηρουμένη σκλήρωσις ὁφείλεται εἰς τὸ ὅτι πολὺ - πολὺ μικρὰ (ὑπομικροσκοπικὰ) τεμαχίδια τῆς μεσομεταλλικῆς ἐνώσεως $CuAl_2$ κατακρημνίζονται μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου, διότι τὸ ὑπερκορεσμένον στερεὸν διάλυμα α, ὅπως λαμβάνεται μετὰ ἀπότομον ἀπόψυξιν, εύρισκεται εἰς κατάστασιν ἀσταθείας. Τὰ ὑπομικροσκοπικὰ αὐτὰ τεμαχίδια, καταμεριζόμενα εἰς ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ κράματος, ἀποτελοῦν ἐμπόδια εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν διαταραχῶν (Κεφάλ. 10). Ἐχομεν ὅμως ἀναφέρει, ὅτι ἡ πλαστικὴ παραμόρφωσις τῶν μετάλλων συντελεῖται μὲ μετακινήσεις ἀπειραρίθμων διαταραχῶν. Συνεπῶς, παρατηρεῖται εἰς τὴν ἔξεταζομένην περίπτωσιν ἐλάττωσις τῆς πλαστικότητος τοῦ κράματος καὶ ἐκ τούτου σκλήρωσίς του.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸν δύνομάζομεν σκλήρωσιν ἐκ κατακρημνίσεως διὰ φυσικῆς γηράνσεως.

Τὸ βαμμένον κράμα, ἃν ἀναθερμανθῆ εἰς θερμοκρασίαν 150° C ἔως 1700 C ἐπὶ 10 περίπου ὥρας καὶ ἀποψυχθῆ ἡρέμως, ὑφίσταται ἐπίσης σκλήρωσιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν σκλήρωσιν ἐκ κατακρημνίσεως διὰ τεχνητῆς γηράνσεως.

Τὸ κυριώτερον μαλακτὸν κράμα, ἀπὸ ἑκεῖνα τὰ ὅποια ὑφίστανται θερμικὰς κατεργασίας, εἰναι, ὅπως ἄλλωστε ἔχομεν ἀναφέρει, τὸ ντουραλουμίνιον μὲ τὴν χημικὴν σύνθεσιν, τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας καὶ τὰς βιομηχανικὰς χρήσεις ποὺ ἀναφέρονται εἰς τὸν Πίνακα 28 · 2 · 1. "Οπως παρατηροῦμεν, πλὴν τοῦ χαλκοῦ, περιέχει μαγνήσιον καὶ πυρίτιον, τὰ ὅποια σχηματίζοντα τὴν μεσομεταλλικὴν ἔνωσιν Mg_2Si ὑποβοηθοῦν εἰς τὴν σκλήρωσιν του ἐκ κατακρημνίσεως διὰ γηράνσεως. "Αλλα κράματα αὐτοῦ τοῦ εἴδους ἀναγράφονται ἐπίσης εἰς τὸν Πίνακα 28 · 2 · 1.

Β. Χυτευτικὰ κράματα.

α) Μὴ ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.

Τὰ σπουδαιότερα ἀπὸ τὰ κράματα αὐτὰ περιέχουν 10% ἔως 12% πυρίτιον καὶ εἰναι κατάλληλα διὰ χύτευσιν εἰς ἄμμον, καθὼς ἐπίσης καὶ χύτευσιν διὰ βαρύτητος καὶ ὑπὸ πίεσιν.

'Απὸ τὸ θερμικὸν διάγραμμα ίσορροπίας τῶν κραμάτων ἀργιλίου-πυριτίου προκύπτει, ὅτι τὰ ἐν λόγῳ κράματα εἰναι περίπου εὐτηκτικῆς ἀναλογίας (παράγρ. 3 · 3). Αἱ μηχανικαὶ των ἰδιότητες βελτιώνονται, ἃν κατὰ τὴν χύτευσιν προστεθῆ εἰς τὸ τῆγμα 0,05% περίπου νάτριον. Καὶ τοῦτο, διότι τὸ νάτριον προστιθέμενον ἐκλεπτύνει τοὺς κόκκους τῆς εὐτηκτικῆς κρυσταλλικῆς δομῆς.

Σπουδαίας σημασίας εἰναι ἐπίσης καὶ τὰ κράματα ἀργιλίου-μαγνητίου-μαγγανίου, τὰ ὅποια παρουσιάζουν ἔξαιρετικὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν, ἵδιαιτέρως δὲ εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ. Εἰναι κατάλληλα διὰ χύτευσιν εἰς ἄμμον καὶ χύτευσιν διὰ βαρύτητος.

Τυπικὰ χυτευτικὰ κράματα μὴ ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας ἀναγράφονται εἰς τὸν Πίνακα 28 · 2 · 1.

β) Υφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.

Πολλὰ ἀπὸ τὰ κράματα αὐτὰ περιέχουν κατὰ βάσιν 4% χαλκόν, ἐνῶ ἄλλα περιέχουν καὶ περίπου 2% νικέλιον. "Αλλος τύπος χυτευτικοῦ κράματος ὑφισταμένου θερμικὰς κατεργασίας εἰναι ἑκεὶ

τὸ ὅποιον περιέχει 12% ἢ 5% πυρίτιον μὲ προσθήκας χαλκοῦ, μαγνησίου καὶ νικελίου ἢ μαγνησίου καὶ μαγγανίου.

Ἡ θερμικὴ τῶν κατεργασία εἶναι παρομοία μὲ ἐκείνην τῶν μαλακτῶν κραμάτων.

Ἡ χημικὴ σύνθεσις, αἱ μηχανικαὶ ἴδιότητες, αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι καὶ αἱ βιομηχανικαὶ χρήσεις τυπικῶν κραμάτων αὐτοῦ τοῦ εἰδους ἀναγράφονται εἰς τὸν Πίνακα 28 · 2 · 1.

ΤΟ ΜΑΓΝΗΣΙΟΝ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

29 · 1 Τὸ μαγνήσιον.

Τὸ μαγνήσιον εἶναι μέταλλον πολὺ ἐλαφρόν. Ἐχει εἰδικὸν βάρος 1,74 g/cm³, ὅταν εἶναι 99,80% καθαρόν, ἐνῶ τὸ ἀργίλιον ἔχει 2,70 καὶ ὁ χάλυψ 7,50. Τήκεται εἰς τοὺς 6500 C. Ἀποκτὰ σημαντικὴν πλαστικότητα εἰς 3000 C ἕως 5000 C, ιδιαιτέρως, ὅταν περιέχῃ ζιρκόνιον (Zr) καὶ συνεπῶς δὲν διαμορφώνεται ἐν ψυχρῷ. Ἐχει μεγάλην χημικὴν συγγένειαν μετὰ τοῦ ὀξυγόνου, ὅταν δὲ θερμανθῇ εἰς τὸν ἀέρα εἰς 8000 C καίεται μὲ ἐκτυφλωτικὴν λάμψιν. Ἐκ τούτου καὶ ἡ χρησιμοποίησίς του διὰ τὴν παραγωγὴν φωτὸς κατὰ τὴν λῆψιν φωτογραφιῶν (φλάς).

Τὸ καθαρὸν μαγνήσιον ἔχει πολὺ χαμηλὰς μηχανικὰς ἰδιότητας καὶ ὡς ἐκ τούτου εἶναι ἀκατάλληλον διὰ κατασκευάς. Ἐπίσης, παρουσιάζει ἀσήμαντον ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν.

Αἱ μηχανικαὶ του ὅμως ἰδιότητες βελτιώνονται διὰ προσθηκῶν καὶ μετέπειτα διὰ ψυχρηλασίας ἡ καταλλήλου θερμικῆς κατεργασίας. Εἶναι δυνατόν, ἐπίσης, διὰ προσθηκῶν νὰ βελτιωθῇ σχετικῶς καὶ ἡ ἀντοχὴ του εἰς διάβρωσιν.

Αἱ κύριαι προσθῆκαι, τόσον διὰ τὰ μαλακτά, ὅσον καὶ διὰ τὰ χυτευτικὰ κράματα τοῦ μαγνησίου εἶναι τὸ ἀργίλιον, ὁ ψευδάργυρος, τὸ ζιρκόνιον καὶ τὸ μαγγάνιον.

Πρέπει νὰ σημειωθῇ, ὅτι ἡ χύτευσις τῶν κραμάτων τοῦ μαγνησίου παρουσιάζει δυσκολίας καὶ τοῦτο, διότι τὸ κράμα διατρέχει τὸν κίνδυνον νὰ ἀναφλεγῇ, ὅταν μάλιστα ὑπερθερμανθῇ. Πρὸς ἀποφυγὴν αὐτοῦ, λαμβάνονται εἰδικὰ προστατευτικὰ μέτρα κατὰ τὴν χύτευσιν.

29 · 2 Τὰ κράματα τοῦ μαγνησίου.

Κατωτέρω ἀναφέρομεν συνήθη κράματα τοῦ μαγνησίου.

α) *Κράματα μαγνησίου - ἀργιλίου - ψευδαργύρου - μαγγανίου (Mg-Al-Zn-Mn).*

Περιέχουν κατὰ βάσιν 3% ἕως 10% ἀργίλιον καὶ μικροτέ-

ποσότητας ψευδαργύρου (μέχρις 1%) καὶ μαγγανίου (περίπου 0,30%). Τὸ ἀργίλιον αὐξάνει τὴν μηχανικὴν ἀντοχὴν καὶ τὴν σκληρότητα τοῦ κράματος, ἐνῶ ὁ ψευδάργυρος αὐξάνει τὴν ἀντοχὴν του εἰς διάβρωσιν εἰς θαλάσσιον περιβάλλον. Τὸ μαγγάνιον αὐξάνει ἐπίσης τὴν ἀντοχὴν τοῦ κράματος εἰς διάβρωσιν καὶ τὸ καθιστᾶ εύκόλως συγκολλητόν.

Τὰ κράματα αὗτὰ εἰναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἴτε ὡς μαλακτὰ εἴτε ὡς χυτευτικά. Τὰ μαλακτὰ κράματα σκληρώνονται διὰ διαμορφώσεως ἐν ψυχρῷ, ἐνῶ τὰ χυτευτικὰ ὑφίστανται σκλήρωσιν ἐκ κατακρημνίσεως διὰ γηράνσεως, ὅπως ὥρισμένα κράματα τοῦ ἀργιλίου [παράγρ. 28 · 2 (Α)].

‘Ως τυπικὰ κράματα Mg - Al - Zn - Mn ἀναφέρομεν τὰ ἔπομενα:

-- *Μαλακτὸν κράμα.*

$\pi(Al) = 6\%$, $\pi(Zn) = 1\%$, $\pi(Mn) = 0,30\%$

Μετὰ διέλασιν τὸ κρᾶμα ἀποκτᾶται:

$\sigma_B = 30 \text{ kp/mm}^2$ καὶ $A = 10\%$

— *Χυτευτικὸν κρᾶμα.*

$\pi(Al) = 8\%$, $\pi(Zn) = 0,70\%$, $\pi(Mn) = 0,30\%$

Μετὰ θερμικὴν κατεργασίαν (θέρμανσιν εἰς 410°C , βαφὴν καὶ τεχνητὴν γήρανσιν εἰς 190°C ἐπὶ 10 ἔως 12 ὥρας) τὸ κρᾶμα ἀποκτᾶται:

$\sigma_B = 22 \text{ kp/mm}^2$ καὶ $A = 2\%$

β) *Κράματα μαγνησίου - μαγγανίου (Mg - Mn).*

Περιέχουν περίπου 1,50% μαγγάνιον, παρουσιάζουν καλὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν καὶ συγκολλῶνται εύκόλως.

γ) *Κράματα μαγνησίου - ψευδαργύρου - ζιρκονίου (Mg - Zn - Zr).*

Τὸ ζιρκόνιον ἐκλεπτύνει τοὺς κόκκους τοῦ κράματος καὶ συνεπῶς βελτιώνει τὰς μηχανικάς του ἴδιότητας.

Τὰ κράματα αὗτοῦ τοῦ εἰδούς εἰναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν τόσον ὡς μαλακτά, ὡσον καὶ ὡς χυτευτικά. Τὰ χυτευτικὰ δύνανται νὰ ὑποστοῦν σκλήρωσιν ἐκ κατακρημνίσεως διὰ γηράνσεως. Προσθήκη καὶ θορίου (Th), περίπου 3%, αὐξάνει τὴν ἀντοχὴν τοῦ κράματος εἰς ἔρπυσμόν.

Κατωτέρω, δίδομεν τυπικὰ κράματα Mg - Zn - Zr.

— *Maλakτὸν κρᾶμα.*

$\pi(\text{Zn}) = 3\%$, $\pi(\text{Zr}) = 0,70\%$. Μετά διέλασιν παρουσιάζει:

$$\sigma_B = 32 \text{ kp/mm}^2 \quad \text{και} \quad A = 8\%$$

— Χυτευτικὸν κρῆμα.

$\pi(\text{Zn}) = 4,50\%$, $\pi(\text{Zr}) = 0,70\%$. Μετά θερμικήν κατεργασίαν (τεχνητήν γήρανσιν εις 1700°C ἐπὶ 12ωρον ἀνευ προηγουμένης βα-φῆς) ἀποκτᾶ:

$$\sigma_B = 27 \text{ kp/mm}^2 \quad \text{ksi} \quad A = 9\%$$

Τὰ κράματα τοῦ μαγνησίου λόγω τῆς ἐλαφρότητος καὶ τῶν σχετικῶς καλῶν μηχανικῶν των ἴδιοτήτων, χρησιμοποιοῦνται εύρυτατα εἰς τὴν ἀεροναυπηγικήν διὰ χυτὰ καὶ σφυρήλαστα ἔξαρτήματα (σώματα κινητήρων, πυξίδες λιπάνσεως, συστήματα προσγειώσεως καὶ ἄλλα), καθὼς ἐπίσης καὶ δι' ἀποθήκας καυσίμων. Ἐπίσης καὶ διὰ μορφοποιημένα τεμάχια τοῦ σκελετοῦ τῶν ἀεροσκαφῶν. Εἰς τὴν βιομηχανίαν τῶν αὐτοκινήτων χρησιμοποιοῦνται διὰ κιβώτια ταχυτήτων, καλύμματα συμπλέκτου καὶ παρεμφερῆ ἔξαρτήματα. Τέλος, εύρισκουν ἐφαρμογὰς διὰ μεταλλικὰ καθίσματα, γραφομηχανάς, φωτογραφικὰς μηχανὰς κ.λπ.



ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 30

Ο ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

30 · 1 Όψευδάργυρος.

Είναι μέταλλον χρώματος λευκοῦ. ⁷ Έχει ειδικὸν βάρος 7,14 g/cm³ καὶ σημείου τήξεως 4190,40 C. Εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν είναι εὔθραυστος. Θερμαινόμενος εἰς 1000 C ἔως 1500 C ἀποκτᾶ πλαστικότητα. Δὲν ὁξειδώνεται εἰς τὸν ἄερα οὔτε εἰς τὸ ὑδωρ καὶ συνεπῶς, λόγω τῆς ιδιότητός του αὐτῆς, χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἐπιψευδαργύρωσιν ἐλασμάτων (λαμαρινῶν) σιδήρου καὶ χάλυβος, τὰ ὅποια, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, ὀνομάζονται γαλβανισμένα.

Κατόπιν χυτεύσεως ὁ ψευδάργυρος παρουσιάζει $\sigma_B = 6 \text{ kp/mm}^2$ μόνον, ἐνῶ μετὰ ψυχρηλασίαν ἀποκτᾶ $\sigma_B = 22 \text{ kp/mm}^2$.

30 · 2 Τὰ κράματα τοῦ ψευδαργύρου.

Τὰ κράματα τοῦ ψευδαργύρου ὀλονὲν καὶ περισσότερον χρησιμοποιοῦνται βιομηχανικῶς κυρίως ὡς χυτὰ ἔξαρτήματα κατόπιν χυτεύσεως ὑπὸ πίεσιν.

Περιέχουν κατὰ βάσιν περίπου 4% ἀργίλιον, τὸ ὅποιον προσδίδει εἰς τὸ κράμα καλυτέρας μηχανικὰς ιδιότητας καὶ εύκολίαν χυτεύσεως.⁸ Επίσης είναι δυνατὸν νὰ περιέχουν καὶ χαλκὸν (μέχρι 2,50%), δ ὅποιος διευκολύνει τὴν χύτευσιν τοῦ κράματος καὶ τοῦ προσδίδει καλὴν κατεργαστικότητα.

Κατωτέρω δίδομεν συνήθη κράματα τοῦ ψευδαργύρου:

α) $\pi(Al) = 4\%$, $\pi(Mg) = 0,04\%$. Παρουσιάζει:

$$\sigma_B = 29 \text{ kp/mm}^2 \text{ καὶ } A = 13\%$$

β) $\pi(Al) = 4\%$, $\pi(Mg) = 0,04\%$ καὶ $\pi(Cu) = 1,00\%$
Παρουσιάζει:

$$\sigma_B = 34 \text{ kp/mm}^2 \text{ καὶ } A = 8,50\%$$

⁹ Αξιον παρατηρήσεως είναι τὸ γεγονός, ὅτι τὰ κράματα αὐτά, μετὰ τὴν χύτευσιν, ὑφίστανται μικρὰν συστολὴν, ποὺ συμπληρώνεται συνήθως ἐντὸς πέντε περίπου ἑβδομάδων. Τὸ χρονικὸν αὐτὸ διά-

στημα είναι δυνατὸν νὰ ἐλαττωθῇ διὰ θερμάνσεως τοῦ κράματος. "Ετσι, θέρμανσις εἰς 100°C τὸ περιορίζει εἰς 6 ὥρας, ἐνῶ θέρμανσις εἰς 150°C εἰς 3 ὥρας.

Τονίζεται, ἐπίσης, ὅτι ἡ ὑπαρξίς ἔστω καὶ ἐλαχίστων ποσοτήτων κασσιτέρου (ἄνω τοῦ 0,001 %), μολύβδου (ἄνω τοῦ 0,003 %) καὶ καδμίου (ἄνω τοῦ 0,003 %) είναι καταστρεπτικὴ διὰ τὸ κρᾶμα.

Ο ΜΟΛΥΒΔΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

31 · 1 Ό μόλυβδος.

Ό μόλυβδος ἔχει χρῶμα φαιὸν (γκριζό). Τὸ εἰδικόν του βάρος εἶναι 11,34 g/cm³. Ἐχει σημεῖον τήξεως 327° C καὶ ὡς ἐκ τούτου εἶναι πολὺ εὔτηκτον μέταλλον. Ἐχει ἔξαιρετικὴν πλαστικότητα καὶ συνεπῶς διαμορφώνεται εύκολως. Ἡ μηχανικὴ του ἀντοχὴ εἶναι πολὺ μικρά, χαρακτηρίζεται ὅμως ἀπὸ σημαντικὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν.

Ό μόλυβδος χρησιμοποιεῖται εύρυτατα εἰς τὴν κατασκευὴν ἐσχαρῶν πλακῶν συσσωρευτῶν, ὡς καὶ σωλήνων ὕδατος, ἐλασμάτων στεγανοποιήσεως ὁροφῆς, βολίδων φυσιγγίων φορητῶν ὅπλων καὶ δι' ἐπένδυσιν τῶν ὑπογείων καλωδίων. Χρησιμοποιεῖται ἐπίσης εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν δι' ἀποθήκευσιν καὶ μεταφορὰν διαβρωτικῶν ὑγρῶν, ὅπως π.χ. εἰς τὴν βιομηχανίαν τοῦ θειικοῦ ὀξέος. Τέλος, ὁ μόλυβδος ἔχει ἐφαρμογὴν διὰ τὴν προστασίαν ἀπὸ τὴν ἀκτινοβολίαν X καὶ γ (ἀτομικὴ ἐνέργεια, ιατρική).

31 · 2 Τὰ κράματα τοῦ μολύβδου.

α) *Κράματα μολύβδου - ἀντιμονίου (Pb - Sb).*

Κράματα μολύβδου μὲ 7% ἔως 12% ἀντιμόνιον χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατασκευὴν ἐσχαρῶν πλακῶν συσσωρευτῶν.

Διὰ τὴν αὔξησιν τῆς ἀντοχῆς τῶν ἐκ μολύβδου περιβλημάτων τῶν ὑπογείων καλωδίων καὶ τῶν ἐπενδύσεων δοχείων καὶ δεξαμενῶν τῆς χημικῆς βιομηχανίας διαβρωτικῶν ὑγρῶν προστίθεται ὀλίγον ἀντιμόνιον.

β) *Κράματα μολύβδου - κασσιτέρου (Pb - Sn).*

Προσθήκη 20% ἔως 50% κασσιτέρου εἰς τὸν μόλυβδον μᾶς δίδει κράματα χαμηλοῦ σημείου τήξεως, τὰς γνωστάς μας κολλήσεις, ποὺ ἔχουν εύρυτάτην ἐφαρμογήν. Συνιστᾶται ὡς τὸ καλύτερον καὶ οἰκονομικῶς συμφέρον κράμα κολλήσεως ἐκεῖνο, ποὺ περιέχει 35% καὶ σίτερον.

γ) Κράματα μολύβδου - ἀντιμονίου - κασσιτέρου ($Pb - Sb - Sn$) ἢ τυπογραφικὰ κράματα.

Τὰ κράματα αὐτὰ χαρακτηρίζονται ὅπὸ χαμηλὸν σημεῖον τήξεως, εὔκολον καὶ καλὴν χύτευσιν (ἀποδίδονται πλήρως ὅλαι αἱ λεπτομέρειαι τῶν τυπογραφικῶν στοιχείων) καὶ καλὴν ἀντοχὴν εἰς φθοράν.

Κατωτέρω, ἀναφέρομεν ἀντιπροσωπευτικὰ τυπογραφικὰ κράματα:

10 % ἔως 13% Sb καὶ 2 % ἔως 4% Sn διὰ λινοτυπίαν

14 % ἔως 19% Sb καὶ 7 % ἔως 10% Sn διὰ μονοτυπίαν

14 % ἔως 17% Sb καὶ 3 % ἔως 10% Sn διὰ στερεοτυπίαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 32

ΤΟ ΝΙΚΕΛΙΟΝ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

32·1 Τὸ νικέλιον.

Είναι μέταλλον λευκὸν πρὸς τὸ φαιὸν καὶ σκληρόν, ἀλλὰ ἔλατον. Ἐχει εἰδικὸν βάρος 8,90 g/cm³ καὶ σημεῖον τήξεως 1452° C. Εἰς τὸν ἀέρα παραμένει σταθερόν, δηλαδὴ δὲν ὀξειδώνεται. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν χρησιμοποιεῖται πρὸς ἐπικάλυψιν μεταλλικῶν ἐπιφανειῶν. Ἡ ἔργασία αὐτῇ γίνεται ἡλεκτρολυτικῶς καὶ ὀνομάζεται ἐπινικέλωσις. Πρὸ τῆς ἐπινικέλωσεως σιδηρῶν ἡ χαλυβδίνων ἐπιφανειῶν ἀπαιτεῖται ἐπιχάλκωσις τῶν τεμαχίων.

Τὸ ἐμπορικῶς χρησιμοποιούμενον νικέλιον ἔχει καθαρότητα περίπου 99,50 % καὶ περιέχει ἐλαχίστας ποσότητας χαλκοῦ, σιδήρου, μαγγανίου, ἄνθρακος καὶ θείου.

Τὸ νικέλιον παρουσιάζει καλὸν συνδυασμὸν μηχανικῶν ἰδιότητων καὶ ἀντοχῆς εἰς διάβρωσιν.

Ως τυπικὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ νικέλιου ὑπὸ μορφὴν ἐλασμάτων ἀναφέρομεν τὰς ἔξης:

— Μετὰ ψυχρηλασίαν καὶ ἀνόπτησιν: $\sigma_B = 35$ ἔως 57 kp/mm², $A = 50\%$ ἔως 35 % καὶ σκληρότητα 90 ἔως 120 Brinell.

— Μετὰ ψυχρηλασίαν (σκληρωμένον): $\sigma_B = 64$ ἔως 70 kp/mm², $A = 12\%$ ἔως 8 % καὶ σκληρότητα 180 ἔως 210 Brinell.

Τὸ νικέλιον χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν, λόγω τῆς ἀντοχῆς του εἰς διάβρωσιν, ἰδιαιτέρως διὰ τὰ ἀλκαλία. Ἐπίσης, εἰς τὴν βιομηχανίαν τῶν τροφίμων, διότι δὲν παρουσιάζει τοξικότητα. Ως προσθήκη τὸ νικέλιον εύρισκει ἐφαρμογὴν εἰς τοὺς νικελιοχρωμούχους χάλυβας [παράγρ. 20·2 (B)], εἰς τοὺς νικελιοχρωμούχους χάλυβας [παράγρ. 20·2 (Δ)], εἰς ὥρισμένα μὴ σιδηροῦχα κράματα, ὡς καὶ εἰς τὰ πολὺ χρήσιμα κράματά του, μὲ τὰ ὅποια θὰ ἀσχοληθῶμεν εὐθὺς ἀμέσως.

32 · 2 Τὰ κράματα τοῦ νικελίου.

α) *Κράματα νικελίου - χαλκοῦ (Ni - Cu) ἢ Μονέλ. (monel).*

Περιέχουν χονδρικῶς $\frac{2}{3}$ νικελίου καὶ $\frac{1}{3}$ χαλκοῦ μὲ ἐπὶ πλέον

μικρὰς ποσότητας μαγγανίου, σιδήρου, πυριτίου καὶ ἄνθρακος.

Παρουσιάζουν καλὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν εἰς τὸ ὕδωρ, τὴν ἄλμην, τὰ ἀλκαλία, τὸν ὑπέρθερμον ἀτμὸν καὶ εἰς ἄλλα. Αἱ καλαῖς τῶν μηχανικὰὶ ἴδιότητες διατηροῦνται καὶ εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας.

Τυπικὸν κρᾶμα νικελίου - χαλκοῦ εἶναι τὸ ἐπόμενον μέ: 67 % Ni, 30 % Cu, 1 % Mn, 1,40 % Fe, 0,11 % Si καὶ 0,15 % C, ποὺ ἔχει τὰς ἔξῆς μηχανικὰὶ ἴδιότητας:

— "Ελασμα ἀνωπτημένον: $\sigma_B = 50 \text{ kp/mm}^2$, A = 36 %,
 $\rho = 22 \text{ kp/cm}^2$ καὶ σκληρότητα 120 Brinell.

— "Ελασμα σκληρωμένον: $\sigma_B = 72 \text{ kp/mm}^2$, A = 20 %,
 $\rho = 17 \text{ kp/cm}^2$ καὶ σκληρότητα 185 Brinell.

Τὸ Μονέλ χρησιμοποιεῖται ὡς μαλακτὸν καὶ ὡς χυτευτικὸν κρᾶμα.

Εύρισκει ἐφαρμογὴν εἰς ἄξονας καὶ πτερωτὰς ἀντλιῶν, βελόνας ἀκροφυσίων ὑδροστροβίλων, ὡς καὶ εἰς πτερύγια στροβίλων.

Προσθήκη 2 % ἔως 4 % ἀργιλίου προσδίδει εἰς τὸ Μονέλ βελτιώμένας μηχανικὰὶ ἴδιότητας κατόπιν θερμικῆς κατεργασίας. Τὸ κρᾶμα, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν σκληρώνεται ἐκ κατακρημνίσεως διὰ γηράνσεως [παράγρ. 28 · 2 (Α)], ἐνῶ διατηρεῖ τὰς καλάς του ἀντιδιαβρωτικὰὶ ἴδιότητας. Εἶναι γνωστὸν ὡς Μονέλ K. Βάφεται ἀπὸ 950° C ἔως 1100° C καὶ κατόπιν ὑφίσταται τεχνητὴν γήρανσιν εἰς 5900 C ἐπὶ 16 περίπου ὥρας. Ἀναφέρομεν κατωτέρω μέσας μηχανικὰὶ ἴδιότητας τοῦ Μονέλ K μετὰ ψυχρηλασίαν καὶ θερμικὴν κατεργασίαν:

$\sigma_B = 96$ ἔως 118 kp/mm^2 , A = 30 % ἔως 15 % καὶ σκληρότητα 280 ἔως 340 Brinell.

Χρησιμοποιεῖται δι' ἄξονας ἐλίκων πλοίων, ὅργανα πιέσεως καὶ ἄλλα.

β) *Πυρίμαχα κράματα μὲ βάσιν τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον.*

— Τὸ Ἰνκονέλ (inconel) περιέχει πλὴν τοῦ νικελίου: 14 % Cr καὶ 6 % Fe. Συνδυάζει ἔξαιρετικὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν καὶ καλὰς μηχανικὰὶ ἴδιότητας εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας.

Χρησιμοποιεῖται εύρυτατα εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν (μηχανήματα ἐπεξεργασίας τροφίμων), διὰ σωλῆνας καυσαερίων ἀεριοστροβίλων, προστατευτικὰ καλύμματα θερμοηλεκτρικῶν ζευγῶν καὶ θερμαντικῶν στοιχείων ἡλεκτρικῶν θερμαστρῶν καὶ κλιβάνων κ.λπ.

— Τὸ κρᾶμα *Χαστελλόϋ C* (hastelloy C) περιέχει: 35% Ni, 15% Cr, 17% Mo, 5% W καὶ 5% Fe καὶ παρουσιάζει ἀντοχὴν εἰς νιτρικὸν καὶ φωσφορικὸν ὁξύ, καθὼς ἐπίσης καὶ εἰς ὀξειδωτικὴν ἀτμόσφαιραν μέχρι 1000° C. Τὸ *Χαστελλόϋ X* μέ: 47% Ni, 22% Cr, 18% Fe, 9% Mo καὶ 1% W διατηρεῖ καλὴν μηχανικὴν ἀντοχὴν, ὡς καὶ ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν μέχρι 1200° C.

Χρησιμοποιεῖται, ὡς ἐκ τούτου, διὰ τμήματα καὶ ἔξαρτήματα κλιβάνων καὶ μηχανῶν ἀεριωθήσεως (τζέτ).

— Ἡ σειρὰ τῶν κραμάτων *Νιμόνικ* (nimonic), τὰ ὅποια συνέβαλον πολὺ εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν μηχανῶν ἀεριωθήσεως, περιλαμβάνει κράματα βασικῶν νικελίου - χρωμίου μὲ καλὴν ἀντοχὴν εἰς ἑρπυσμόν, εἰς κόπωσιν καὶ εἰς διάβρωσιν εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας, χάρις εἰς προσμίξεις τιτανίου, ἀργιλίου, κοβαλτίου, ζιρκονίου, σιδήρου καὶ ἄνθρακος.

Ἐτσι, τὸ *Νιμόνικ* 75 περιέχει:

20% Cr, 0,20 ἕως 0,60 Ti, 2,50 Fe καὶ 0,10% C

Αποτελεῖ βασικὸν κρᾶμα διὰ τὴν κατασκευὴν φλογοσωλήνων ἀεριοστροβίλων.

Τὸ *Νιμόνικ* 80 A περιέχει:

20% Cr, 2,20% Ti, 1,50% Fe, 1,40% Al καὶ 0,05% C

Χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν κατασκευὴν δίσκων καὶ πτερυγίων ἀεριοστροβίλων.

Ὑφίσταται σκλήρωσιν ἐκ κατακρημνίσεως διὰ γηράνσεως κατόπιν βαφῆς εἰς τὸν ἀέρα ἀπὸ 1080° C καὶ τεχνητῆς γηράνσεως ἐπὶ 16 ὥρας εἰς 700° C καὶ ἀποψύξεως εἰς τὸν ἀέρα.

Τὸ *Νιμόνικ* 90 περιέχει:

20% Cr, 2,50% Ti, 1,50% Fe, 1,40% Al, 18% Co καὶ 0,06% C

Δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ μέχρι θερμοκρασίας 870° C.

Τέλος, τὸ νεώτερον *Νιμόνικ* 115, περιέχον:

15% Cr, 4% Ti, 0,50% Fe, 5% Al, 15% Co καὶ 0,10% C

παρουσιάζει τὰς πλέον βελτιωμένας ιδιότητας τῆς σειρᾶς τῶν κραμάτων Νιμόνικ εἰς ύψηλὰς θερμοκρασίας λειτουργίας.

-- Τὰ κράματα ἡλεκτρικῶν ἀντιστάσεων ἔχουν κατὰ βάσιν χημικὴν σύνθεσιν 80 % Ni καὶ 20 % Cr. Συνδυάζουν ύψηλὴν ἡλεκτρικὴν ἀντίστασιν καὶ ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν εἰς θερμοκρασίας ἐργασίας ἀπὸ 1150° C ἕως 1250° C.

Αναφέρομεν ἐπίσης τὸ κρᾶμα μὲ 65 % Ni, 15 % Cr καὶ 20 % Fe, τὸ ὅποιον χρησιμοποιεῖται ἐπίσης δι' ἡλεκτρικὰς ἀντιστάσεις μέχρις 950° C.

**ΑΝΤΙΤΡΙΒΙΚΑ ΚΡΑΜΑΤΑ
ΤΗ ΚΡΑΜΑΤΑ ΕΔΡΑΝΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΣ**

33·1 Γενικά.

Τὰ ἔδρανα, ώς γνωστόν, είναι στοιχεῖα μηχανῆς, εἰς τὰ ὅποια στηρίζονται αἱ ἄτρακτοι ἢ οἱ ἄξονες, παραλαμβάνουν δὲ τὰ φορτία ποὺ τοὺς καταπονοῦν.

Ἐχομεν δύο εἰδῶν ἔδρανα: (Στοιχεῖα Μηχανῶν, Ἰδρύματος Εὐγενίδου, σελ. 117 - 137):

α) Τὰ ἔδρανα κυλίσεως (*ρουλμάν*), εἰς τὰ ὅποια ὁ στροφεὺς κυλίεται ἐπὶ σφαιρῶν ἢ ἄλλων κυλιομένων σωμάτων καὶ ὅπου ἀναπτύσσεται τριβὴ κυλίσεως.

β) Τὰ ἔδρανα ὀλισθήσεως. Τὰ ἔδρανα αὐτὰ φέρουν, συνήθως, κατάλληλον στρῶσιν ἀντιτριβικοῦ κράματος. ἐπὶ τῆς ὅποιας περιστρέφεται ὁ στροφεύς. Τὰ ἔδρανα ὀλισθήσεως λιπαίνονται πάντοτε. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ἔδρανων αὐτῶν ἀναπτύσσεται τριβὴ ὀλισθήσεως.

Τὰ ἔδρανα ὀλισθήσεως κατασκευάζονται, ώς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, διμερῆ. Τὸ ἀντιτριβικόν, δηλαδή, κράμα φέρεται ἀπὸ κατάλληλον μεταλλικὸν χιτώνιον.

Τὸ ἀντιτριβικὸν κράμα, διὰ νὰ ἀνταποκριθῇ εἰς τὸν προορισμόν του, θὰ πρέπει νὰ ἔχῃ τὰς ἀκολούθους βασικὰς ιδιότητας:

— Ἐπαρκῆ σκληρότητα, ὡστε νὰ ἀντέχῃ εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθοράν.

— Καλὴν μηχανικὴν ἀντοχὴν ἐναντὶ τῶν στατικῶν φορτίων ποὺ τὸ καταπονοῦν.

— Καλὴν δυσθραυστότητα καὶ ἀντοχὴν εἰς κόπωσιν (Κεφάλ. 9).

— Ἐπαρκῆ πλαστικότητα, διότι κατὰ τὴν λειτουργίαν παρατηροῦνται παραμορφώσεις τοῦ ἄξονος, αἱ ὅποιαι πρέπει νὰ παραλαμβάνωνται ἀπὸ τὸν τριβέα τοῦ ἔδρανου.

— Καλὰς ιδιότητας τήξεως καὶ χυτεύσεως.

— Καλὴν θερμικὴν ἀγωγιμότητα, ὥστε ἡ παραγομένη ἐκ τῆς τριβῆς θερμότης κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἔδρανου νὰ μεταδίδεται εἰς τὸ περιβάλλον καὶ ἔτσι νὰ διατηρῆται ἡ θερμοκρασία του ἐντὸς τῶν ἐπιτρεπομένων δρίων καὶ

— ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν ἔναντι τῶν χρησιμοποιουμένων λιπαντικῶν καὶ μάλιστα εἰς τὴν θερμοκρασίαν λειτουργίας τοῦ ἔδρανου.

Αἱ ἴδιότητες, ποὺ ἀνεφέραμεν, εἰναι ἀδύνατον νὰ καλυφθοῦν ἀπὸ κράμα μιᾶς μόνον φάσεως. Καὶ τοῦτο, διότι τὰ στερεὰ διαλύματα εἰναι δύσθραυστα καὶ μαλακά, ἐνῶ αἱ μεσομεταλλικαὶ ἐνώσεις εἰναι σκληραὶ ἀλλὰ εὔθραυστοι. Θὰ πρέπει, συνεπῶς, νὰ γίνῃ κάποιος συγκερασμὸς τῶν πλεονεκτημάτων τῆς μαλακῆς καὶ τῆς σκληρᾶς φάσεως εἰς τὸ αὐτὸ κράμα. "Ἐτσι, τὸ ἀντιτριβικὸν κράμα συνίσταται ἀπὸ σκληρὰ τεμαχίδια μεσομεταλλικῆς ἐνώσεως κατανεμημένα ἐντὸς στερεοῦ διαλύματος ἢ μερικὰς φορὰς ἐντὸς εύτηκτικῆς ἢ καὶ τῶν δύο (σχ. 33. 3).

Εἰς τὴν πρᾶξιν, μετὰ ἀπὸ ὀλιγοχρόνιον λειτουργίαν, ἡ μαλακὴ φάσις τοῦ κράματος φθείρεται ἐλαφρῶς κάτω τοῦ ἐπιπέδου τῶν τεμαχίδιων τῆς σκληρᾶς φάσεως, μὲ ἀποτέλεσμα, ἀφ' ἐνὸς μὲν τὴν ἐλάττωσιν τοῦ συντελεστοῦ τριβῆς τοῦ κράματος καὶ ἀφ' ἑτέρου τὴν δημιουργίαν μικροσκοπικῶν σωληνώσεων, ποὺ ὑποβοηθοῦν τὴν ροήν τοῦ λιπαντικοῦ.

Τὰ ἀντιτριβικὰ κράματα κατατάσσονται εἰς:

— Κράματα μὲ βάσιν τὸν χαλκὸν καὶ

— κράματα μὲ βάσιν τὸν κασσίτερον ἢ τὸν μόλυβδον (λευκὰ μέταλλα).

33 · 2 Ἀντιτριβικὰ κράματα μὲ βάσιν τὸν χαλκόν.

Εἰς τὴν παράγραφον 27 · 2 (B) ἀνεφέραμεν κρατερώματα μὲ 10 % ἔως 15 % κασσίτερον, ὡς καὶ χυτευτικὰ φωσφοροῦχα κρατερώματα μὲ 10 % ἔως 13 % κασσίτερον καὶ 0,30 % ἔως 1,00 % φωσφόρον, κατάλληλα δι' ἔδρανα ὀλισθήσεως. Τὰ κράματα αὗτὰ ἀνταποκρίνονται εἰς τὰς ἀπαιτήσεις ἀντιτριβικοῦ κράματος, ποὺ ἔχομεν ἀναφέρει, διότι περιλαμβάνουν σκληρὰν μεσομεταλλικὴν ἐνώσιν χαλκοῦ - κασσιτέρου ἐντὸς μαλακοῦ καὶ δυσθραύστου στερεοῦ διαλύματος χαλκοῦ - κασσιτέρου. Χρησιμοποιοῦνται, γενικῶς, εἰς περιπτώσεις ποὺ τὰ φορτία εἰναι μεγάλα.

Ός άντιτριβικά έπισης κράματα χρησιμοποιούνται κρατερώματα μὲ 10% ἔως 15% μόλυβδον ἢ καὶ κράματα χαλκοῦ - μολύβδου μὲ 25% ἔως 30% μόλυβδον. Παρουσιάζουν ύψηλήν ἀντοχὴν εἰς φθορὰν ἐκ τριβῆς καὶ ύψηλήν έπισης θερμικήν ἀγωγιμότητα. Χρησιμοποιούνται εἰς ἔδρανα βάσεως στροφαλοφόρων ἀξόνων μηχανῶν αὐτοκινήτων καὶ πετρελαιομηχανῶν.

Ἐπίσης, κρατέρωμα μὲ 2,50% Sn, 1,50% Fe καὶ 1,20 Cr είναι κατάλληλον εἰς περιπτώσεις λειτουργίας εἰς ύψηλάς θερμοκρασίας μὲ δυσμενεῖς συνθήκας φθορᾶς (άντιτριβικὸν μέταλλον δι' ὀδηγούς βαλβίδων μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως, ἔδρανα ὀδοντωτοῦ τροχοῦ - ἀτέρμονος κοχλίου καταπονούμενα μὲ μεγάλας πιέσεις).

Λόγω τοῦ χαμηλοῦ των κόστους, είναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις καὶ οἱ ὄρείχαλκοι ὡς άντιτριβικά μέταλλα ἢ καὶ ὡς χιτώνια, κυρίως τριβέων ἀπὸ κρατέρωμα. Χρησιμοποιεῖται συνήθως ὁ ὄρείχαλκος μὲ 60% Cu καὶ 40% Zn μὲ προσθήκην μέχρις 1% Al, Fe καὶ Mg.

Τέλος, διὰ μικρὰ ἔδρανα καὶ δακτυλίδια, τυποποιημένα συνήθως, χρησιμοποιοῦνται πορώδη κράματα χαλκοῦ-κασσιτέρου παραγόμενα μὲ μεθόδους τῆς Κονιομεταλλουργίας [παράγρ. 36·2, σχ. 36·1 β(γ)].

33·3 Λευκά μέταλλα.

α) Λευκά μέταλλα μὲ βάσιν τὸν κασσίτερον.

Γενικῶς, τὰ κράματα αὐτὰ ὀνομάζονται λευκὰ μέταλλα ἐκ τοῦ χρώματός των, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ κράματα μὲ βάσιν τὸν χαλκόν, τὰ ὅποια είναι ἐρυθρωπά.

Αἱ κύριαι προσμίξεις είναι τὸ ἀντιμόνιον ἀπὸ 3% ἔως 10% καὶ ὁ χαλκὸς περίπου 3,50%.

Εἰς τὰ κράματα αὐτὰ ὑπάρχουν δύο σκληραὶ φάσεις (σχ. 33·3), δηλαδὴ κύβοι μεσομεταλλικῆς ἐνώσεως ἀντιμονίου - κασσιτέρου καὶ βελόναι ἐπίσης μεσομεταλλικῆς ἐνώσεως χαλκοῦ - κασσιτέρου.

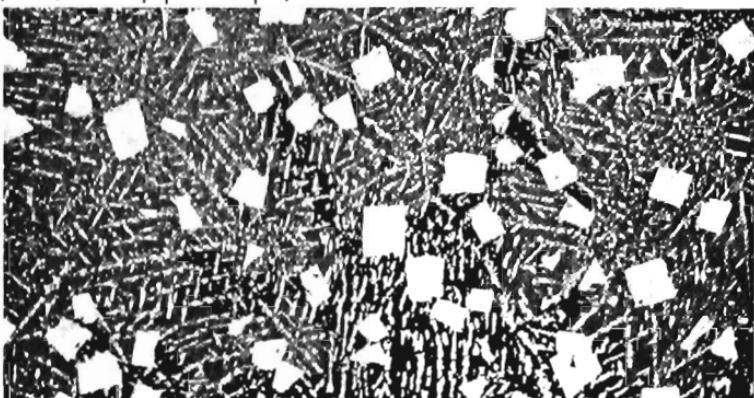
Ἐπειδὴ είναι μαλακά, χυτεύονται εἰς χαλύβδινα χιτώνια καὶ κατόπιν τορνεύονται εἰς τὴν τελικήν των διάστασιν. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ διὰ τὰ λευκὰ μέταλλα μὲ βάσιν τὸν μόλυβδον.

Παρουσιάζουν καλὴν πλαστικότητα.

Τυπικὰ ἀντιτριβικὰ κράματα αὐτοῦ τοῦ εἴδους είναι τὰ ἀκόλουθα:

— Τὸ κρᾶμα μὲ 3,50% Sb καὶ 3,50% Cu. Χρησιμοποιεῖται κυρίως διὰ μεγάλου μεγέθους ἀκραῖα ἔδρανα.

— Τὸ κρᾶμα μὲ 10,50% Sb καὶ 3,50 Cu. Χρησιμοποιεῖται δι’ ἔδρανα κυρίως μηχανῶν αὐτοκινήτων, καθὼς ἐπίσης καὶ ὡς γενικῆς χρήσεως ἀντιτριβικὸν κρᾶμα.



Σγ. 33·3.

Κρυσταλλικὴ δομὴ λευκοῦ μετάλλου κασσιτέρου - ἀντιμονίου - χαλκοῦ. Κύβοι μεσομεταλλικῆς ἐνώσεως ἀντιμονίου - κασσιτέρου ἐντὸς πλέγματος βελονοειδῶν δενδριτῶν ἐνώσεως χαλκοῦ - κασσιτέρου.

β) Λευκὰ μέταλλα μὲ βάσιν τὸν μόλυβδον.

Εἰς τὰ ἀντιτριβικὰ αὐτὰ κράματα, μέρος τοῦ κασσιτέρου ἀντικαθίσταται ἀπὸ μόλυβδου, δό όποιος εἶναι εὐθηνότερος. Περιέχουν 10% ἔως 15% κασσιτέρου, 6% ἔως 65% μόλυβδου καὶ 1,50% ἔως 3% χαλκού.

Χρησιμοποιοῦνται διὰ χαμηλοτέρας συνθήκας φορτίσεως ἀπὸ δ, τι τὰ λευκὰ μέταλλα μὲ βάσιν τὸν κασσιτέρου.

‘Ως τυπικὰ ἀντιτριβικὰ κράματα αὐτοῦ τοῦ εἶδους ἀναφέρομεν τὰ ἔξης μέ:

— 11% Sb, 6% Pb, 3% Cu. Γενικῆς χρήσεως δι’ ἔδρανα φορτιζόμενα μὲ ύψηλὰ φορτία.

— 10% Sb, 28,50% Pb, 1,50% Cu. Χρησιμοποιεῖται δι’ ἔδρανα ἀτμαμαξῶν, μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως, γεννητριῶν καὶ ἡλεκτρικῶν κινητήρων.

— 10% Sb, 48,50% Pb, 1,50% Cu. Διὰ τροχούς τραίνων μὲ μέσην φόρτισιν.

— 15% Sb, 63,50% Pb, 1,50% Cu. Χρησιμοποιεῖται διὰ χαμηλότερα φορτία σχετικῶς πρὸς τὰ προηγούμενα.

ΜΕΡΟΣ ΕΝΔΕΚΑΤΟΝ

ΚΟΝΙΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 34

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΚΟΝΙΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ

Η Κονιομεταλλουργία άσχολεῖται μὲ τὴν παραγωγὴν τῶν λεγομένων κεραμευτικῶν κραμάτων ἀπὸ μεταλλικὰς κόνεις εἰς μορφοποιημένα τεμάχια. Μᾶς δίδει δηλαδὴ ἄλλον τρόπον παραγωγῆς κραμάτων, ἐκτὸς τοῦ ἥδη γνωστοῦ, διὰ τήξεως τῶν συστατικῶν των. Τὰ συστατικὰ τοῦ κεραμευτικοῦ κράματος γενικῶς δὲν τήκονται, ἐκτὸς ώρισμένων περιπτώσεων μερικῆς τήξεώς των. Τὰ κράματα τῆς Κονιομεταλλουργίας είναι παρόμοια μὲ ἑκεῖνα, τὰ ὅποια θὰ ἐλαμβάνοντο μὲ τῆξιν τῶν συστατικῶν των.

Αἱ ἀρχαὶ τῆς Κονιομεταλλουργίας ἡσαν γνωσταὶ ἀπὸ τοῦ ἔτους 3000 π.Χ. περίπου, ὅταν οἱ Αιγύπτιοι κατεσκεύαζον ἔργαλεῖα ἀπὸ κόνιν σιδήρου διὰ σφυρηλασίας ἐν θερμῷ. Κατὰ τοὺς μέσους χρόνους ἡ παραγωγὴ κόνεων χρυσοῦ, ἀργύρου, χαλκοῦ, δρειχάλκου καὶ κασσιτέρου ἦτο εύρυτατα διαδεδομένη διὰ σκοπούς διακοσμητικούς. Η Κονιομεταλλουργία ἔχει ἀναπτυχθῆ σημαντικῶς ἀπὸ τοῦ 1930 καὶ ἐντεῦθεν.

Τὰ κεραμευτικὰ κράματα διακρίνονται εἰς δύο κατηγορίας:

— Εἰς ἑκεῖνα, ποὺ δὲν είναι δυνατὸν νὰ παραχθοῦν κατ' ἄλλον τρόπον, παρὰ μόνον διὰ τῆς Κονιομεταλλουργίας καὶ

— εἰς ἑκεῖνα, διὰ τὰ ὅποια ἡ Κονιομεταλλουργία είναι συμφερωτέρα.

Εἰς τὴν πρώτην κατηγορίαν περιλαμβάνονται:

α) Διαμορφώσιμα τεμάχια ἀπὸ πυρίμαχα μέταλλα, ὅπως είναι τὸ βολφράμιον, τὸ μολυβδαίνιον, τὸ ταντάλιον καὶ τὸ νιόβιον, τῶν ὅποιών ἡ τῆξις είναι βιομηχανικῶς ἀδύνατος, λόγω τοῦ πολὺ ὑψηλοῦ των σημείου τήξεως (τὸ βολφράμιον τίκεται εἰς 3410° C.). Τυπικὸν παράδειγμα είναι ἡ κατασκευὴ τῶν ἐκ βολφραμίου νηματιδίων τῶν λαμπτήρων πυρακτώσεως.

β) Σκληρομέταλλα μὲ καρβίδια, τὰ ὅποια χρησιμοποιοῦνται,

ὅπως θὰ ἔδωμεν, εύρυτατα ὡς ἐργαλεῖα κοπῆς τῶν μετάλλων (παράγρ. 36 · 1). Τὰ συνήθως χρησιμοποιούμενα καρβίδια είναι τοῦ βολφραμίου, τοῦ τιτανίου, τοῦ τανταλίου καὶ τοῦ νιοβίου. Ἐὰν τὸ κράμα παρήγετο διὰ τήξεως τῶν συστατικῶν του, τὰ καρβίδια θὰ ὑφίσταντο διάσπασιν καὶ συνεπῶς δὲν θὰ ἥτο δυνατὴ ἡ παραγωγὴ κραμάτων μὲ τὰς ἔξαιρετικὰς ἴδιοτητας ποὺ ἔχουν τὰ σκληρομέταλλα.

γ) Κράματα, τῶν ὅποιων τὰ συστατικὰ διατηροῦν τὰ χαρακτηριστικά των κατὰ τὰς διαφόρους ἔφαρμογάς. Ἀναφέρομεν ἐδῶ ὡς παράδειγμα τὰς ἡλεκτρικὰς ἐπαφάς· εἰς αὐτὰς συνδυάζεται ἀφ' ἐνὸς ἡ ἀντοχὴ εἰς φθορὰν εἰς τὰς συνθήκας ἐργασίας τῶν ἐπαφῶν τοῦ πυριμάχου ύλικοῦ, δηλαδὴ τοῦ βολφραμίου καὶ ἀφ' ἐτέρου ἡ μεγάλη ἡλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τοῦ ἀργύρου ἢ τοῦ χαλκοῦ.

δ) Πορώδη κράματα δι' αύτολιπαινόμενα ἐδρανα δόλισθήσεως καὶ φίλτρα. Ἡ δυνατότης ρυθμίσεως τοῦ πορώδους τῶν προϊόντων τῆς Κονιομεταλλουργίας (μέχρι καὶ 30 %) ὡδήγησεν εἰς τὴν παρασκευὴν τῶν κραμάτων αύτῶν (παράγρ. 36 · 2).

Εἰς τὴν δευτέραν κατηγορίαν ὑπάγονται:

α) Μέταλλα πολὺ μεγάλης καθαρότητος, διότι κατὰ τὴν τῆξιν εἰσάγονται εἰς τὸ μέταλλον ἀκαθαρσίαι.

β) Μέταλλα, ποὺ χυτεύονται ἡ ὑφίστανται κατεργασίαν μετὰ δυσκολίας, ὅπως τὸ κράμα Fe, Co, Al, Ni καὶ Cu [παράγρ. 21 · 4(Γ)], ποὺ χρησιμοποιεῖται διὰ μονίμους μαγνήτας καὶ

γ) τεμάχια πολυπλόκων γεωμετρικῶν σχημάτων ἐκ σιδηρούχων καὶ μὴ σιδηρούχων κραμάτων, τῶν ὅποιων ἡ κατεργασία διὰ κοπῆς θὰ ἀπαιτοῦσε μακρὸν χρόνον καὶ κατὰ συνέπειαν τὸ κόστος θὰ ἥτο ὑψηλόν.

Κατωτέρω ἀναφέρομεν συνοπτικῶς τὰς κυρίας φάσεις, ποὺ ἀκολουθοῦνται κατὰ τὴν παραγωγὴν κονιομεταλλουργικοῦ ἐν γένει προϊόντος:

— *Παραγωγὴ κόνεων* τῶν συστατικῶν τοῦ κράματος, ὡρισμένης καθαρότητος καὶ ἐλεγχομένης μορφῆς καὶ μεγέθους τεμαχιδίων.

— *'Ανάμιξις* τῶν κόνεων εἰς ὁμοιογενὲς μῆγμα.

— *Συμπίεσις* τοῦ μίγματος τῶν κόνεων ἐντὸς καταλλήλων μητρῶν καὶ εἰς κατάλληλον πρέσσαν, συνήθως ἐν ψυχρῷ, ἀλλὰ ἐνίοτε καὶ ἐν θερμῷ, ὥστε νὰ σχηματισθῇ τὸ τεμάχιον εἰς συμπαγῆ μᾶζαν, τὸ συμπίεσμα ἢ μπρικέτταν. Τὸ συμπίεσμα είναι ψαθυρόν, δύναται ὅμως νὰ μεταφερθῇ.

— Πυροσυσσωμάτωσις, κατὰ τὴν ὅποιαν θερμαίνεται τὸ συμπίεσμα ἐντὸς ἀναγωγικῆς ἀτμοσφαίρας καὶ εἰς θερμοκρασίαν χαμηλότεραν τοῦ σημείου τήξεως τοῦ πλέον δυστήκτου μετάλλου, συνήθως ὅμως κατωτέραν τοῦ σημείου τήξεως ὅλων τῶν συστατικῶν τοῦ γράματος. Ἡ πυροσυσσωμάτωσις δίδει εἰς τὸ κρᾶμα τὰς ἐπιθυμητὰς μηχανικὰς ἢ ἄλλας ἰδιότητας.

Ἐκτὸς τῶν κυρίων φάσεων τῆς Κονιομεταλλουργίας, ποὺ ἀνεφέραμεν, εἶναι δυνατὸν ἀναλόγως τῆς περιπτώσεως νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ ἄλλαι δευτερεύουσαι φάσεις, μὲ τὰς ὅποιας θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς τὴν παράγραφον 35 · 5.

ΑΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΟΝΙΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ

35 · 1 Ή παραγωγὴ τῶν κόνεων.

Τὸ προϊὸν τῆς κονιομεταλλουργίας ἔξαρτᾶται σημαντικῶς ἐκ τῆς χημικῆς συνθέσεως καὶ ἐκ τῆς καθαρότητος τῶν συστατικῶν του, ἐκ τῶν ὅποιών παράγεται ἡ κόνις, καθὼς ἐπίστης καὶ ἐκ τοῦ μεγέθους καὶ τῆς μορφῆς τῶν τεμαχιδίων τῆς κόνεως. Σφαιρικὰ τεμαχίδια κόνεως π.χ. ἔχουν ἔξαιρετικὰς ιδιότητας πυροσυσσωματώσεως καὶ δίδουν ὁμοιογενὲς προϊόν. Εἰς τὸ μέγεθος καὶ τὴν μορφὴν τῶν τεμαχιδίων τῆς κόνεως σημαντικῶς ἐπιδρᾶ ἡ μέθοδος παραγωγῆς της.

Κατωτέρω θὰ διαφέρωμεν συνοπτικῶς τὰς ἐν χρήσει μεθόδους παραγωγῆς μεταλλικῶν κόνεων:

1) Διὰ ρεύματος πεπιεσμένου ἀέρος.

Χρησιμοποιεῖται συνήθως διὰ μέταλλα χαμηλοῦ σχετικῶς σημείου τήξεως, ὅπως είναι δὲ κασσίτερος, δὲ μόλυβδος, δὲ ψευδάργυρος, τὸ ἀργίλιον καὶ δὲ χαλκός. Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτήν, τὸ τετηγμένον μέταλλον ἀναγκάζεται νὰ διέλθῃ δι' ἀκροφυσίου μὲ δπήν μικρᾶς διαμέτρου. Ἀκολούθως, προσβάλλεται διὰ ρεύματος πεπιεσμένου δέρος ἡ ἀδρανοῦς δέριον, καταμερίζεται καὶ κατόπιν στερεοποιεῖται εἰς τεμαχίδια μικροῦ μεγέθους. Τὰ τεμαχίδια αὐτά ἔχουν σφαιρικὸν ἐν γένει σχῆμα.

Ἡ μέθοδος αὐτὴ παραγωγῆς κόνεων μᾶς δίδει μέγεθος τεμαχιδίων κυμαινόμενον ἐντὸς εύρεων δρίων, πρᾶγμα ποὺ ἀποτελεῖ σημαντικὸν μειονέκτημα τῆς μεθόδου.

2) Διὰ ἀναγωγῆς ὀξειδίων τῶν μετάλλων.

Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτήν, τὰ δξειδία τῶν ἀντιστοίχων μετάλλων, τὰ δποῖα ἐπιθυμοῦμεν νὰ λάβωμεν εἰς κατάστασιν κόνεως, κονιοποιημένα ἀνάγονται δι' ὑδρογόνου ἡ μονοξειδίου τοῦ ἀνθρακος. Τὰ παραγόμενα τεμαχίδια είναι σπογγώδη καὶ ἀνωμάλου σχήματος, τὸ δὲ μέγεθός των ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν καὶ τὸν χρόνον ἀναγωγῆς.

Ἡ μέθοδος δι' ἀναγωγῆς τῶν δξειδίων είναι ἡ μοναδική, ποὺ διατίθεται διὰ τὴν παραγωγὴν κόνεων ἀπὸ πυρίμαχα μέταλλα, ὅπως είναι τὸ βολφράμιον καὶ τὸ μολυβδαίνιον.

Συμφέρει ἐπίστης διὰ τὴν παραγωγὴν κόνεων σιδήρου, νικελίου, κοβαλτίου καὶ χαλκοῦ.

3) Δι' ἡλεκτρολύσεις ἀλάτων τῶν μετάλλων.

Ἡ μέθοδος αὐτὴ ἐνδείκνυται διὰ τὴν παραγωγὴν ἔξαιρετικῶς καθαρῶν κόνεων, ἰδιαιτέρως δὲ διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν αὐτολιπαίνομένων ἐδράνων ὀλισθήσεως ἐκ χαλκοῦ.

Τὰ παραγόμενα τεμαχίδια τῆς κόνεως είναι σπογγώδη καὶ ἔχουν μορφὴν δευδρίτου. Τοῦτο διευκολύνει τὴν συμπίεσιν καὶ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν τοῦ κράματος, διότι κατὰ τὴν πρώτην τὰ τεμαχίδια τοῦ κασσίτερου ἐγκλωβίζονται εἰς τοὺς κλάδους τῶν δενδριτικῆς μορφῆς τεμαχίδιών τοῦ χαλκοῦ, ἐνῶ κατὰ τὴν δευτέραν, ὁ κασσίτερος τηκόμενος διεισδύει περισσότερον ἐντὸς αὐτῶν.

35·2 Ἀνάμιξις τῶν συστατικῶν.

Ἡ κανονικὴ ἀνάμιξις τῶν συστατικῶν τοῦ κράματος ὑπὸ μορφὴν κόνεων είναι οὐσιώδης, διὰ νὰ ἐπιτευχθῇ ὁμοιογένεια τοῦ προϊόντος τῆς κονιομεταλλουργίας.

Κατὰ τὴν ἀνάμιξιν προστίθεται εἰς τὸ μῆγμα λιπαντικόν, ὅπως παραφίνη, γλυκερίνη, ἢ κάτι παρόμοιον, διὰ νὰ ἐλαττώσῃ τὴν τριβὴν μεταξὺ τῶν τεμαχίδιών τῶν κόνεων καὶ τῶν τοιχωμάτων τῆς μήτρας κατὰ τὴν συμπίεσιν, ἢ ὅποια είναι ισχυροτάτη, ἰδιαιτέρως ὅταν χρησιμοποιοῦνται ύψηλαι ταχύτητες συμπιέσεως. Ἔτσι, ἀποφεύγεται ταχεῖα φθορὰ τῆς μήτρας.

35·3 Συμπίεσις.

Ἡ συμπίεσις, ὡς φάσις τῆς Κονιομεταλλουργίας, βασίζεται εἰς τὴν ἔξης ἀρχήν:

Ἐὰν μεταλλικὴ κόνις ὑποστῇ ἀρκετὰ ύψηλὴν πίεσιν, τότε καὶ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ἀκόμη λαμβάνει χώραν σύνδεσις τῶν τεμαχίδιών τῆς κόνεως μεταξύ των διὰ ψυχρᾶς συγκολλήσεως, μὲ ἀποτέλεσμα ἢ κόνις νὰ ἀποτελέσῃ συμπαγὴ μᾶζαν. Ὁ βαθμὸς τῆς συνδέσεως τῶν τεμαχίδιών ἔχαρτάται ἐκ τῆς ἐπιβαλλομένης πιέσεως, ἐκ τῆς καθαρότητος τῆς ἐπιφανείας τῶν τεμαχίδιών καὶ ἐκ τοῦ μεγέθους καὶ τοῦ σχήματός των. Μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῆς πιέσεως παραμένουν ὡρισμέναι κοιλότητες εἰς τὸ τεμάχιον, αἱ ὅποιαι προσδίδουν εἰς αὐτὸ πορῶδες ὡρισμένου βαθμοῦ. Τὸ πορῶδες τοῦτο χρησιμοποιεῖται εἰς ὡρισμένας ἐφαρμογάς, ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν αὐτολιπαίνομένων ἐδράνων ὀλισθήσεως καὶ τῶν μεταλλικῶν φίλτρων.

Ἡ σειρὰ τῶν ἐργασιῶν, ποὺ ἀκολουθεῖται κατὰ τὴν συμπίεσιν

ένὸς π.χ. αύτολιπαινομένου έδρανου όλισθήσεως, δίδεται εἰς τὸ σχῆμα 35 · 3 καὶ εἶναι ἡ ἀκόλουθος:

α) Ἡ συσκευὴ τροφοδοτήσεως ἔχει γεμίσει τὴν κοιλότητα τῆς μήτρας μὲ κόνιν [σχ. 35 · 3 (α)].

β) Ἡ συσκευὴ τροφοδοτήσεως ἀποσύρεται, ἐνῶ ἀρχίζει νὰ κατέρχεται ὁ ἀνώτερος ἐπιβολεὺς τῆς μήτρας [σχ. 35 · 3 (β)].

γ) Μόλις ὁ ἀνώτερος ἐπιβολεὺς ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἄνω ἐπιφάνειαν τῆς κόνιως, ἀρχίζει νὰ ἀνέρχεται ὁ κατώτερος ἐπιβολεὺς τῆς μήτρας.

Ἐτσι, ἡ κόνις συμπιέζεται καὶ μᾶς δίδει συμπίεσμα ὥρισμένων διαστάσεων [σχ. 35 · 3 (γ)].

δ) Μετὰ ταῦτα, ὁ ἀνώτερος ἐπιβολεὺς κινεῖται πρὸς τὰ ἄνω, ἐνῶ ὁ κατώτερος, κινούμενος καὶ αὐτὸς πρὸς τὰ ἄνω ἐνεργεῖ ὡς ἔξολκεὺς καὶ ἀπορρίπτει τὸ συμπίεσμα [σχ. 35 · 3 (δ)], τὸ ὅποιον, εἰς τὴν περίπτωσιν ποὺ ἔξετάζομεν, ἔχει μορφὴν δακτυλίου. Ἡ συσκευὴ τροφοδοτήσεως κινεῖται πρὸς τὰ ἐμπρὸς καὶ ἀρχίζει νέος κύκλος συμπιέσεως.

Ἡ συμπίεσις λαμβάνει χώραν εἰς πρέσσας ἐκκέντρου ἢ εἰς ὑδραυλικὰς πρέσσας. Ἡ ἀπαιτουμένη πίεσις διὰ τὴν φάσιν αὐτὴν τῆς κονιομεταλλουργίας κυμαίνεται ἀπὸ 15 μέχρι 70 kp/mm².

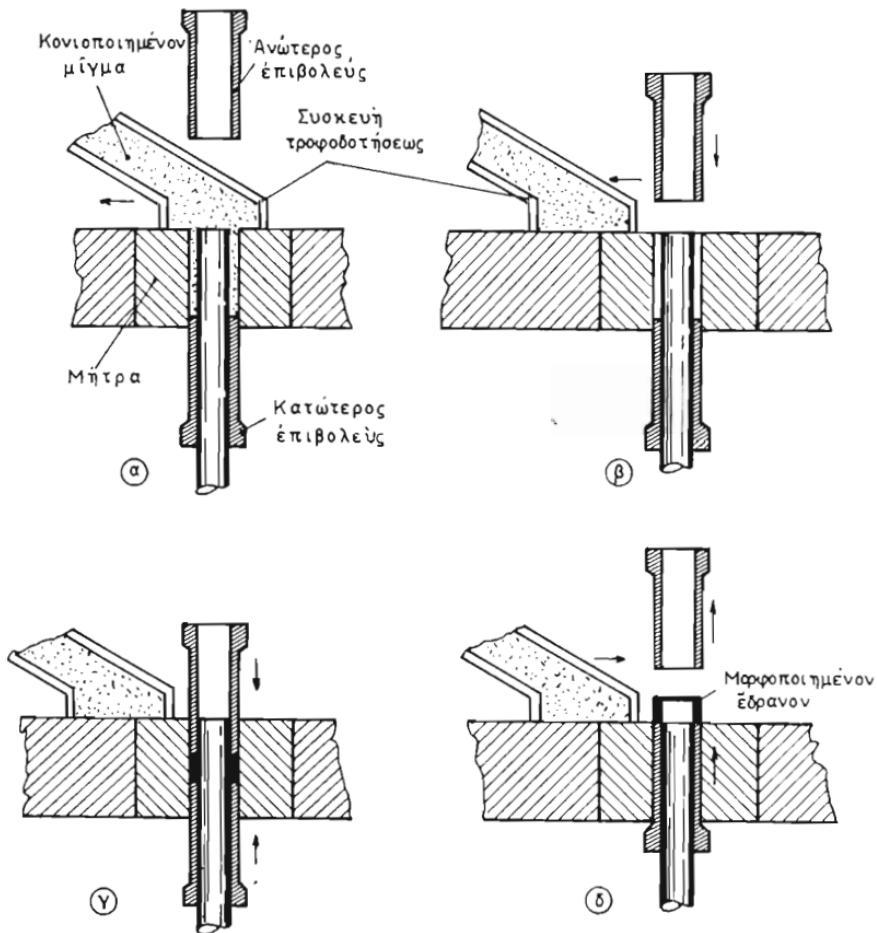
Αἱ πρέσσαι ἐκκέντρου ἔχουν συνήθως μεγίστην δύναμιν ἐπιβολῆς ἀπὸ 10 μέχρι καὶ 500 τόνους καὶ συχνότητα διαδρομῶν ἀπὸ 6 μέχρι 150 ἀνὰ min. Τὰ πλεονεκτήματά των εἶναι ὁ ὑψηλὸς ρυθμὸς παραγωγῆς, ἡ ἀπλότης καὶ ἡ οἰκονομία λειτουργίας.

Αἱ ὑδραυλικὰ πρέσσαι ἔχουν μεγαλυτέραν δύναμιν ἐπιβολῆς, μέχρι καὶ 5000 τόνων, ἀλλὰ ἡ συχνότης διαδρομῶν εἶναι πολὺ χαμηλοτέρα ἐκείνης τῶν πρεσσῶν ἐκκέντρου, συνήθως μικροτέρα τῶν 20 διαδρομῶν ἀνὰ min.

Συνήθης εἶναι ἡ χρησιμοποίησις πρεσσῶν περιστρεφομένης τραπέζης μὲ μήτραν, ἡ ὅποια ἔχει 12 ἢ καὶ περισσοτέρας κοιλότητας, μὲ τὰς ὅποιας εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχωμεν ρυθμὸν παραγωγῆς 300 μέχρι 3000 τεμαχίων τὴν ὥραν.

Αἱ μήτραι κατασκευάζονται, λόγω τῶν δυσμενῶν συνθηκῶν φθορᾶς ποὺ ἐπικρατοῦν κατὰ τὴν συμπίεσιν, ἀπὸ κατάλληλον χάλυβα ἐργαλείων, ὑφίστανται δὲ ὑπερλείανσιν. Συνήθως χρησιμοποιεῖ-

ται χρωμιούχος χάλυψ μὲ 12,50 % Cr καὶ 2,10 % C (Πίναξ 20·2·4). Εἰς περιπτώσεις μαζικῆς παραγωγῆς τεμαχίων, δικαιολογεῖται ἡ χρησιμοποίησις μητρῶν καὶ ἀπὸ σκληρομέταλλον μὲ καρβίδια.



Σχ. 35·3.

Φάσεις κατὰ τὴν συμπίεσιν αὐτολιπαίνομένου ἔδρανου ὀλισθήσεως.

35·4 Πυροσυσσωμάτωσις.

Μετὰ τὴν φάσιν τῆς συμπίεσεως, τὸ συμπίεσμα ὑφίσταται πυροσυσσωμάτωσιν.

Ἡ πυροσυσσωμάτωσις, ὅπως προηγουμένως ἀνεφέραμεν, σύγκειται εἰς τὴν θέρμανσιν τοῦ συμπιέσματος εἰς ὥρισμένην θερμοκρασίαν καὶ ἐπὶ ὥρισμένον χρόνον ἀναλόγως τῶν συστατικῶν τοῦ κονιομεταλλουργικοῦ κράματος.

Τὰ αὐτολιπαῖνόμενα ἔδρανα ὀλισθήσεως π.χ. ἀπαιτοῦν κατεργασίαν ὀλίγων λεπτῶν εἰς 820⁰ C, ἐνῷ τὰ σκληρομέταλλα μὲ καρβίδια ἀπαιτοῦν θέρμανσιν μέχρι δύο ὥρῶν εἰς θερμοκρασίαν 1350⁰ C ἕως 1500⁰ C.

Διὰ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν τοῦ βολφραμίου ἀπαιτεῖται ἀκόμη ὑψηλοτέρα θερμοκρασία, δηλαδὴ περίπου 1600⁰ C.

Μὲ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν ἐπιτυγχάνεται ἰσχυροτέρα σύνδεσις τῶν τεμαχιδίων τοῦ συμπιέσματος παρὰ μὲ τὴν συμπίεσιν (παράγρ. 35 · 3), ἐλαττώνεται τὸ πορῶδες του καὶ αὐξάνεται τὸ εἰδικόν του βάρος.

Οἱ κλίβανοι πυροσυσσωματώσεως εἶναι συνήθως ἡλεκτρικοί. Εἶναι δυνατὸν ὅμως νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ κλίβανοι πετρελαίου ἢ ἀερίου. Εἰς περιπτώσεις μεγάλου ἀριθμοῦ τεμαχίων πρὸς πυροσυσσωμάτωσιν ἔνδεικνυται ἡ χρησιμοποίησις κλιβάνων μεταφορικῆς ταινίας.

Ἐπίσης, ἀπαιτεῖται αὐστηρὸς ἔλεγχος τῆς θερμοκρασίας τοῦ κλιβάνου.

Ἐπειδὴ ἡ σύνδεσις τῶν τεμαχιδίων τῆς κόνεως μεταξύ των ἐμποδίζεται ἀπὸ τυχὸν ξένας οὐσίας, ποὺ ἐπικάθηνται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας των, ὅπως π.χ. ὁξείδια, πρέπει νὰ καταβάλλεται κάθε προσπάθεια ἀποφυγῆς δημιουργίας των. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν, ὁ κλίβανος πρέπει νὰ εἶναι στεγανὸς καὶ νὰ δημιουργῆται ἐντὸς αὐτοῦ προστατευτικὴ ἀναγωγικὴ ἀτμόσφαιρα ὑδρογόνου ἢ μονοξειδίου τοῦ ἄνθρακος. Ἡ ἀναγωγικὴ αὐτὴ ἀτμόσφαιρα δὲν ἐπιτρέπει τὴν διατήρησιν ἢ τὸν σχηματισμὸν ὁξειδίων εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν τεμαχιδίων τῆς κόνεως.

Τὸ λαμβανόμενον μετὰ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν κεραμευτικὸν κράμα ἔχει μηχανικὰς ἴδιότητας, ποὺ πλησιάζουν τὰς ἴδιότητας τοῦ ἀντιστοίχου συμπαγοῦς κράματος, τὸ ὅποιον προκύπτει διὰ τήξεως τῶν συστατικῶν του.

35 · 5 Δευτερεύουσαι φάσεις τῆς Κονιομεταλλουργίας.

Διὰ πολλὰ προϊόντα τῆς κονιομεταλλουργίας ἀπαιτεῖται με-

γάλη άκριβεια τῶν διαστάσεων, ὥπως π.χ. διὰ τὰ αὐτολιπαίνομενα ἔδρανα ὀλισθήσεως. Ἡ πυροσυσσωμάτωσις ὅμως προκαλεῖ, ὥπως εἶναι φυσικόν, μεταβολὰς εἰς τὰς διαστάσεις τοῦ τεμαχίου ἢ καὶ στρέβλωσιν καὶ ως ἐκ τούτου συνήθως γίνεται τελικὴ κατεργασία τοῦ τεμαχίου, διὰ νὰ τοῦ δοθοῦν αἱ τελικαὶ ἄκριβεις του διαστάσεις. Ἡ τελικὴ αὐτὴ κατεργασία εἶναι δυνατὸν νὰ εἶναι κοπή, λείανσις, ἀμμοβολὴ κ.λπ.

Δι’ ἐφαρμογάς, ὥπου ἀπαιτεῖται μεγαλυτέρα πυκνότης τοῦ προϊόντος ἐν συνδυασμῷ καὶ μὲ ἄκριβεστέρας διαστάσεις, ἡ πυροσυσσωμάτωσις ἀκολουθεῖται ἀπὸ ψυχρηλασίαν γνωστὴν ως ἀνασυμπίεσις ἢ τύπωσις (σχ. 12·α).

Ἡ θέρμανσις πρὸς πυροσυσσωμάτωσιν εἶναι δυνατὸν νὰ διακοπῇ εἰς μίαν ἐνδιάμεσον θερμοκρασίαν. Τοῦτο εἶναι γνωστὸν ως προπυροσυσσωμάτωσις. Μετὰ τὴν κατεργασίαν αὐτὴν τὸ τεμάχιον ἔχει καλὴν κατεργαστικότητα καὶ ἔτσι εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποστῆ τὰς ἀπαιτουμένας κατεργασίας μορφοποιήσεώς του, αἱ ὅποιαι δὲν καθίστανται ἐφικταὶ μετὰ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν, λόγω τῆς μεγάλης σκληρότητος ποὺ ἀποκτᾶ τὸ τεμάχιον.

Εἰς ἄλλας περιπτώσεις ἐκτελεῖται ἀναπυροσυσσωμάτωσις μετὰ τὴν ἀνασυμπίεσιν μὲ σκοπὸν τὴν βελτίωσιν τῶν μηχανικῶν ἰδιοτήτων τοῦ προϊόντος.

Εἰς τὰ αὐτολιπαίνομενα ἔδρανα ὀλισθήσεως ἐκτελεῖται, μετὰ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν, ὁ λεγόμενος ἐμποτισμὸς πρὸς βελτίωσιν τῶν ἀντιτριβικῶν ἰδιοτήτων των. Διὰ τοῦ ἐμποτισμοῦ πληροῦνται μὲ λιπαντικὸν οἱ πόροι τοῦ ἔδρανου. ‘Ο ἐμποτισμὸς δι’ ἐλαίου ἐκτελεῖται δι’ ἐμβαπτίσεως τῶν τεμαχίων ἐντὸς δοχείου θερμοῦ ἐλαίου ἢ δι’ ἀφαιρέσεως τοῦ ἀέρος τῶν πόρων τῶν ἔδρανων ἐντὸς κενοῦ καὶ ἀκολούθως διὰ συμπιέσεως ἐλαίου ἐντὸς τῶν πόρων. ‘Ως λιπαντικὰ δι’ ἐμποτισμὸν δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἐπίσης ὁ κηρός, λίπη, ώς καὶ μέταλλα ἢ κράματα χαμηλοῦ σημείου τήξεως, ὥπως εἶναι ὁ μόλυβδος, ὁ κασσίτερος καὶ ἄλλα.

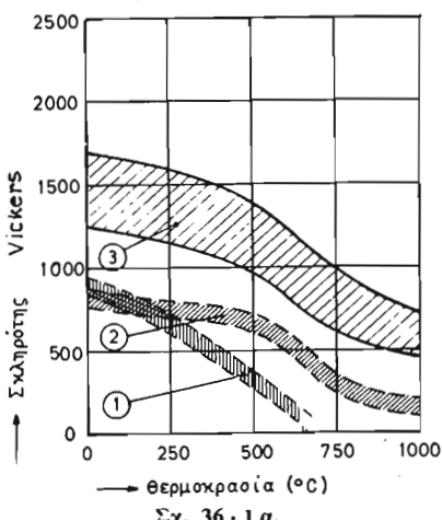
ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΗΣ ΚΟΝΙΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ

36 · 1 Τὰ σκληρομέταλλα μὲ καρβίδια ἢ σκληρομέταλλα.

1) Παραγωγὴ τῶν σκληρομετάλλων.

Μέχρι τώρα ἔχομεν συναντήσει ως ύλικὰ κατάλληλα δι’ ἐργαλεῖα κοπῆς τούς κοινούς χάλυβας ἐργαλείων [παράγρ. 21 · 3 (Α)] καὶ τοὺς ταχυχάλυβας [παράγρ. 21 · 3 (Ε)], τῶν ὅποιων ἔχομεν μελετήσει τὰς ιδιότητας καὶ τὰς βιομηχανικὰς χρήσεις.

Ἡ Κονιομεταλλουργία μᾶς δίδει καὶ ἄλλο, τρίτον ύλικόν, κατάλληλον βασικῶς δι’ ἐργαλεῖα κοπῆς καὶ κατὰ δεύτερον λόγον δι’ ὡρισμένας μήτρας διαμορφώσεως, τὰ σκληρομέταλλα.



Καμπύλαι σκληρότητος - θερμοκρασίας διὰ διάφορα ύλικά ἐργαλείων κοπῆς:
1) Κοινοὶ χάλυβες ἐργαλείων. 2) Ταχυχάλυβες. 3) Σκληρομέταλλα.

ταχυχάλυβες καὶ τὰ σκληρομέταλλα μὲ κριτήριον τὴν σκληρότητα, τὴν ὅποιαν παρουσιάζουν συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας κοπῆς. Καὶ τοῦτο,

Τὰ σκληρομέταλλα, ως ἐργαλεῖα κοπῆς, πλεονεκτοῦν σημαντικῶς ἐναντὶ τῶν ταχυχάλυβων.

Ἐτσι, μὲ χρησιμοποίησιν τῶν σκληρομετάλλων εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἰς τὴν πρᾶξιν πολὺ ὑψηλότεραι ταχύτητες κοπῆς, ἀπὸ ἐκείνας αἱ ὅποιαι χρησιμοποιοῦνται μὲ τοὺς ταχυχάλυβας καὶ συνεπῶς ἡ κοπὴ νὰ ἐκτελεσθῇ ἀποδοτικώτερον.

Εἰς τὸ σχῆμα 36 · 1 α συγκρίνονται τὰ ἀναφερθέντα τρία ύλικά ἐργαλείων κοπῆς, δηλαδὴ οἱ κοινοὶ χάλυβες ἐργαλείων, οἱ

διότι, ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει εἰς τὴν παράγραφον 21·3, ἡ θερμοκρασία κοπῆς αὐξάνεται μὲ αὔξησιν τῆς ταχύτητος κοπῆς καὶ συνεπῶς τὸ ἐργαλεῖον, τὸ ὅποιον διατηρεῖ τὴν σκληρότητά του εἰς ύψηλάς θερμοκρασίας, θὰ τὴν διατηρῇ καὶ εἰς ύψηλάς ταχύτητας κοπῆς.

’Απὸ τὰς καμπύλας τοῦ σχήματος 36·1 α παρατηροῦμεν, ὅτι εἰς θερμοκρασίαν π.χ. 500⁰ C ὁ κοινὸς χάλυψ ἐργαλείων κοπῆς (Πίναξ 21·3·1) παρουσιάζει σκληρότητα κυμαινομένην ἀπὸ 285 μέχρι 420 Vickers μόνον, ὁ ταχυχάλυψ ἀπὸ 620 μέχρις 775 Vickers, ἐνῶ τὸ σκληρομέταλλον ἀπὸ 970 μέχρι 1400 Vickers κατὰ προσέγγισιν.

’Απὸ τὴν σύγκρισιν αὐτὴν καταφαίνεται ἡ ύπεροχὴ τῶν σκληρομετάλλων ὡς ἐργαλείων κοπῆς.

Τὰ σκληρομέταλλα συνήθως ἀποτελοῦνται ἀπὸ καρβίδια τοῦ βιολφραμίου, τοῦ τιτανίου, τοῦ τανταλίου ἢ καὶ τοῦ νιοβίου, τὰ ὅποια συνδέονται μεταξύ των μὲ κοβάλτιον ἢ νικέλιον. Τὸ εἶδος τῶν καρβίδιων, αἱ ἀναλογίαι των καὶ ἡ συνδετικὴ ὑλὴ ἐκλέγονται ἀναλόγως τῆς χρήσεως τοῦ σκληρομετάλλου.

Κατωτέρω θὰ περιγράψωμεν χάριν ἀπλότητος τὰς φάσεις παραγωγῆς σκληρομετάλλου μὲ καρβίδιον τοῦ βιολφραμίου καὶ μὲ κοβάλτιον ὡς συνδετικὴν ὑλὴν.

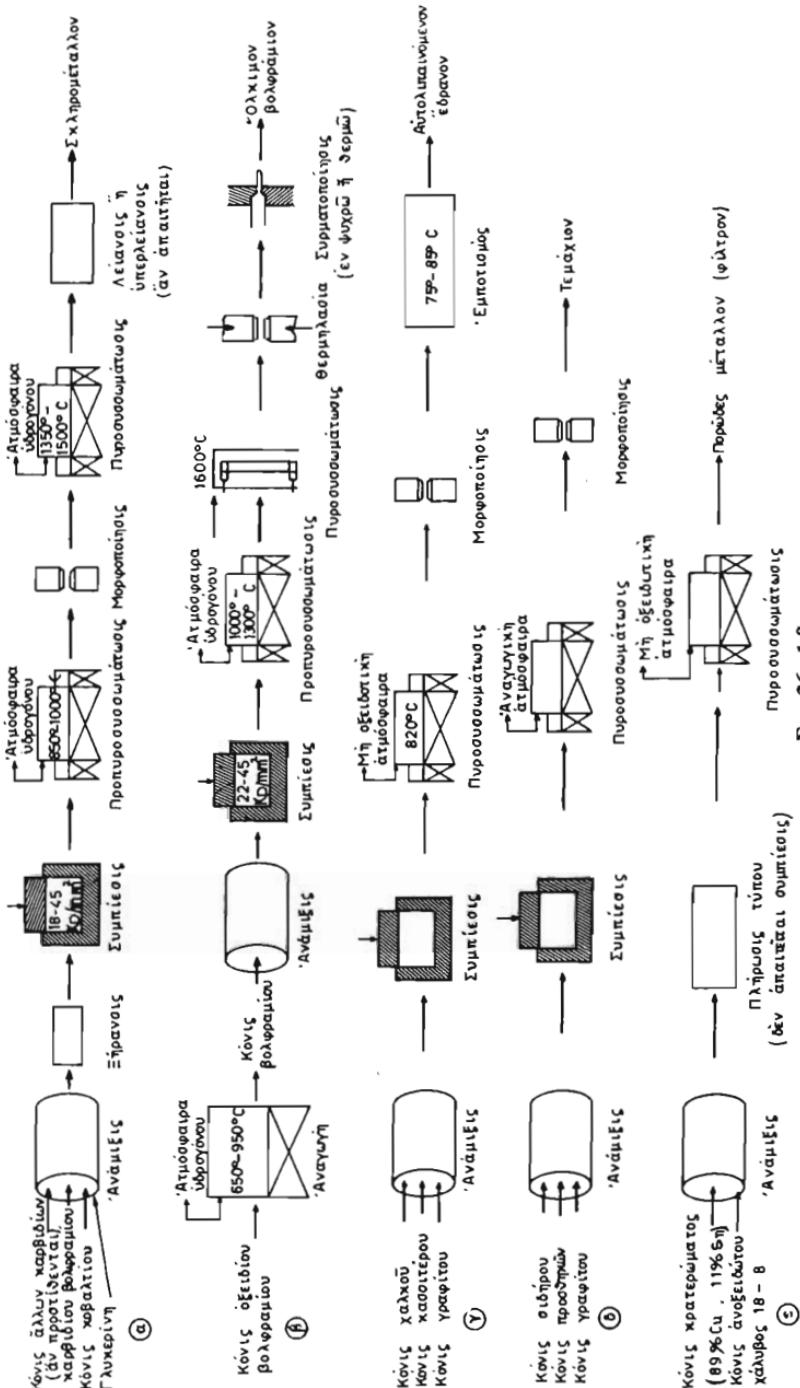
Αἱ φάσεις, ποὺ ἀκολουθοῦνται κατὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ σκληρομετάλλου αὐτοῦ, δίδονται εἰς τὸ σχῆμα 36·1 β (α).

’Αρχικῶς λαμβάνομεν μεταλλικὰς κόνεις τοῦ βιολφραμίου καὶ τοῦ κοβαλτίου διὰ θερμάνσεως καὶ ἀναγωγῆς (παράγρ. 35·1) ὀξειδίου τοῦ βιολφραμίου καὶ ὀξειδίου τοῦ κοβαλτίου ἀντιστοίχως εἰς ρεῦμα ὑδρογόνου.

’Η κόνις τοῦ βιολφραμίου ἀκολούθως ἀναμιγνύεται μὲ αἰθάλην καὶ εἰς τὴν ἀναλογίαν ποὺ χρειάζεται, διὰ νὰ δώσουν μαζὶ καρβίδιον τοῦ βιολφραμίου, τὸ ὅποιον καὶ λαμβάνεται μετὰ θέρμανσιν ἐπὶ δύο ὥρας εἰς οὐδετέραν ἀτμόσφαιραν. Τὸ λαμβανόμενον καρβίδιον τοῦ βιολφραμίου λειοτριβεῖται κατόπιν, ὥστε τὰ τεμαχίδια τῆς κόνεως ποὺ προκύπτει νὰ ἔχουν μέγεθος 20 μμ (μικρά).

’Η κόνις τοῦ καρβίδιου τοῦ βιολφραμίου ἀναμιγνύεται ἀκολούθως μὲ τὴν κόνιν τοῦ κοβαλτίου. Εἰς τὸ μήγμα αὐτὸν προστίθεται καὶ μικρὰ ποσότης γλυκερίνης, ποὺ ύποβοηθεῖ τὴν συμπίεσιν του.

’Η συμπίεσις τοῦ μίγματος, μετὰ ἀπὸ ξήρανσιν, γίνεται εἰς



Σχ. 36. 1 β.

Τυπικά διαγράμματα ροής διεισδύοντα τάς φάσεις της Κονιομεταλλουργίας κατά την παραγωγή: α) Σκληρηματάλους καρφίδιου του βιολοφρασίου - κοβαλτίου. β) Πυριμέχου μετάλλου - βιολοφρασίου. γ) Αυτολιπατισμένου έδρανου διαστήσεως χαλκού - κασστέρου. δ) Σιδηρούχων τεμαχίων και ε) μεταλλικών φιλτρων.

μήτρας ἀπὸ κατάλληλον χάλυβα ἐργαλείων καὶ ὑπὸ πίεσιν 18 ἔως 45 kp/mm².

Τὸ συμπίεσμα ποὺ προκύπτει ἀποτελεῖ τὰ 2/3 τοῦ ἀρχικοῦ δύκου τοῦ μίγματος.

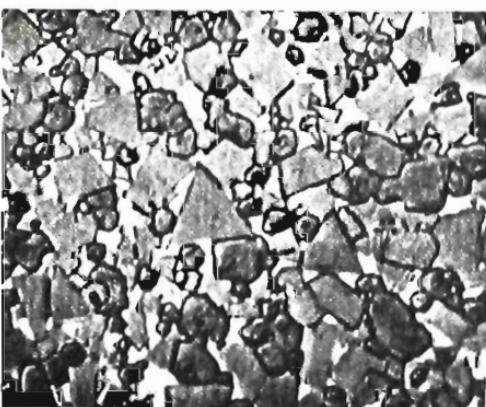
Ἄκολουθεὶ προπυροσυσσωμάτωσις εἰς 850⁰ C ἔως 1000⁰ C εἰς ἀτμόσφαιραν ὑδρογόνου. Τὸ λαμβανόμενον προϊὸν κατὰ τὴν φάσιν αὐτὴν εἶναι ἀρκετὰ ἀνθεκτικόν, ὥστε νὰ ὑποστῆ κατεργασίαν εἰς ἐργαλειομηχανὰς καὶ νὰ λάβῃ τὴν μορφὴν ποὺ χρειάζεται. Κατὰ τὴν κατεργασίαν αὐτὴν δίδονται αἱ ἀναγκαῖαι ἀνοχαὶ τῶν διαστάσεων τοῦ τεμαχίου, ἀφοῦ ληφθοῦν ὑπ' ὄψιν αἱ μεταβολαὶ εἰς τὰς διαστάσεις του, αἱ ὅποιαι θὰ προκύψουν μετὰ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν.

Ἡ πυροσυσσωμάτωσις γίνεται εἰς ἡλεκτρικὸν κλίβανον, κυλινδρικῆς μορφῆς συνήθως, διὰ τοῦ ὅποιου ἐμφυσᾶται ξηρὸν ὑδρογόνον. Ὁ χρόνος τῆς πυροσυσσωματώσεως

ἀνέρχεται εἰς 90 min καὶ ἡ θερμοκρασία της κυμαίνεται ἀπὸ 1350⁰ C μέχρι 1500⁰ C. Μετὰ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν τὰ τεμάχια ἀφήνονται



(a)



(b)

Σχ. 36·1 γ.

Μικροφωτογραφίαι σκληρομετάλλων. Μεγέθυνσις 1500. α) Καρβιδίου βολφραμίου - κοβαλτίου. β) Καρβιδίου βολφραμίου, καρβιδίων τανταλίου, τιτανίου - κοβαλτίου.

νὰ ἀποψυχθοῦν ἡρέμως μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

Ἐν τέλει, τὰ σκληρομέταλλα ύψιστανται τελικὴν κατεργασίαν διὰ λειάνσεως ἢ ὑπερλειάνσεως, ἂν ἀπαιτήται, καὶ εἶναι ἔτοιμα πρὸς διοχέτευσιν εἰς τὸ ἐμπόριον.

Ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ σκληρομετάλλων φαίνεται εἰς τὰς μικροφωτογραφίας τοῦ σχήματος 36 · 1 γ.

2) Ἰδιότητες καὶ χρήσεις τῶν σκληρομετάλλων.

Χαρακτηριστικαὶ ἰδιότητες τῶν σκληρομετάλλων ἀναφέρονται εἰς τὸν Πίνακα 36 · 1 · 1.

Συμφώνως πρὸς τὴν τυποποίησιν DIN 4990, τὰ σκληρομέταλλα ὡς ἐργαλεῖα κοπῆς κατατάσσονται εἰς τρεῖς κυρίας κατηγορίας, ποὺ συμβολίζονται μὲ τὰ γράμματα P, M καὶ K καὶ ποὺ ἔχουν ὡς διακριτικὸν χρῶμα τὸ κυανοῦν, τὸ κίτρινον καὶ τὸ ἐρυθρὸν ἀντιστοίχως.

Τὰ σκληρομέταλλα τῆς κατηγορίας P χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατεργασίαν κυρίως χαλύβων καὶ χυτοχαλύβων.

Τὰ σκληρομέταλλα τῆς κατηγορίας M χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατεργασίαν χάλυβος, χυτοχάλυβος, ὥστενιτικῶν χαλυβοκραμάτων, εἰδικῶν χυτοσιδήρων, μαλακτικοποιημένων χυτοσιδήρων καὶ χυτοσιδήρου σφαιροειδοῦς γραφίτου.

Τέλος, τὰ σκληρομέταλλα τῆς κατηγορίας K χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατεργασίαν φαιοῦ χυτοσιδήρου, μαλακτικοποιημένων χυτοσιδήρων, βαμμένων χαλύβων, μὴ σιδηρούχων μετάλλων καὶ κραμάτων, πλαστικῶν καὶ ξύλου.

Αἱ ποιότητες τῶν σκληρομετάλλων κάθε κατηγορίας χαρακτηρίζονται ἀπὸ τοὺς διψηφίους ἀριθμοὺς (ἀριθμοὺς ποιότητος) 01, 10, 20, 25, 30, 40, 50 διὰ τὴν κατηγορίαν P, ἀπὸ τοὺς 10, 20, 30 διὰ τὴν κατηγορίαν M καὶ ἀπὸ τοὺς 01, 05, 10, 20, 30, 40 διὰ τὴν κατηγορίαν K.

Ἐλάττωσις αὐτῶν τῶν ἀριθμῶν ποιότητος ἀπὸ 50 εἰς 01 (κατηγορία P), ἀπὸ 30 εἰς 10 (κατηγορία M) καὶ ἀπὸ 40 εἰς 01 (κατηγορία K) σημαίνει αὔξησιν τῆς σκληρότητος καὶ τῆς ἀντοχῆς εἰς φθορὰν τοῦ σκληρομετάλλου (αὔξησις τῆς ταχύτητος κοπῆς) καὶ πτῶσιν τῆς δυσθραυστότητός του, ποὺ συνεπάγεται ἐλάττωσιν τῆς ταχύτητος προώσεων. Ἀντιθέτως, αὔξησις τῶν ἀριθμῶν ποιότητος σημαίνει αὔξησιν τῆς δυσθραυστότητος καὶ πτῶσιν τῆς σκληρότητος καὶ τῆς ἀντοχῆς εἰς φθορὰν τοῦ σκληρομετάλλου.

‘Ο άναφερθείς ρόλος, πού παίζουν οι άριθμοί ποιότητος, δεικνύεται παραστατικώς διά τῶν βελῶν 1 καὶ 2 εἰς τὸν Πίνακα 36·1·1.

Π Ι Ν Α Ξ 36·1·1

Τυποποιήσις και ίδιοτητες τῶν σκληρομετάλλων

Τυποποιήσις κατὰ DIN 4990			Χημική σύνθεσις [%] περίπου			Άλλαι ίδιοτητες		
Κατηγορία	Ποιότητες	Διακριτικὸν χρῶμα	Καρβίδιον Βολφραμίου	Καρβίδιον Ταγτανίου	Καρβίδιον Τανταλίου	Κορδόπιον	Σκληρότης κατὰ Vickers	Πυκνότης [g cm ⁻³]
P	P01 ₃	Κυανοῦν	51	43	6	1800	8,5	
	P10		65	26	9	1600	10,7	
	P20		76	14	10	1500	11,9	
	P25		70	20	10	1450	12,5	
	P30 _{1 2}		82	8	10	1450	13,1	
	P40		74	12	14	1350	12,6	
	P50		67	15	18	1250	12,4	
M	M10 _{1 2}	Κίτρινον	84	10	6	1700	13,1	
	M20		82	10	8	1550	13,3	
	M30		79	6	15	1300	13,6	
	K01		92	4	4	1800	15,0	
	K05		91	3	6	1750	14,5	
K	K10		92	2	6	1650	14,8	
	K20 _{1 2}	'Ερυθρὸν	92	2	6	1550	14,8	
	K30		91	—	9	1400	14,6	
	K40		88	—	12	1300	14,3	
<p>Κατὰ τὴν φορὰν τοῦ τόξου 1: Αὔξησις σκληρότητος, ἀντοχῆς εἰς φθοράν, ταχύτητος κοπῆς. Ἐλάττωσις τῆς δυσθραυστότητος.</p> <p>Κατὰ τὴν φορὰν τοῦ τόξου 2: Αὔξησις δυσθραυστότητος, ταχύτητος προώσεως. Ἐλάττωσις σκληρότητος, ἀντοχῆς εἰς φθοράν, ταχύτητος κοπῆς.</p>								

36·2 Άλλαι έφαρμογαι της Κονιομεταλλουργίας.

Εἰς τὸ σχῆμα 36·1 β δίδονται αἱ φάσεις ποὺ ἀκολουθοῦνται, καθὼς ἐπίσης καὶ ἄλλα στοιχεῖα κατεργασίας διά τὴν παραγωγὴν τῶν ἔξης τυπικῶν προϊόντων τῆς Κονιομεταλλουργίας, ἐκτὸς τῶν

σκληρομετάλλων, τῶν ὁποίων τὴν παραγωγὴν λεπτομερῶς περιεγράψαμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον:

- α) Τοῦ πυριμάχου μετάλλου βολφραμίου [σχ. 36 · 1 β(β)].
 - β) Τῶν αύτολιπαινομένων ἐδράνων χαλκοῦ - κασσιτέρου [σχ. 36 · 1 β(γ)].
 - γ) Τῶν σιδηρούχων ποικίλων τεμαχίων [σχ. 36 · 1 β(δ)] καὶ
 - δ) τῶν μεταλλικῶν φίλτρων [σχ. 36 · 1 β(ε)].
-

ΜΕΡΟΣ ΔΩΔΕΚΑΤΟΝ

ΣΥΝΘΕΤΙΚΑΙ ΥΛΑΙ (ΠΛΑΣΤΙΚΑ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 37

ΑΙ ΣΥΝΘΕΤΙΚΑΙ ΥΛΑΙ

37.1 Γενικά.

Κατὰ τὸν Α' Παγκόσμιον πόλεμον παρουσιάσθη εἰς ὡρισμένας ἐμπολέμους χώρας (κεντρικὰς αὐτοκρατορίας) ἔλλειψις ὡρισμένων χρησιμωτάτων φυσικῶν πρώτων ύλῶν (ὡς π.χ. τὸ φυσικὸν καουτσούκ). 'Υπῆρξεν ἐπομένως ἄμεσος ἀνάγκη νὰ ἀντικατασταθοῦν αἱ ἔλλείπουσαι φυσικαὶ διὰ συνθετικῶν ύλῶν, ίκανῶν νὰ τὰς ἀντικαταστήσουν. Οὕτω παρεσκευάσθη εἰς βιομηχανικὴν κλίμακα τὸ τεχνητὸν καουτσούκ (Buna).

'Η ἀνάγκη αὐτὴ ἐνεφανίσθη ἀκόμη μεγαλυτέρα κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ Β' Παγκοσμίου πολέμου.

'Η προσπάθεια ὅμως αὐτὴν τὴν φορὰν δὲν ἀπέβλεπεν εἰς τὴν παρασκευὴν ύλῶν πρὸς ὑποκατάστασιν φυσικῶν πρώτων ύλῶν μόνουν, ἀλλὰ καὶ εἰς τὴν παρασκευὴν νέων σωμάτων μὲ προκαθωρισμένας φυσικὰς καὶ τεχνολογικὰς ἰδιότητας, αἱ ὁποῖαι κατὰ κανόνα δὲν ἀπαντῶνται εἰς τὰ φυσικὰ προϊόντα. Τὰς ἰδιότητας αὐτὰς τῶν νέων σωμάτων ἐπέβαλον αἱ ἀνάγκαι τῆς τεχνικῆς ἔξελίξεως.

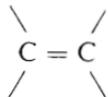
"Ετσι ἐδημιουργήθησαν νέαι ούσιαι, αἱ ὁποῖαι καθ' ἡμέραν αὐξάνονται. Εἰς τὰς ούσιας αὐτὰς ἐδόθησαν αἱ ὀνομασίαι συνθετικαὶ ύλαι, ρητίναι, πλαστικὰ ἢ πολυμερῆ.

Καμμία ἐκ τῶν ἀνωτέρω ὄνομασιῶν δὲν καλύπτει τὸ σύνολον τῶν προϊόντων, αἱ δύο ὅμως τελευταῖαι (πλαστικὰ ἢ πολυμερῆ) καλύπτουν τὰς περισσότερας τῶν τεχνητῶν ύλῶν ἀπὸ ἀπόψεως χημικῆς συνθέσεως καὶ τεχνολογικῶν ἰδιοτήτων.

Αἱ νέαι ούσιαι παράγονται ἀπὸ φυσικὰς ἢ συνθετικὰς ὄργανικὰς ἐνώσεις μικροῦ μοριακοῦ βάρους, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται γενικῶς μονομερεῖς ἐνώσεις, διὰ πολυμερισμοῦ ἢ πολυσυμπυκνώσεως ἢ πολυπροσθήκης τῶν ἐνώσεων αὐτῶν· διὰ τοῦτο ὠνομάσθησαν πολυμερῆ.

Αἱ μονομερεῖς ἐνώσεις, ὡς γνωρίζομεν ἐκ τῆς Ὀργανικῆς Χημείας, εἶναι συνήθως ὑδρογονάνθρακες, ὁξέα, ἀλκοόλαι, ἀμīναι, κ.λπ.

Αἱ οὐσίαι αὗται περιέχουν εἰς τὸ μόριόν των διπλοῦς δεσμούς:



ἢ ὡρισμένας χαρακτηριστικὰς ὁμάδας ὡς τὰς $-COOH$, $-OH$, $-NH_2$, κ.λπ., αἱ ὅποιαι καὶ παρέχουν τὴν δυνατότητα πολυμερισμοῦ πρὸς σχηματισμὸν μεγαλομοριακῶν ἐνώσεων, δηλαδὴ ἐνώσεων μὲ πολὺ μεγάλον μοριακὸν βάρος.

37 · 2 Ὑποδιαιρεσίς τῶν συνθετικῶν ὄλων.

A. Ὑποδιαιρεσίς ἀναλόγως τῆς χημικῆς δομῆς.

Αἱ συνθετικαὶ ὄλαι, ἀναλόγως τῆς χημικῆς των δομῆς, δύνανται νὰ διακριθοῦν εἰς συνθετικὰς ὄλας μὲ βάσιν: φαινόλας, κρεζόλας, φορμαλεύδην, ούριαν - φορμαλεύδην· παράγωγα αἰθυλενίου, προπυλενίου βουταδιενίου, στυρενίου· παράγωγα ὄργανικῶν ὁξέων, φυσικὸν καὶ συνθετικὸν καουτσούκ, σιλικόνας· παράγωγα κυτταρίνης· παράγωγα πρωτεΐνῶν.

B. Ὑποδιαιρεσίς ἀναλόγως τοῦ εἰδους τῆς χημικῆς ἀντιδράσεως, διὰ τῆς δομῆς σχηματίζονται αἱ συνθετικαὶ ὄλαι.

Αἱ συνθετικαὶ ὄλαι ἀναλόγως τοῦ χημικοῦ τρόπου σχηματισμοῦ των ὑποδιαιροῦνται εἰς συνθετικὰς ὄλας: ἐκ πολυσυμπυκνώσεως, ἐκ πολυμερισμοῦ καὶ ἐκ πολυπροσθήκης.

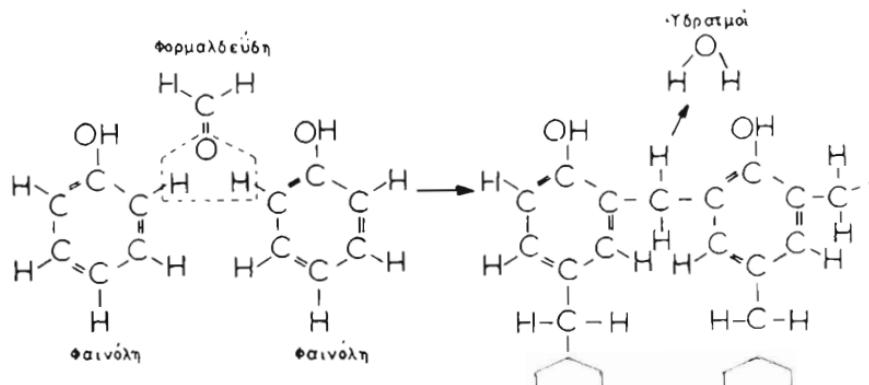
α) Πολυσυμπύκνωσις.

Πολυσυμπύκνωσις σημαίνει σύνδεσιν πολλῶν μικρῶν μορίων μιᾶς χημικῆς ἐνώσεως πρὸς ἔνα πολὺ μεγάλον σύμπλοκον μόριον διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως μορίων μιᾶς ἄλλης ἐνώσεως ὡς συνδετικοῦ κρίκου. Κατὰ τὴν πολυσυμπύκνωσιν ἀποσπῶνται ἄτομα καὶ ἀπὸ τὰ δύο εἴδη τῶν μορίων· τὰ ἄτομα αὗτὰ σχηματίζουν νέαν χημικὴν ἐνωσιν, ἡ ὅποια ἐκλύεται, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, ὑπὸ μορφὴν ἀερίου (σχ. 37 · 2 α), π.χ. ὕδωρ ὑπὸ μορφὴν ὑδρατμῶν.

β) Πολυμερισμός.

Πολυμερισμὸς εἶναι ἡ ἀπ' εύθείας ἐνωσις πολλῶν μικρῶν ὁμι-

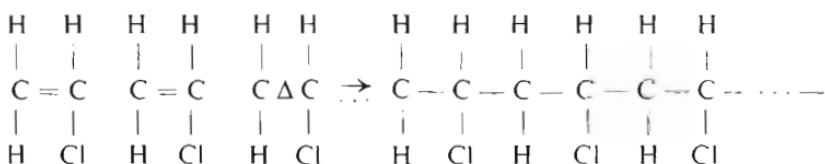
ειδῶν μορίων πρὸς πολὺ μεγάλα μόρια. Κατὰ τὸν πολυμερισμὸν δὲν ἀποσπᾶνται ἄλλαι ἐνώσεις ως εἰς τὴν πολυσυμπύκνωσιν. Ἡ διαδικασία τοῦ πολυμερισμοῦ ἐπιτυγχάνεται διὰ τοῦ ἀνοίγματος τοῦ διπλοῦ δεσμοῦ, ως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 37·2 β.



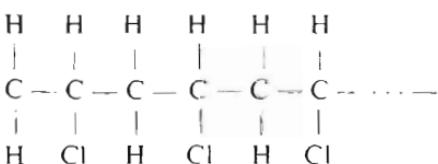
Σχ. 37·2 α.

Συμπύκνωσις φαινόλης καὶ φορμαλδεύδης πρὸς βακελίτην.

Βινυλοχλωρίδιον



Πολυβινυλοχλωρίδιον



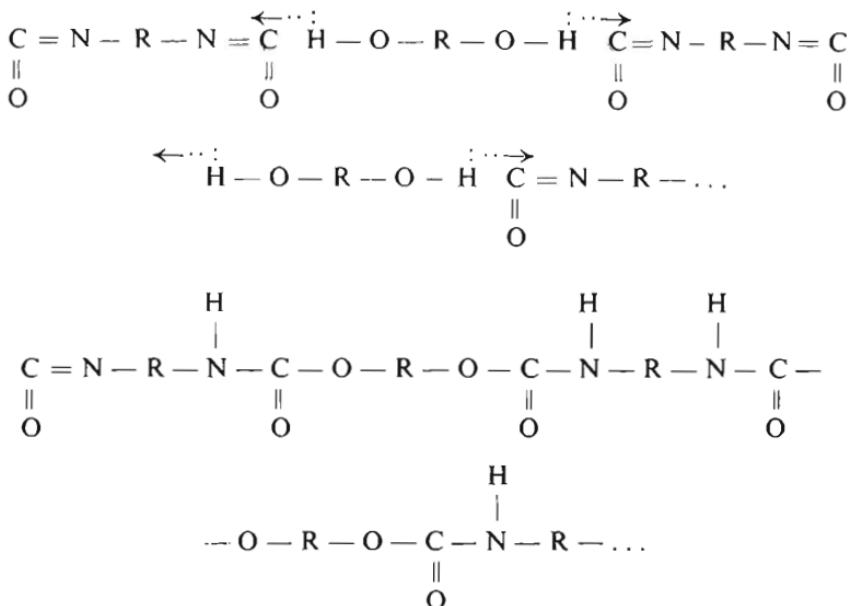
Σχ. 37·2 β.

Πολυμερισμὸς βινυλοχλωρίδιου πρὸς πολυβινυλοχλωρίδιον.

γ) Πολυπροσθήκη.

Πολυπροσθήκη εἶναι τρόπος χημικῆς ἀντιδράσεως, κατὰ τὸν ὃποῖον σχηματίζονται μεγαλομοριακαὶ ἐνώσεις, χωρὶς ὅμως καὶ ἑδῶ νὰ ἀποσπασθοῦν ἄλλαι ἐνώσεις κατὰ τὸν σχηματισμὸν. Ἐπίσης ἡ σύνδεσις τῶν δομικῶν μορίων μεταξύ των δὲν ἐπιτυγχάνεται μόνον διὰ τοῦ ἀνοίγματος τῶν διπλῶν δεσμῶν (ώς συμβαίνει κατὰ τὸν πολυμερισμόν). Βασικὴ προϋπόθεσις, διὰ νὰ σχηματισθῇ ἔνα μεγαλομόριον διὰ πολυπροσθήκης, εἶναι ἡ ἄλλαγὴ θέσεως ἀτόμων ὑδρο-

γόνου ύπο σύγχρονον ἀνοιγμα διπλῶν δεσμῶν. Τοῦτο φαίνεται σαφῶς εἰς τὸ σχῆμα 37·2 γ.



$\Sigma\gamma$, 37.2 γ .

Πολυπροσθήκη πολυϊσοκυανικής ένώσεως και πολυαλκοόλης πρὸς πολυουρεθάνην.

Γ. 'Υποδιαιρεσίς άναλόγως της ἐν τῷ χώρῳ δομῆς τοῦ μεγαλομορίου.



$\Sigma\chi$. 37 · 2 δ.

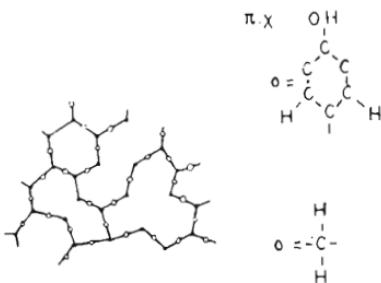
Μοριακή δομή: 'Ακανονίστως διατεταγμένα νηματοειδή μόρια προκαλούν θερμοπλαστικήν συμπεριφοράν (δομή τολύπης έσοιν).

‘Η ύποδιαίρεσις αύτή ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν ταξινόμησιν τῶν συνθετικῶν ύλῶν, ὅπως δείχνουν τὰ σχήματα 37 · 2 δ, ε καὶ στ., καὶ δίδει πολὺ καλὴν ἐποπτικὴν εἰκόνα δι’ ὅλας τὰς συνθετικὰς ύλας, διότι εἰς τὴν ἐν τῷ χώρῳ διάταξιν τῶν μεγαλομορίων τῶν συνθετικῶν ύλῶν ὁφείλονται αἱ χαρακτηριστικαὶ ιδιότητες αὐτῶν.

α) Νηματοειδῆ μεγαλομόρια.

Τὰ μόρια αὐτὰ δύνανται νὰ είναι συνδεδεμένα μεταξύ των κατὰ τελείως ἀκανόνιστον τρόπου, ὅπως αἱ Ἰνες μιᾶς τολύπης ἔριου (σχ. 37 · 2 δ) ή καὶ νὰ είναι ἐν μέρει ταξινομημένη.

να. Τὰ ὡς ἄνω μόρια ἔχουν πάντοτε θερμοπλαστικὰς ἴδιότητας, δηλαδὴ διὰ τῆς θερμάνσεως καθίστανται μαλακὰ καὶ εὔπλαστα, ὅταν



Σχ. 37·2 ε.

Μοριακή δομή: 'Η σύνδεσις όμάδων ἔξι ἀτόμων πρὸς ἕνα τρισδιάστατον πλέγμα δημιουργεῖ τὴν τελικήν κατάστασιν τῶν σκληρυνομένων συνθετικῶν ύλῶν.

δὲ ψυχθοῦν ἐκ νέου, καθίστανται σκληρά. 'Η ἴδιότης αὐτὴ τῶν μορίων νὰ μαλακώνουν διὰ θερμάνσεως καὶ νὰ καθίστανται σκληρά ἐκ νέου διὰ ψύξεως δὲν ύπόκειται εἰς περιορισμόν, δηλαδὴ τὰ σώματα δύνανται νὰ μαλακώνουν καὶ νὰ σκληρύνωνται ἀπεριορίστως.

β) Τρισδιάστατοι στερεοί σκελετοί.

'Η διάταξις τῶν ἀτόμων πρὸς τρισδιαστάτους στερεοὺς σκελετοὺς μορίων προκαλεῖ τὴν κατάστασιν τῶν σκληρυνομένων συνθετικῶν ύλῶν, δηλαδὴ συνθετικῶν ύλῶν, αἱ ὅποιαι θερμαϊνόμεναι καθίστανται εὔπλαστοι μέχρις ἐνὸς ὄριου καὶ δύνανται νὰ μορφοποιηθοῦν, ἀλλὰ διὰ περαιτέρω θερμάνσεως σκληρύνονται. 'Αφοῦ σκληρυνθοῦν αἱ συνθετικαὶ αὐταὶ ὑλαι, δὲν δύνανται διὰ νέας θερμάνσεως νὰ καταστοῦν ἐκ νέου πλαστικαί. 'Αν ἐπιμείνωμεν εἰς τὴν θερμανσιν, εἰναι δυνατὸν νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν ἀπανθράκωσιν τῆς συνθετικῆς αὐτῆς ύλης, ἀλλὰ οὐδέποτε θὰ τὴν καταστήσωμεν ἐκ νέου εὔπλαστον (σχ. 37·2 ε.).

γ) Δομὴ ἐν εἰδεί πλέγματος.

Τρίτον εἶδος δομῆς τοῦ μορίου είναι ἡ δομὴ ἐν εἰδῇ πλέγμα-

τος, ἡ ὅποια προέρχεται ἀπὸ τὴν σύνδεσιν μεμονωμένων θέσεων νηματοειδῶν μορίων. Ἡ δομὴ αὐτὴ εἶναι εύκόλως παραμορφώσιμος, εἶναι ὅμως συνεκτικὴ καὶ διὰ τοῦτο προκαλεῖ τὴν χαρακτηριστικὴν ἐλαστικότητα τοῦ καουτσούκ, τὸ ὅποιον ἔχει ύποστη βουλκανισμὸν (σχ. 37. 2 στ.).

37. 3 Διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῶν συνθετικῶν ὄλων.

Εἶναι γνωστὴ ἡ μεγάλη ποικιλία τῶν ἐφαρμογῶν τῶν πλαστικῶν εἰς τὴν τεχνικὴν ἐν γένει: παρατίθεται κατωτέρω συνοπτικὴ ἀπαρίθμησις τῶν κυριωτέρων τομέων ἐφαρμογῆς τῶν πλαστικῶν, διὰ νὰ δοθῇ πληρεστέρα εἰκών.

A. Ἀρχιτεκτονική.

Εἰς πολλὰς χώρας γίνεται ἡδη εύρυτάτη χρῆσις πλαστικῶν διὰ κατασκευὴν ἑτοίμων θυρῶν καὶ παραθύρων μὲ πολὺ καλυτέρας ιδιότητας ἀπὸ τὰ συνήθη ἐκ ξύλου καὶ μὲ ἀνταγωνιστικὸν κόστος.

B. Βιομηχανία ἡλεκτρικῶν καὶ ἡλεκτρονικῶν εἰδῶν.

Λόγω τῶν ἀρίστων διηλεκτρικῶν καὶ λοιπῶν σταθερῶν αὐτῶν, τὰ πλαστικὰ χρησιμοποιοῦνται εύρυτατα εἰς τὴν βιομηχανίαν ἡλεκτρικῶν καὶ ἡλεκτρονικῶν εἰδῶν διὰ μονώσεις, ἐπενδύσεις κ.λπ., ἀκόμη δὲ καὶ εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἀντιδραστῆρας.

Γ. Οἰκιακαὶ ἐφαρμογαὶ.

Τὰ πλαστικὰ χρησιμοποιοῦνται εύρυτατα ὡς ἔξαρτήματα εἰδῶν οἰκιακοῦ ἔξοπλισμοῦ δι' εἴδη λουτήρων, ἐπενδύσεις ἐπιφανειῶν ἐπίπλων, ταπετσαρίας, ύποκατάστασιν ξυλίνων τεμαχίων ἐπίπλων κ.λπ.

Δ. Τατρικαὶ ἐφαρμογαὶ.

Σήμερον εἶναι δυνατὴ ἡ ἀντικατάστασις ὀργάνων τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος διὰ τεχνητῶς κατεσκευασμένων ὀργάνων ἐξ εἰδικῆς ποιότητος πλαστικῶν.

Ἀναφέρεται π.χ. ἡ ἀντικατάστασις τμήματος τῆς ἀορτῆς διὰ τεχνητοῦ πλαστικοῦ τεμαχίου.

Ε. Συσκευασία.

Ἡ ἀλματώδης διάδοσις τῶν πλαστικῶν εἰς τὴν συσκευασίαν

συνέβαλεν εἰς τὴν διάδοσιν τῆς τυποποιήσεως τῶν ἀγαθῶν καὶ ἴδιως τῶν τροφίμων καθὼς καὶ τὴν ἔξαπλωσιν τῆς χρήσεως τῶν κατεψυγμένων τροφίμων.

ΣΤ. Ὑφάσματα.

Διὰ τοῦ νάυλον, τῶν πολυεστέρων καὶ τοῦ πλήθους τῶν διαφόρων συνδυασμῶν συνθετικῶν καὶ φυσικῶν ύφανσίμων ἵνῶν παράγονται ὑφάσματα μὲν ἴδιότητας καλυτέρας τῆς μετάξης καὶ τοῦ ἔριου καὶ μὲ πολὺ χαμηλὸν κόστος.

Ζ. Παιγνίδια καὶ Σπόρ.

Τὸ χαμηλὸν κόστος μορφοποιήσεως τῶν πλαστικῶν κατέστησε προσιτὰ καὶ εἰς τὰς οἰκονομικῶς ἀσθενεστέρας τάξεις τὰ παιγνίδια καὶ τὰ εῖδη σπόρ (ώς ρακέττας, βατραχοπέδιλα, καλάμια ψαρέματος κ.λπ.).

Η. Μεταφοραί.

‘Η διάδοσις τῶν πλαστικῶν εἰς τὴν βιομηχανίαν αύτοκινήτου, ἀεροπλάνου, εἰς τὴν ναυπηγικήν, εἰς τοὺς σιδηροδρόμους καὶ τὰ λοιπὰ μέσα μεταφορᾶς θὰ κατανοηθῇ καλύτερον εἰς τὸ ἐπόμενον κεφάλαιον, ὅπου ἔξετάζονται αἱ ἔφαρμογαι τῶν πλαστικῶν εἰς τὰς μηχανολογικὰς κατασκευάς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 38

ΑΙ ΣΥΝΘΕΤΙΚΑΙ ΥΛΑΙ ΔΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣ

38 · 1 Ὅποδιαίρεσις τῶν συνθετικῶν ύλων, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς.

Αἱ συνθετικαὶ ύλαι αἱ χρησιμοποιούμεναι διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς ύποδιαιροῦνται εἰς κατηγορίας ἀναλόγως: α) τοῦ σκοποῦ, διὰ τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται καὶ β) τοῦ τρόπου, μὲ τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται.

Διὰ τὴν ύποδιαιρέσιν αὐτὴν εἰς κατηγορίας ἀναλόγως τοῦ σκοποῦ λαμβάνονται ὑπ' ὅψιν βεβαίως αἱ διάφοροι ίδιότητες, τὰς ὁποίας παρουσιάζουν αἱ συνθετικαὶ ύλαι. Ἐπομένως διὰ τὰς ύλας π.χ. αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν βιομηχανίαν ἡλεκτρικῶν εἰδῶν λαμβάνομεν ὑπ' ὅψιν τὰς μηχανικὰς ίδιότητας, τὴν ἀντοχὴν εἰς τὰς διαφόρους θερμοκρασίας καὶ κυρίως τὰς ἡλεκτρικὰς ίδιότητάς των, ὡστε νὰ εἶναι κατάλληλοι διὰ τὸν σκοπὸν διὰ τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται.

Διὰ τὴν ύποδιαιρέσιν εἰς κατηγορίας ἀναλόγως τοῦ τρόπου χρησιμοποιήσεως ἔξετάζομεν ἃν αἱ ύλαι χρησιμοποιοῦνται ύπὸ μορφὴν καθαρᾶς συνθετικῆς ύλης ἢ ἐν ἀναμίξει μὲ ἄλλας ύλας· εἶναι δυνατὸν νὰ διαποτισθοῦν ταινίαι χάρτου ἢ ύφασματος ἢ νὰ ἐπιστρωθοῦν πλαστικαὶ ύλαι ἐπὶ καπλαμάδων ὁξυᾶς.

Διακρίνομεν ἐπομένως τὰς ἔξης κατηγορίας, ἀναλόγως τοῦ τρόπου χρησιμοποιήσεως:

- α) Καθαραὶ συνθετικαὶ ύλαι.
- β) Συνθετικαὶ ύλαι ἐν ἀναμίξει.
- γ) Συνθετικαὶ ύλαι εἰς στρώσεις.

38 · 2 Ἀναγνώρισις τοῦ εἰδους μιᾶς συνθετικῆς ύλης.

A. Ἐκ τῆς πυκνότητος.

'Ἐκ τῆς πυκνότητος εἰς g/cm^3 εἶναι δυνατὸν νὰ ἀναγνωρίσωμεν μίαν συνθετικὴν ύλην ὡς ἔξης:

Ἐως 1,0 : πολυπροπυλένιον, πολυαιθυλένιον, πολυϊσοβουτυλένιον, καουτσούκ ἄνευ ξένων προσθηκῶν ἐντὸς αὐτῶν.

1,0 ἔως 1,2: πολυστυρένιον ἀναμεμιγμένον μὲ ξένας ύλας, καουτσούκ, αἰθέρες κυτταρίνης, πολυμεθακρυλικαὶ ἐνώσεις, πολυανθρακικαὶ ἐνώσεις.

1,2 ἔως 1,4: πολυβιυσυλοχλωρίδιον, πολυβιυσυλεστέρες, εἴδη βακελίτου, βακελίται μετὰ ὄργανικῶν ύλῶν ἐμπλησμοῦ.

1,4 ἔως 1,5: πλαστικὰ οὐρίας μετὰ ὄργανικῶν ἐνώσεων ἐμπλησμοῦ.

1,5 ἔως 1,8: πεπιεσμέναι ύλαι μετὰ ἀνοργάνων ύλῶν ἐμπλησμοῦ, πολυβιυσυλιδενοχλωρίδιον, χλωριωμένον καουτσούκ.

1,8 ἔως 1,9: πολυεστερικαὶ ρητῖναι, ωπλισμέναι δι' ὑαλοβάμβακος, σιλικόναι μετὰ ὑφάσματος ἔξι ἵνῶν ύάλου.

ἄνω τοῦ 2,0: πολυτετραφθοριοαιθυλένιον, πολυτριφθοριομονοχλωριοαιθυλένιον.

B. Διὰ δοκιμῆς καύσεως.

Ἡ ἔξεταζομένη ύλη φέρεται κατ' ἀρχὰς εἰς τὴν φλόγα ἐνὸς λύχνου Bunsen καὶ παρατηρεῖται ἡ συμπεριφορά της κατὰ τὴν καῦσιν, δηλαδή, τὸ χρῶμα τῆς φλογός, ἡ ὀσμὴ κ.λπ. Ἡ συμπεριφορὰ αὐτὴ κατὰ τὴν καῦσιν συγκρίνεται πρὸς τὴν συμπεριφορὰν γνωστῶν προτύπων συνθετικῶν ύλῶν (νάυλον, πολυαιθυλένιον, βακελίτης κ.λπ.) καιομένων ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας εἰς τὸν λύχνον Bunsen.

Εἰς τὸν Πίνακα 38·2·1 δίδονται χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῆς καύσεως διαφόρων ἐκ τῶν συνηθεστέρων συνθετικῶν ύλῶν.

38·3 Ιδιότητες τῶν συνθετικῶν ύλῶν.

Εἰς τὸὺς Πίνακας 38·3·1 καὶ 2 παρέχονται αἱ τιμαὶ διαφόρων ιδιοτήτων τῶν πλαστικῶν. Αἱ τιμαὶ αὗται καθωρίσθησαν ὑπὸ ὡρισμένας προτύπους πειραματικὰς συνθήκας. Δέν εἰναι ὄρθον νὰ γίνεται ἀναγωγὴ τῶν ὡς ἄνω τιμῶν διὰ νὰ συγκριθοῦν πρὸς τιμάς, αἱ ὅποιαι λαμβάνονται ὑπὸ ἄλλας πειραματικὰς συνθήκας.

Αἱ συνθετικαὶ ύλαι, λόγω τῆς ἰκανότητός των νὰ προσροφοῦν καὶ νὰ συγκρατοῦν τὰ λιπαντικὰ ἔλαια, εἰς ώρισμένας περιπτώσεις είναι κατάλληλοι διὰ κατασκευὴν μὴ λιπαίνομένων ἐδράνων. "Ἐδρανα ἐλάστρων κατεσκευασμένα ἐκ συνθετικῶν ύλῶν συγκρινόμενα μὲ ἄλλα ἔξι ὄρειχάλκου ἔδωσαν ἄριστα ἀποτελέσματα (μακρότερος χρόνος ζωῆς, καλυτέρα ἀπόδοσις).

ΠΙΝΑΞ 38.2.1

Χαρακτηριστικά καύσεως συνθετικῶν ὑλῶν

Συνθετικὴ ὑλη	Ἴκανόττης ἀναφλέξεως	*Ομητ τῆς φλογὸς	Συμπεριφέρειας τῆς θετικῆς ὑλῆς	*Οσμὴ
συμπεπιεσμένον ὑλικὸν ἐκ φαινολητῆς ρητίνης	ἀναφλέγεται δυσκόλως, αὔτοσβένυσται	κιτρίνη	διογκοῦσται, σχίζεται	καρβονικοῦ δέξεος, διμούνιας
χαρτόνιον μετὰ ἐπιστρώσεως φαινολητῆς ρητίνης	ἀναφλέγεται μετρίως, συνεχίζει καύσεμον	κιτρίνη, αιθαλίουσα	διογκοῦσται, σχίζεται	καρβονικοῦ ὀξεοῦ, χάρτου
συμπεπιεσμένον ὑλικὸν ἐκ ρητίνης οὐρίας	ἀναφλέγεται δυσκόλως, ἀποσβένυσται	κιτρίνη μετὰ κυανοπρασίου περιθωρίου, λευκὴ τέφρα	διογκοῦσται, σχίζεται	οὐρίας καὶ ἀμμώνιας
συμπεπιεσμένον ὑλικὸν ἐκ ρητίνης μελανίης	ἀναφλέγεται δυσκόλως, ἀποσβένυσται	δυσκόλως, κιτρίνη	διογκοῦσται, σχίζεται	προσομοιάζουσα πρὸς τὴν τῆς οὐρίας
ρητίνη ἀνιλίνης	ἀναφλέγεται εύκόλως, συνεχίζει καύσεμον	κιτρίνη μετὰ σπινθήρων, αιθαλίουσα	μαλακώνει, ταῖ	ἀνιλίνης καὶ φορμαλ-δεύθης
ρητίνη πολυεστέρος	ἀναφλέγεται εύκόλως, συνεχίζει καύσεμον	κιτρίνην μετρίων, ἐντόνως αιθαλίουσα	μαλακώνει, σχίζεται	στυρεψίου καὶ καμένου λίπους
σκληρὸν ἐλαστικὸν	ἀναφλέγεται εύκόλως, συνεχίζει καύσεμον	ἐντόνως αιθαλίουσα, σχηματισμὸς σπινθήρων	διογκοῦσται, ἔξανθρακῶσται, ἀποβάλλει ἔλαιον	καμένου ἐλαστικοῦ
τεχνητὸν κέρας	ἀναφλέγεται δυσκόλως, ἀποσβένυσται	κιτρίνη, πεφρός καπνός	διογκοῦσται, ἔξανθρακώσται	καμένου κέρατος
πολυαμιθή	ἀναφλέγεται δυσκόλως, ἀποσβένυσται	κιτρίνης κορφῆς	τήκεται, στάζει μετὰ σηματισμοῦ φυσαλίδῶν, αἱ ὄποιαι εἰναι ἐξωδεῖς	προσομοιάζουσα πρὸς διστήν καμένου κέρατος
πολυουρεθάνη	ἀναφλέγεται εύκόλως, συνεχίζει καύσεμον	κυανίουσα μετὰ κιτρίνου περιθωρίου	στάζει, σηματίζουσα φυσαλίδης	λίαν δυσδέστος ἀποπνικτική (ἰσοκυανική, ἔνωσεις)

νιτρική κυπταρίνη	άναφλέγεται πολὺ εύκόλως, κατακαίεται ζωηρῶς συνεχίζεται κατόμενον	κιτρίνη σκοτεινή κιτρινή	κατακαίεται πλήρως τήκεται σταγόνες καί καίνται περαιτέρω	άσσμας καπνός δξικού δξεος
άκετοβουτυρική κυτταρίνη	άναφλέγεται μετρίως, συνεχίζεται κατόμενον	κιτρίνη φωτεινή αιθαλίζουσα	βουτυρικού δξέος καί καμένου χάρτου πικραμογόλλου καί καμένου χάρτου παραφίνης	βουτυρικού δξέος καί καμένου χάρτου πικραμογόλλου καί καμένου χάρτου παραφίνης
βισδυλοκυπταρίνη	άναφλέγεται εύκόλως, συνεχίζεται κατόμενον	φωτεινή αιθαλίζουσα	τήκεται μαλακώνει και στάζει	βισδυλοκυπταρίνης
πολυαιθυλενον και πολυπροπυλενον	άναφλέγεται εύκόλως, συνεχίζεται κατόμενον	εἰς τὸ κατώτερον μέρος κυανῆς, εἰς τὸ μέτερον κιτρίνη	μαλακώνει και στάζει	πολυαιθυλενον και πολυπροπυλενον
πολυαστυρένιον	άναφλέγεται εύκόλως, συνεχίζεται κατόμενον	κιτρινέρυθρος, πλησίον τῶν νιφάδων αιθαλίζουσα	μαλακώνει μαλακώνει	πολυαστυρένιον
πολυβινυλοχλωρίδιον (PVC)	άναφλέγεται πολὺ δυσχερῶς, άποσθέννυται	κιτρίνη, μετὰ χαλκίνην σύρματος πράσινη	βισροχλωρικοῦ δξέος, τυπική συνοδεύουσα δσμή	πολυβινυλοχλωρίδιον (PVC)
όξικος πολυβινυλεστήρη	άναφλέγεται εύκόλως, συνεχίζεται κατόμενον	σκοτεινή, στηνθήρες μετὰ αιθαλίζουσαν νιφάδων	μαλακώνει μαλακώνει	όξικος πολυβινυλεστήρη
πολυβινυλοκρβαζόλη	άναφλέγεται εύκόλως, συνεχίζεται κατόμενον	κιτρίνη έντονως αιθαλίζουσα	μαλακώνει, δὲν στάζει, κατακαίεται ἀνευ	πολυβινυλοκρβαζόλη
πολυακρυλεστέρες	άναφλέγεται εύκόλως, συνεχίζεται κατόμενον	κιτρίνη μετὰ κυανοῦ περιθωρίου μελανοσκαπτινοῦ καὶ σπινθήρων	παρολειμμάτων	πολυακρυλεστέρες
πολυτετραφθοριο-αιθυλένιον	δὲν ἀναφλέγεται	—	δὲν μαλακώνει δξανθρακούπατα σχηματίζουσα φυσαλίδης	πολυτετραφθοριο-αιθυλένιον
πολυαιθρικάτη σεις Σηλικόναι	άναφλέγεται δυσκόλως, ἀποσθέννυται	φωτεινή αιθαλίζουσα	μαλακώνει, σχηματίζουσα λευκὴν τέφραν διογκούτα, διστράται εἰς στρώσεις	πολυαιθρικάτη σεις Σηλικόναι
βουλκανισμένον Fiber	άναφλέγεται δυσκόλως, συνεχίζεται κατόμενον	κιτρίνη μετὰ ερυθροῦ περιθωρίου	καμένου χάρτου	βουλκανισμένον Fiber

Ἡ ίκανότης ἀποσβέσεως κρούσεων ἡ ταλαντώσεων, τὴν ὅποιαν παρουσιάζουν αἱ συνθετικαὶ ὑλαι εἰναι ἀνωτέρα τῆς ἀναλόγου ίκανότητος τῶν μετάλλων κατὰ περισσότερον τοῦ 100πλασίου, καὶ ὡς ἐκ τούτου ὁδοντωτοὶ τροχοὶ ἐκ πολυαμιδῶν (νάυλον) καὶ ἄλλων συνθετικῶν ὑλῶν λειτουργοῦν μὲ πολὺ μικρότερον θόρυβον παρ' ὅσον ἀντίστοιχοι ἐκ μετάλλου.

"Ἄν διαιρέσωμεν τὸ εἰδικὸν βάρος ἔκάστου ὑλικοῦ διὰ τοῦ εἰδικοῦ βάρους τοῦ ὕδατος, ὅριζομεν ἔνα εἰδικὸν συντελεστὴν καθορίζοντα τὴν σχέσιν τοῦ εἰδικοῦ βάρους τοῦ ὑλικοῦ πρὸς τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὕδατος.

Διαιροῦντες διὰ τοῦ εἰδικοῦ τούτου συντελεστοῦ τὴν ἐπιτρεπομένην τάσιν ἐφελκυσμοῦ ἔκάστου ὑλικοῦ φθάνομεν εἰς μίαν τελείως νέαν κατάταξιν τῶν κατασκευαστικῶν ὑλικῶν.

'Ἐκ τῆς νέας αὐτῆς κατατάξεως βλέπομεν ὅτι, ἂν ἐνδιαφερώμεθα διὰ τὴν ἐλαφρότητα μιᾶς κατασκευῆς, τὸ προσφορώτερον κατασκευαστικὸν ὑλικὸν δὲν εἶναι πλέον ὁ χάλυψ.

Λαμβανομένου ὑπὸ ὅψιν ὅτι τὰ εἰδικὰ βάρη τῶν περισσοτέρων συνθετικῶν ὑλικῶν κυμαίνονται ἀπὸ 0,9 ἕως 2,0 g/cm³ βλέπομεν ὅτι αὐτὰ εἶναι προτιμότερα τοῦ χάλυβος διὰ πλείστας κατασκευάς.

Ἀντοχὴ τοῦ ὑλικοῦ

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. Χάλυψ | $\sigma_b = 100 \text{ kp/mm}^2$ |
| 2. Ντουραλουμίνιον | $\sigma_b = 46 \text{ kp/mm}^2$ |
| 3. Συνθετικὴ ρητίνη ἐπὶ καπλαμᾶ | $\sigma_b = 25 \text{ kp/mm}^2$ |

Ἀντοχὴ τοῦ ὑλικοῦ διηρημένη διὰ τοῦ εἰδικοῦ συντελεστοῦ

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Συνθετικὴ ρητίνη ἐπὶ καπλαμᾶ | $\sigma_b = 19 \text{ kp/mm}^2$ |
| 2. Ντουραλουμίνιον | $\sigma_b = 16 \text{ kp/mm}^2$ |
| 3. Χάλυψ | $\sigma_b = 12,8 \text{ kp/mm}^2$ |

38 · 4 Διάδοσις τῶν συνθετικῶν ὑλῶν διὰ μηχανολογικοὺς σκοπούς.

Αἱ συθετικαὶ ὑλαι σήμερον εἶναι πλέον ἔξειδικευμέναι παρ' ὅσον κατὰ τὸ παρελθόν. Ἀντὶ ὀλίγων βασικῶν συνθετικῶν ὑλῶν διὰ τὴν βιομηχανίαν τῶν πλαστικῶν, οἱ παραγωγοὶ παράγουν πολὺ μεγαλυτέραν ποικιλίαν συνθετικῶν ὑλῶν, ἐκάστην προστηρμοσμένην εἰς τὰς ἀνάγκας εἰδικῶν ἐφαρμογῶν.

Μηχανικαὶ καὶ φυσικαὶ ἴδιότητες τῶν συνθετικῶν ύλων



Π Ι Ν Α Ξ 38.3.2

‘Ηλεκτρικαὶ καὶ λοιπαὶ φυσικαὶ καὶ χημικαὶ ιδιότητες τῶν συνθετικῶν ύλῶν

¹⁾ φύλλον 0,06 mm ²⁾ μετά 24 ώρας + Έκτός εἰς μαύρουν καὶ καρφ. b → Ανθρακικόν. m = μετρίως. u - μή σύμφωνικόν

‘Η τάσις αὐτὴ ἔξειδικεύσεως εἶναι σήμερον λίαν ἐμφανῆς εἰς τὰ διάφορα εἴδη νάυλον, ἀλλὰ ἀναμένεται ὅτι θὰ διαδοθῇ καὶ εἰς τὰ ἄλλα θερμοπλαστικὰ (παράγρ. 38·5), τὰ ὅποια χρησιμοποιοῦνται εἰς μηχανολογικὰς κατασκευάς. Κατὰ τὴν παρελθοῦσαν δεκαετίαν π.χ. ἡ ἑταῖρία Du Pont Co παρήγαγεν 25 ποιότητας νάυλον δι’ εἰδικὰς μηχανολογικὰς κατασκευάς, ἐνῶ σήμερον παράγει περίπου 75.

Τὰ πλαστικὰ διὰ μηχανολογικούς σκοπούς ἔχουν τὴν δυνατότητα ὑποκαταστάσεως τῶν μετάλλων εἰς εύρειαν κλίμακα.

Οἱ κυριώτεροι λόγοι τῆς εἰς συνεχῶς μεγαλυτέραν ἀναλογίαν ὑποκαταστάσεως τῶν μετάλλων ὑπὸ τῶν πλαστικῶν εἰς τὰς μηχανολογικὰς κατασκευὰς εἶναι:

- α) Μικρότερον κόστος παραγωγῆς.
- β) Μικροτέρα φθορὰ ἐκ τῆς χρήσεως.
- γ) Εύχερεστέρα κατασκευή.
- δ) Μεγαλυτέρα ἀνοχὴ διαστάσεων.
- ε) Ἀπλουστέρα σχεδίασις.

Ἐνα ἐκ τῶν καλυτέρων παραδειγμάτων ἐνδεικτικὸν τοῦ βαθμοῦ, εἰς τὸν ὅποιον τὰ θερμοπλαστικὰ τῶν μηχανολογικῶν κατασκευῶν εἰσχωροῦν εἰς τὴν ἀγοράν, εἰς τὴν ὅποιαν πρότερον ἐπεκράτουν τὰ μέταλλα, εἶναι ἡ ἀγορὰ τῆς βιομηχανίας τοῦ αὐτοκινήτου.

Αἱ μεγαλύτεραι ἔταιρια αὐτοκινήτων εἰς τὸν κόσμον General Motors καὶ Ford ἐνδιεφέρθησαν πρῶται διὰ τὰ θερμοπλαστικὰ τῶν μηχανολογικῶν κατασκευῶν, διότι οἱ ὁδοντωτοὶ τροχοὶ ἐκ νάυλον π.χ. κοστίζουν δλιγάτερον παρ’ ὅσον ἐκ χυτοῦ μετάλλου. ‘Αφ’ ὅτου ἡ βιομηχανία τῶν αὐτοκινήτων ἤρχισε νὰ χρησιμοποιῇ τὰ θερμοπλαστικὰ ὑλικὰ εἰς μηχανολογικὰς κατασκευάς, ἀπεδείχθη ἐκ τῆς πράξεως ὅτι ταῦτα εἶναι διὰ τοὺς ὡς ἄνω ἀναφερθέντας λόγους ἀνώτερα ἀπὸ τὰ ἀντίστοιχα μέταλλα εἰς ὥρισμένας ἐφαρμογάς.

Κατὰ τὸ ἔτος 1960 κατὰ μέσον ὅρον ἐπὶ 10 000 000 αὐτοκινήτων, τὰ ὅποια παρήχθησαν εἰς τὰς H.P.A., ἔχρησιμοποιήθησαν 250 g νάυλον ἀνὰ αὐτοκίνητον διὰ στοιχεῖα μηχανῶν. Οἱ τύποι (τὰ μοντέλα) αὐτοκινήτων τοῦ 1970 περιέχουν περίπου 900 g νάυλον ἀνὰ αὐτοκίνητον καὶ τοῦ 1971 κατὰ μέσον ὅρον 1400 g νάυλον.

‘Η διάδοσις τῶν πλαστικῶν διὰ μηχανολόγικὰς κατασκευὰς εἰς τὴν βιομηχανίαν τοῦ αὐτοκινήτου ὅμως δὲν περιορίζεται εἰς τὸ νάυλον.

Τὰ αὐτοκίνητα τοῦ 1970 περιέχουν ἐπίσης κατὰ μέσον ὅρον

πλέον τῶν 450 g πολυακεταλῶν καὶ πλέον τῶν 180 g πολυανθρακικῶν πλαστικῶν.

Χαρακτηριστικὸν τῆς προσπαθείας, ποὺ καταβάλλεται διὰ παραγωγὴν εἰδικῶν συνθετικῶν ύλῶν, είναι ἔνα πλαστικόν, τὸ ὅποιον φέρεται μὲ τὸ ἐμπορικὸν ὄνομα Lexan 500, προωρισμένον νὰ ἀντικαταστήσῃ χυτὰς κατασκευάς ἐξ ἀλουμινίου καὶ ψευδαργύρου εἰς τὴν βιομηχανίαν τοῦ αὐτοκινήτου. Τὸ ύλικὸν ἐμελετήθη καὶ κατεσκευάσθη οὕτως, ὥστε νὰ συνδυάζῃ ἀντοχὴν εἰς ἐφελκυσμὸν καὶ εἰς κρούσιν, παρομοίαν πρὸς ἐκείνην τὴν ὅποιαν ἔχουν ὡρισμένα κράματα ἀλουμινίου καὶ ψευδαργύρου, μὲ μεγαλυτέραν ὄμως ἐλαστικότητα.

Ἡ χρησιμοποίησις θερμοπλαστικῶν εἰς τὰς μηχανολογικὰς κατασκευάς τῶν αὐτοκινήτων κερδίζει ἔδαφος ἔτι περαιτέρω. Ἡ ἔξατμισις - σιωπητὴρ τῶν αὐτοκινήτων εἰς τὰ μοντέλα τοῦ 1971 τῆς General Motors, κατασκευάζεται δι' ἐγχύσεως νάυλον 6/6*. Ἡ ἐκλογὴ τοῦ ὡς ἄνω νάυλον ἐγένετο λόγω τῶν καλῶν του μηχανικῶν ἰδιοτήτων καὶ τῆς ἀντοχῆς του ἔναντι ὑψηλῶν θερμοκρασιῶν καὶ διαβρώσεως.

Ἡ ἔξατμισις ἐπίσης τῶν νέων αὐτοκινήτων τῆς Ford κατασκευάζεται διὰ χυτεύσεως νάυλον 11**.

Ἄλλὰ τὰ θερμοπλαστικὰ ἐκτοπίζουν ἐκ τῶν μηχανολογικῶν κατασκευῶν καὶ τὰ ἄλλα πλαστικὰ ύλικά, κυρίως τὰ θερμοσκληρυνόμενα. Ο κυριώτερος λόγος είναι ἡ μεγαλυτέρα σκληρότης τῶν θερμοπλαστικῶν καὶ ἡ μεγαλυτέρα εύχέρεια μορφοποιήσεώς των ἐν συγκρίσει πρὸς τὰς θερμοσκληρυνομένας ρητίνας.

‘Ωρισμένα ἐκ τῶν πλαστικῶν ύλικῶν χρησιμοποιοῦνται μὲ κατάλληλον ὄπλισμὸν διαφόρων ἴνῶν, ὡς π.χ. ἴνων ὑαλοβάμβακος, πρὸς ἐπαύξησιν τῆς ἀντοχῆς αὐτῶν εἰς ἐφελκυσμόν.

Ο τρόπος συνεργασίας τοῦ ἐξ ἴνῶν ὄπλισμοῦ μετὰ τῆς συνθετικῆς υἱῆς είναι ἀκριβῶς ὁ αὐτὸς πρὸς τὸν τῆς συνεργασίας τοῦ σιδηροῦ ὄπλισμοῦ μετὰ τοῦ σκυροδέματος εἰς τὸ ὄπλισμένον σκυρόδεμα.

Παρὰ τὴν ἀναπόφευκτον ἐπιβάρυνσιν τοῦ κόστους διὰ τοῦ ὄπλι-

* Οι δύο ἀριθμοὶ 6 ὑποδηλοῦν διτὶ τὸ νάυλον αὐτὸ παράγεται διὰ πολυμερισμοῦ δύο διαφορετικῶν μορίων ἐνεχόντων 6 ἄτομα ἀνθρακος ἑκαστον.

** Ο ἀριθμὸς 11 ὑποδηλοῖ τὸ πλῆθος ἀτόμων ἀνθρακος εἰς τὸ πολυμερισθὲν μόριον τῆς ούσιας.

σμοῦ διὰ διαφόρων ίνῶν, αύτὸς διαδίδεται εἰς τὰς ἐκ θερμοπλαστικῶν μηχανολογικὰς κατασκευάς.

Οὕτω π.χ. μία ποιότης νάυλον 6/6 ώπλισμένη δι' ύαλοβάμβακος ἔχει ἀντοχὴν εἰς ἐφελκυσμὸν κατὰ 25 % μεγαλυτέραν τῆς κανονικῆς.

Πρέπει νὰ σημειωθῇ ὅτι διὰ τὰ ἐπόμενα ὄλιγα ἔτη ἀναμένεται ἡ δημιουργία ποιοτήτων νάυλον 6/6, αἱ ὁποῖαι θὰ παρουσιάσουν ἀντοχὰς εἰς ἐφελκυσμὸν κατὰ 50 % ἔως καὶ 100 % μεγαλυτέρας τῶν σημερινῶν. Ἡ Mercedes κατεσκεύασε τὴν μάσκαν τοῦ ψυγείου τοῦ αὐτοκινήτου τοῦ ἔτους 1972 διὰ χυτεύσεως νάυλον 6/6, ώπλισμένου δι' ύαλοβάμβακος. Τοῦτο ἀπεφασίσθη λόγω τῶν ἔξης τεχνικῶν πλεονεκτημάτων:

Ἡ μάσκα αὐτὴ παρουσιάζει μικρὰν συστολὴν μετὰ τὴν χύτευσιν, αἱ δὲ βραχύτεραι ἴνες, αἱ ὁποῖαι ἔχρησιμοποιήθησαν, ἔδωσαν λείας ἐπιφανείας, αἱ ὁποῖαι δὲν χρειάζονται μετὰ τὴν χύτευσιν εἰδικὴν κατεργασίαν λειάνσεως. Αἱ μάσκαι δὲν χρειάζονται ἡλεκτρικὴν ἐπιμετάλλωσιν ἐπὶ τοῦ πλαστικοῦ καὶ χρωματίζονται διὰ χρώματος ἀλουμινίου. Τὸ ἐργοστάσιον κατασκευῆς τῶν ὡς ἄνω μασκῶν χρησιμοποιεῖ μηχανὴν χυτεύσεως δι' ἐγχύσεως μὲ ταχύτητα παραγωγῆς ἐνὸς τεμαχίου ἀνὰ πρῶτον λεπτόν, τοῦ τεμαχίου ζυγίζοντος 1,2 kg. Ἡ ὡς ἄνω μάσκα τοῦ αὐτοκινήτου Mercedes προσφέρεται καὶ ὡς ἀνταλλακτικὸν τῶν σήμερον χρησιμοποιουμένων μασκῶν εἰς τὸν παλαιότερον τύπον αὐτοκινήτου.

38·5 Τὰ κυριώτερα θερμοπλαστικά διὰ τὰς μηχανολογικὰς κατασκευάς.

A. Ἀκετάλαι.

Τὸ μεγαλύτερον μειονέκτημα τῶν ύλικῶν αὐτῶν εἶναι ὅτι δὲν εἶναι αὐτοσβεννύμενα ύλικά, δηλαδή, ἐὰν ἀναφλεγοῦν, συντηροῦν τὴν καῦσιν ἔως κατακαύσεως. Χρησιμοποιοῦνται κυρίως εἰς τὴν βιομηχανίαν τοῦ αὐτοκινήτου, εἰς ἐγκαταστάσεις ἐσωτερικῆς ύδρεύσεως πρὸς κατασκευὴν κρουνῶν, μπαταριῶν λουτήρων κ.λπ.

B. Φθοριοπλαστικά (Πολυτετραφθοριοαιθυλένιον κ.λπ.).

Παρουσιάζεται μεγάλη αὔξησις τῶν φθοριοπλαστικῶν εἰς τὴν βιομηχανίαν κατασκευῆς ἡλεκτρονικῶν ύπολογιστῶν. Ἐπίσης ἡ ἀπλοποίησις τῆς τεχνικῆς ἐπενδύσεων διὰ πολυτετραφθοριοαιθυλενίου

αὐξάνει τὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ὡς ἄνω πλαστικοῦ διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς.

Γ. Βελτιωμένον πολυαιθυλενοξείδιον.

Τὸ ὡς ἄνω νέον ὄλικὸν χρησιμοποιεῖται διὰ μεγάλας κατασκευάς, αἱ ὄποιαι θὰ πρέπει νὰ είναι ἀνθεκτικαὶ εἰς τὴν θερμότητα, νὰ μὴ είναι εὔφλεκτοι καὶ νὰ ἀντέχουν εἰς τὴν ἐπίδρασιν θερμοῦ ὕδατος.

Δ. Νάυλον.

‘Ως προανεφέρθη, είναι τὸ κυριώτερον πλαστικόν, τὸ ὄποιον χρησιμοποιεῖται εἰς μηχανολογικὰς κατασκευάς. Μέχρι τοῦδε ἐκ τῶν διαφόρων ποιοτήτων τοῦ νάυλον ἀναφέρονται τά: νάυλον 11, νάυλον 12, νάυλον 6/12, νάυλον 6/6 καὶ τὸ ἐσχάτως προσφερθὲν εἰς τὸ ἐμπόριον νάυλον 13.

Ε. Πολυανθρακικὰ πλαστικά.

Είναι ἐκ τῶν νέων πλαστικῶν, τῶν ὄποίων τὸ μέλλον παρουσιάζεται λαμπρὸν διὰ τὰς κατασκευάς μηχανολογικῶν ἔξαρτημάτων.

Τὰ πολυανθρακικὰ πλαστικὰ χρησιμοποιοῦνται ίδιως ὅπου ἀπαιτεῖται μεγάλη ἀντοχὴ εἰς κρούσιν.

ΣΤ. Πολυϊμīδai.

Είναι νέον πλαστικὸν μὲρογδαίαν ἀνάπτυξιν. Αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν πολυϊμīδῶν εἰς τὰς μηχανολογικὰς κατασκευάς περιλαμβάνουν τεμάχια ἀεροπλάνων, ἔδρανα καὶ ἡλεκτρολογικὰ ἔξαρτημάτα. Μὲ τὴν αὐξῆσιν τῆς καταναλώσεως καὶ τοῦ ὄγκου τῆς παραγωγῆς τοῦ ὡς ἄνω πλαστικοῦ προβλέπεται μετὰ ἀσφαλείας ἢ σημαντικὴ ἐλάττωσις τῆς τιμῆς του.

Ζ. Αἱ στερεαὶ οὐχὶ ἀφρώδεις πολυουρεθάναι.

‘Η γιγαντιαία Ἀγγλικὴ ἑταιρία ICI παρήγαγε σειρὰν μὴ ἀφρωδῶν πολυουρεθανῶν, αἱ ὄποιαι δύνανται νὰ ὑποστοῦν μορφοποίησιν ἐντὸς τῶν ὑπαρχουσῶν μηχανῶν χυτεύσεως ἀφρώδους πολυουρεθάνης. ’Ἐν συγκρίσει πρὸς τοὺς εὐκάμπτους ἀφρούς πολυουρεθανῶν τὰ νέα ὄλικὰ ἔχουν καλυτέρας κατασκευαστικὰς ίδιότητας.

Συγκρινόμεναι αἱ νέαι πολυουρεθάναι μὲροπλισμένους πολυεστέρας, οἱ ὄποιοι μορφοποιοῦνται διὰ τῆς χειρός, προσφέρουν συγκριτίμους κατασκευαστικὰς ίδιότητας καὶ πολὺ μικρότερον κόστος μορ-

φοποιήσεως. Συγκρινόμεναι πρὸς θερμοπλαστικὰ χυτευόμενα δι' ἐγχύσεως μὲ παρομοίας ιδιότητας ἀντοχῆς, αἱ νέαι οὐρεθάναι ἀπαιτοῦν μήτρας καὶ ἔξοπλισμὸν χαμηλοτέρου κόστους.

Αἱ νέαι πολυουρεθάναι χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατασκευὴν στοιχείων μηχανῶν εἰς τὴν ναυπηγικήν, εἰς τὴν ἡλεκτροτεχνίαν, διὰ τὴν κατασκευὴν αὐτοκινήτων κ.λπ. Εἰς τὴν βιομηχανίαν τῶν αὐτοκινήτων ἀπὸ τὰς νέας πολυουρεθάνας κατασκευάζονται καπώ, καθίσματα, καλύμματα χώρου ἀποσκευῶν· εἰς τὰς ἄλλας βιομηχανίας, κατασκευάζονται ὁδοντωτοὶ τροχοί, σκάφη, ἀνεμιστῆρες, ἐλικες, εἰδικὰ τεμάχια σωλήνων κ.λπ. Τὰ νέα ύλικά εἰναι αὐτοσβεννύμενα, δηλαδὴ δὲν συντηροῦν τὴν καῦσιν των, ἀλλὰ ἀποσβέννυνται μόνα των. Ἐχουν μεγάλην ἀντοχὴν εἰς τὴν θέρμανσιν καὶ ἔξαιρετικῶς μεγάλην ἀντοχὴν εἰς κροῦσιν.

Τὸ μικρὸν ἴξωδες τῶν δύο πρώτων ύλῶν, ἐκ τῶν ὅποιών σχηματίζονται αἱ ὡς ἄνω πολυουρεθάναι ἐπιτρέπει χύτευσιν μεγάλων τεμαχίων, ἄνευ ἀτελειῶν. Ὁ χρόνος πηκτωματοποιήσεως, δηλαδὴ ὁ χρόνος ὁ ὅποιος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ γίνη ἔνα ρευστὸν ύλικὸν στερεόν, ὡς ἡ «πηκτή», εἰναι 4 ἔως 5 λεπτά καὶ ἐπαρκεῖ διὰ καλὴν ἀνάμιξιν τῆς ἀναγκαιούσης ποσότητος ύλικοῦ. Ἐὰν προστεθοῦν καταλύται, δημιουργοῦνται συστήματα ἀντιδρῶντα πολὺ ταχύτερον μὲ χρόνους πηκτωματοποιήσεως ἀπὸ 30 ἔως 90 δευτερόλεπτα.

Γενικῶς εἰναι δυνατὸν νὰ λεχθῇ ὅτι ἡ ἀνάπτυξις καὶ ἡ διάδοσις τῶν νέων οὐρεθανῶν ὀφείλεται περισσότερον εἰς τὰ πλεονεκτήματα, τὰ ὅποια παρουσιάζουν ὅσον ἀφορᾶ εἰς τὴν εύχερειαν τῆς μορφοποιήσεως τεμαχίων διὰ τὰς μηχανολογικάς κατασκευάς ἐξ αὐτῶν, παρ' ὅσον εἰς τὰς βελτιωμένας ιδιότητας, τὰς ὅποιας προσφέρουν τὰ νέα ύλικά. Δηλαδὴ ἀν καὶ αἱ φυσικαὶ καὶ χημικαὶ ιδιότητες τῶν στερεῶν οὐρεθανῶν εἰναι καλαί, δὲν εἰναι σημαντικῶς ἀνώτεραι ἡ διαφορετικαὶ ἐκ τῶν ιδιοτήτων τῶν ἄλλων πολυμερῶν, ὥστε νὰ παρουσιάζουν ιδιαίτερον ἐνδιαφέρον ὡς νέα ύλικά.

‘Ως ἐλέχθη, τὸ τεράστιον πλεονέκτημα αὐτῶν εἰναι ἡ εύχερεστέρα μορφοποίησις τεμαχίων ἐκ τῶν ὡς ἄνω ύλικῶν.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ

39 · 1 Μορφοποίησις τῶν πλαστικῶν διὰ μηχανολογικούς σκοπούς.

Αἱ χρησιμοποιούμεναι μέθοδοι μορφοποιήσεως τῶν πλαστικῶν διὰ μηχανολογικούς σκοπούς κατὰ βάσιν εἰναι αἱ αὔται μὲ τὰς γενικῶς χρησιμοποιουμένας διὰ τὴν μορφοποίησιν τῶν πλαστικῶν ἐν γένει.

Ἐπειδὴ ἡ μορφοποίησις τῶν θερμοπλαστικῶν διὰ μηχανολογικὰς κατασκευὰς εἰναι κατά τι δυσχερεστέρα, παρ' ὅσον ἡ μορφοποίησις τῶν συνήθων πλαστικῶν, αἱ μεγάλαι ἔταιρια κατασκευῆς μηχανῶν διὰ μορφοποίησιν πλαστικῶν κατασκευάζουν συνεχῶς καὶ νέους τύπους καταλλήλων μηχανῶν διὰ τὴν μορφοποίησιν τῶν πλαστικῶν διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς.

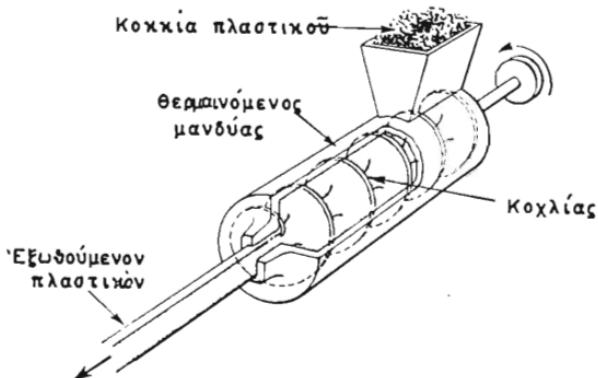
Αἱ νέαι μηχαναὶ μορφοποιήσεως τῶν πλαστικῶν διὰ τὰς ἀνωτέρω κατασκευὰς παρουσιάζουν ἐλάττωσιν τοῦ χρόνου κατασκευῆς, ἐνὸς ἑκάστου μηχανολογικοῦ τεμαχίου, πρᾶγμα τὸ ὅποιον εἰναι τὸ χαρακτηριστικὸν τῆς καταβαλλομένης προσπαθείας διὰ τὴν ἐλάττωσιν γενικῶς τοῦ κόστους μορφοποιήσεως τῶν πλαστικῶν διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς.

39 · 2 Χρησιμοποιούμενα μηχανήματα κατεργασίας.

“Οσον ἀφορᾶ εἰς τὰ χρησιμοποιούμενα μηχανήματα μορφοποιήσεως, ἡ χύτευσις δι’ ἐγχύσεως ἀποτελεῖ τὴν κυριωτέραν μέθοδον διὰ τὴν παραγωγὴν ἔξαρτημάτων καὶ διαδίδεται ὅλον καὶ περισσότερον εἰς τὴν κατασκευὴν χυτῶν τεμαχίων βάρους ἄνω τῶν 5 kg καὶ ἴδιως ἑκείνων, τὰ ὅποια κατασκευάζονται ἐκ νάυλον ἡ πολυανθρακικῶν ρητινῶν.

Ἐπίσης διαδίδεται εἰς ὥρισμένας περιπτώσεις ἡ χύτευσις δι’ ἐμφυσήσεως. Ἡ διάδοσις ὀφείλεται περισσότερον εἰς τὴν δημιουργίαν νέων ύλικῶν καταλλήλων διὰ νὰ ὑφίστανται τὴν κατεργασίαν αὐτὴν μορφοποιήσεως δι’ ἐμφυσήσεως, παρὰ εἰς τὸ ὅτι τελειοποιοῦνται ἔτι περισσότερον αἱ ὑπάρχουσαι μηχαναί. Ἐσχάτως διεμορφώθη νέα ἐπαναστατικὴ μέθοδος μορφοποιήσεως διὰ τὸ νάυλον 6, ἡ ὅποια

χαρακτηρίζεται ἐκ τοῦ ὅτι λαμβάνει χώραν ἀνιονικὸς πολυμερισμὸς τοῦ πλαστικοῦ ἐντὸς τῆς μήτρας (καλούππι). Ἡ μέθοδος δίδει ἀντικείμενον ἐκ νάυλον μὲν ἀντοχὴν εἰς ἐφελκυσμὸν καὶ ἐλαστικότητα πολὺ μεγαλυτέραν ἔκεινου, τὸ ὅποιον θὰ ἔδιδε μία παρομοία χύτευσις δι’ ἐγχύσεως πολυμεροῦς. Ἐφ’ ὅσον τὸ τεμάχιον πολυμερίζεται ἐντὸς



Σχ. 39·2 α.

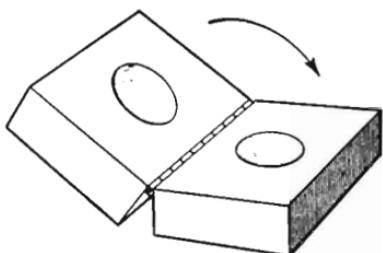
Ἐξώθησις. Τὸ πλαστικὸν θερμαινόμενον καθίσταται μαλακὸν καὶ ἐν συνεχείᾳ ὠθεῖται διὰ μιᾶς ὀπῆς, ἐκ τῆς ὁποίας ἔξερχεται ὡς συνεχές ἐπίμηκες τεμάχιον διατομῆς καθοριζομένης ὑπὸ τοῦ σχήματος τῆς ὀπῆς.

τοῦ καλουπιοῦ, ἡ μέθοδος εἶναι περισσότερον ἄμεσος καὶ σημαντικῶς οἰκονομικωτέρα παρ’ ὅσον ἡ χύτευσις δι’ ἐγχύσεως. Τὰ χυτὰ αὐτὰ τεμάχια ἐκ νάυλον παρουσιάζουν μεγάλας δυνατότητας ἔξελίξεως εἰς τὸν τομέα τῆς μορφοποιήσεως περιπλόκων καὶ φερόντων ὄπλισμὸν τεμαχίων ἐκ νάυλον.

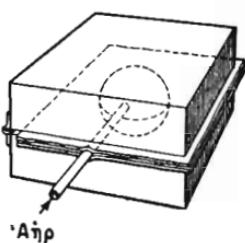
Εἰς τὰ σχήματα ποὺ ἀκολουθοῦν, παρίστανται οἱ διάφοροι τρόποι μορφοποιήσεως τῶν πλαστικῶν:

- α) Ἐξώθησις (σχ. 39·2 α).
- β) Χύτευσις δι’ ἐμφυσήσεως (σχ. 39·2 β).
- γ) Χύτευσις δι’ ἐγχύσεως (σχ. 39·2 γ).
- δ) Χύτευσις διὰ πιέσεως (σχ. 39·2 δ).

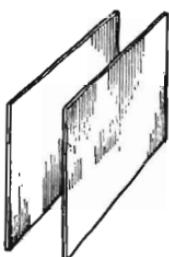
ΧΥΤΕΥΣΙΣ ΔΙ' ΕΜΦΥΣΗΣΕΩΣ



"Ἐνα ἀπλοῦν καλούπι ἐμφυσήσεως ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἡμίσεων, τὰ ὅποια ὅταν κλείσουν, σχηματίζουν ἑνα πλήρες καλούπι.



Δύο φύλλα κυτταροειδοῦς θερμαίνονται διὰ νὰ καταστοῦν μαλακά



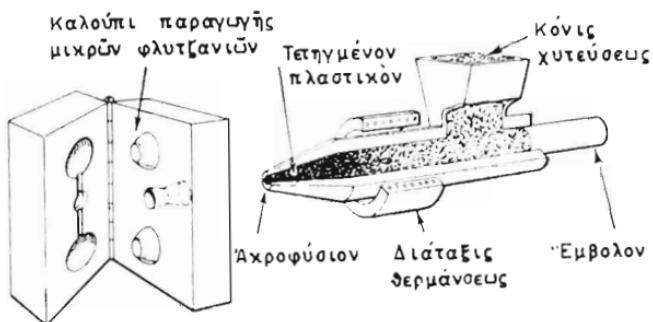
....καὶ ἀκολούθως συμπιέζονται μεταξὺ τῶν δύο τμημάτων τοῦ καλουπιοῦ. Διὰ μιᾶς βελόνης σύριγγος εἰσαγομένης μεταξὺ τῶν δύο φύλλων ἐμφυσάται ἄήρ. 'Ο ἄήρ πιέζει τὰ φύλλα καὶ τὰ ἀναγκάζει νὰ φουσκώνουν καὶ νὰ καταλάβουν τὸ κοιλον σχῆμα τοῦ καλουπιοῦ. Τελικῶς ἡ βελόνη ἔξαγεται.



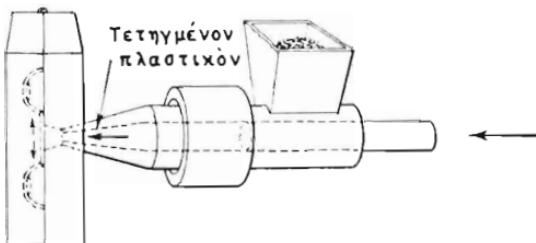
"Οταν ψυχθῇ τὸ κυτταροειδές, διατηρεῖ τὸ σχῆμα, τὸ ὅποιον ἔλαβε διὰ τῆς ἐμφυσήσεως. Τὸ μὴ ἐμφυσηθὲν μέρος τοῦ φύλου ἀποκόπτεται.

Σχ. 39 · 2 β.

ΧΥΤΕΥΣΙΣ ΔΙ' ΕΓΧΥΣΕΩΣ



Η κόνις χυτεύσεως τήκεται έντος τοῦ θαλάμου τῆς μηχανῆς χυτεύσεως δι' έγχυσεως.



Τὸ ἀκροφύσιον εύρισκεται ἐν ἐπαφῇ μὲ τὸ καλούπι καὶ τὸ τετηγμένον πλαστικόν προωθεῖται έντος τοῦ καλουπιοῦ, πιεζόμενον ὑπὸ τοῦ ἐμβόλου.



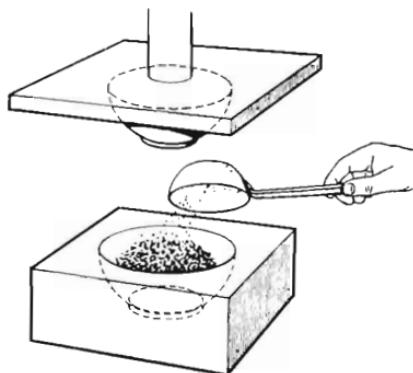
Σχ. 39·2 γ.

Τὸ πλαστικὸν σκληρύνεται έντος τοῦ ψυχροῦ καλουπιοῦ, τὸ ὅποιον είναι ἀνοικτόν. Τὸ στερεοποιηθὲν πλαστικὸν χυτὸν ἀντικείμενον ἔξαγεται.

Τὰ δύο χυτευθέντα φλυτζάνια είναι ἡνωμένα μεταξύ των διὰ μιᾶς λωρίδος πλαστικοῦ σχηματισθείσης ὑπὸ τῆς στενῆς αὐλακοῦ, διὰ τῆς ὅποιας ἐρρευσεν τὸ πλαστικὸν έντος τῶν καλουπίων. Ή λωρὶς αὐτὴ κόπτεται.

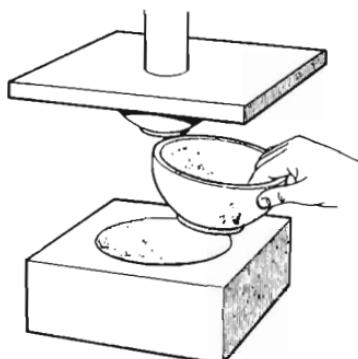
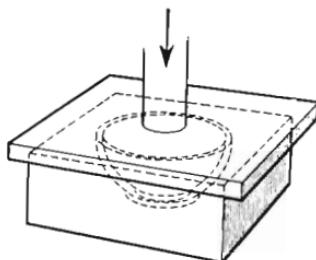
Σημείωσις: Αἱ σύγχρονοι μηχαναὶ χυτεύσεως δι' έγχυσεως είναι πλήρως αὐτόματοι καὶ ἡ δῆλη διαδικασία (κύκλος τῆς χυτεύσεως) τὰς περισσοτέρας φοράς δὲν ὑπερβαίνει τὰ δόλιγα δευτερόλεπτα. Ή ταχύτης παραγωγῆς τῶν ὡς ἄνω μη-

ΧΥΤΕΥΣΙΣ ΔΙΑ ΠΙΕΣΕΩΣ



Ἐντὸς τοῦ κοίλου καλουπιοῦ τίθεται μετρηθεῖσα ποσότης κόνεως χυτεύσεως.

Τὸ ἐμβόλον πιέζει τὴν κόνιν χυτεύσεως, ἡ ὁποία καθίσταται μαλακὴ ὑπὸ τοῦ θερμανθέντος καλουπιοῦ καὶ διαρρέει λαμβάνουσα τὸ σχῆμα τοῦ καλουπιοῦ. Τὸ ὄλικόν, ἂν εἴναι θερμοσκληρυνόμενον, σκληρύνεται διὰ συνεχίσεως τῆς θερμάσεως ἐντὸς τοῦ καλουπιοῦ.



“Οταν σκληρυνθῇ τὸ χυτὸν ἀντικείμενον, ἀνοίγει τὸ καλούπιον καὶ τὸ ἀντικείμενον ἔξαγεται.

Σχ. 39 · 2 δ.

χανῶν είναι κατά πολὺ μεγαλυτέρα τῆς ταχύτητος τῶν μηχανῶν χυτεύσεως διὰ πιέσεως τῶν θερμοσκληρυνομένων πλαστικῶν.

Κατά τὰ πρῶτα ἔτη ἀπὸ τῆς ἀνακαλύψεως των αἱ ὡς ἄνω μηχαναὶ ἡδύναντο νὰ μορφοποιοῦν μικρὰ τεμάχια βάρους ἑως 48 g περίπου.

Ἐκτοτε αἱ μηχαναὶ ἐγχύσεως παρουσίασαν τεραστίαν ἔξελιξιν.

Σήμερον διὰ τῶν μηχανῶν ἐγχύσεως χυτεύονται ἀντικείμενα ὥσονδήποτε μεγάλου μεγέθους, ὡς π.χ. λουτῆρες ἢ ἀκόμη καὶ ἀμαξώματα αὐτοκινήτων.

Αἱ σύγχρονοι μηχαναὶ χυτεύσεως δι' ἐγχύσεως ἐκμεταλλεύονται πλήρως τὰς θερμοπλαστικὰς ἴδιότητας ὑλικῶν, ὡς ὁ μεθακρυλικὸς πολυμεθυλεστήρ, τὸ πολυαιθυλενίον, τὸ πολυστυρένιον καὶ ἡ ὁξικὴ κυτταρίνη.

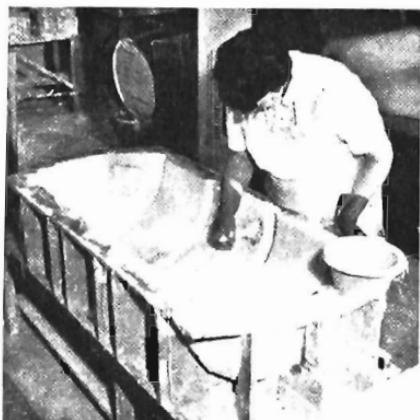
39.3 Κυριώτερα κατασκευαζόμενα στοιχεῖα μηχανῶν.

Τὰ κυριώτερα κατασκευαζόμενα στήμερον ἐκ πλαστικῶν στοιχεῖα μηχανῶν είναι: ὀδοντωτοὶ τροχοί, ἀτέρμονες κοχλίαι, εἰδικοὶ ὀδοντωτοὶ τροχοί, περιβλήματα ἐδράνων, κοχλίαι, περικόχλια, κεφαλαὶ σφυρῶν, δακτύλιοι στεγανώσεως, μανσέτται, ἐδρανα βαλβίδων, ἀρματοῦραι, τεμάχια περιβλημάτων, βραχίονες διὰ βελόνας γραμμοφώνου καὶ πολλὰ ἄλλα.

Πολὺ σημαντικὸν πλεονέκτημα τῶν ἀνωτέρω ἐκ συνθετικῆς ὑλης στοιχείων μηχανῶν είναι ἡ ἀθόρυβος λειτουργία των. Ἰδιαιτέρως καλὰ ἀποτελέσματα ἔδωσαν ἐδρανα ἐκ πολυαμίδης (νάυλον), τὰ ὅποια ἔχουν πολὺ καλὰς ἴδιότητας λειτουργίας, ἀκόμη καὶ ὑπὸ δυσμενεῖς συνθῆκας. Ἐκτὸς τῆς συνήθους λιπάνσεως δι' ἐλαίου είναι δυνατὴ εἰς τὰ ἐκ πολυαμίδης ἐδρανα εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις καὶ λίπανσις δι' ὕδατος ἢ ἀκόμη καὶ ἡ λειτουργία ἄνευ οίασδήποτε λιπάνσεως, ὑπὸ τὸν ὄρον ὅτι ἡ φόρτισις τοῦ ἐδράνου είναι μικρά. Γενικῶς είναι καλύτερον νὰ προστίθεται κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς χρησιμοποιίσεως ἐνὸς ἐδράνου ἐκ πολυαμίδης ἐλαχίστη ποσότης ἐλαίου διὰ τὰς πρώτας ὥρας τῆς λειτουργίας. Ὡς αὐτολιπανόμεναι διατάξεις στεγανώσεως καὶ ἐδρανα ἐνδείκνυνται συνδυασμοὶ μὲ γραφίτην καὶ διθειοῦχον μολυβδαίνιον, εἰς τοὺς ὅποιους δὲν χρειάζεται προσθήκη λιπαντικοῦ.

Εἰς τὴν βιομηχανίαν κατασκευῆς μηχανημάτων ὑφαντουργίας χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης αἱ πολυαμίδαι ὡς ὀδηγοὶ τοῦ νήματος, ὡς δακτυλιωτοὶ δρομεῖς - ἄτρακτοι εἰς ἀργαλειούς, συγκροτήματα ὀδηγήσεως εἰς ἀργαλειούς, πηνία καὶ πολλὰ ἄλλα τεμάχια, τὰ ὅποια ἀντέχουν εἰς τὴν φθορὰν ἐκ τριβῆς.

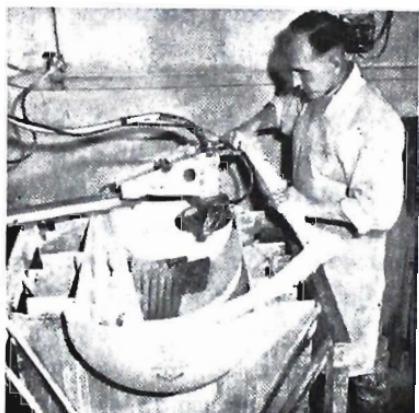
Εἰς τὴν ἡλεκτροτεχνίαν αἱ πολυαμίδαι (νάυλον) κατὰ τὰ πρῶτα ἔτη ἀπὸ τῆς ἀνακαλύψεως των, λόγω τῆς σχετικῶς μεγάλης ἱκα-



(α)

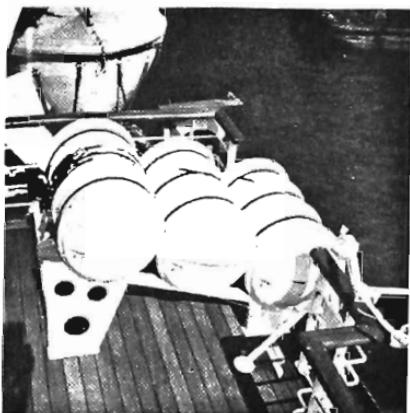


(β)



(γ)

Σχ. 39 - 3 α.



(δ)

Κατασκευαὶ ἐκ πολυεστέρων ὡπλισμένων δι' ύαλοβάμβακος. Οἱ ὑποδοχεῖς τοποθετήσεως τῶν σωσιβίων σχεδιῶν τῶν πλοίων χυτεύονται ἐκ πολυεστέρων ὡπλισμένων δι' ύαλοβάμβακος. Ἐχουν ἔξαιρετικὰς μηχανικὰς ἀντοχάς, εἰναι ἀνοξείδωτοι καὶ δὲν προσβάλλονται ὑπὸ τῶν καιρικῶν ἐπιδράσεων.

Κατασκευὴ τοῦ ὑποδοχέως:

α) Ἡ ρητίνη τοῦ πολυεστέρος ἐπαλείφεται ἐπὶ τοῦ ὑφάσματος ἐξ ίνῶν ύάλου διὰ πινέλων καὶ κυλινδρικῶν χρωστήρων.

β) Τὰ τεμάχια ἔχαγονται ἐκ τοῦ καλουπιοῦ καὶ φέρονται εἰς «θερμὸν θάλαμον» διὰ τὴν συμπλήρωσιν τῆς σκληρύνσεως τοῦ πολυεστέρος.

γ) Γίνεται προσεκτικὴ κατεργασία τῶν δύο ἡμίσεων τοῦ ὑποδοχέως πρὸς ἔξαλειψιν ἀνωμάλων ἄκμῶν.

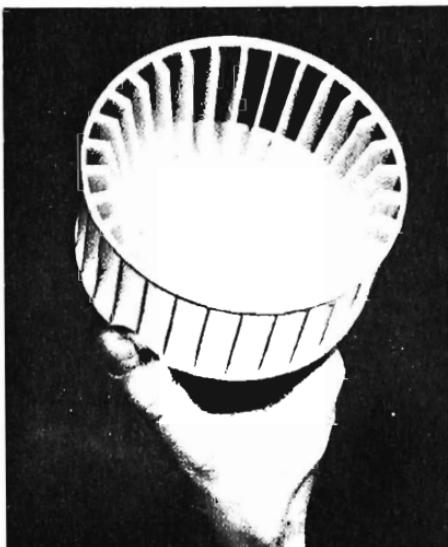
δ) Οἱ ὑποδοχεῖς εἰναι ἔτοιμοι.

νότητός των προσλήψεως ύγρασίας, δέν έχρησιμοποιούντο εύρεως ώς μονωτικά ίδια και μόνον εἰς μερικάς ειδικάς περιπτώσεις έχρησί-μενον ώς ταινίαι ή φύλλα διὰ τὴν μόνωσιν συρμάτων ή καλωδίων διὰ τὴν μόνωσιν τῶν αὐλάκων τοῦ δρομέως. Τουναντίον έχρησιμο-ποιούντο εἰς μεγάλην ἕκτασιν δι' ἐπενδύσεις ἀνθεκτικάς εἰς τὴν φθο-ρὰν ἐκ τριβῆς, καλωδίων και ἀγωγῶν, οἱ ὅποιοι εἶναι ἐπενδεδυμένοι μὲ ἄλλον μονωτικὸν ύλικόν. 'Ἐν συνδυασμῷ μὲ ἄλλας ρητίνας, αἱ δια-λυταὶ συμπολυμερεῖς ἀμīδai ἔδωσαν ἔξοχα ἀποτελέσματα ώς μονω-τικὰ βερνίκια διὰ τὴν ἡλεκτρι-κὴν βιομηχανίαν.

Ἡ ἀνάπτυξις πολυα-μιδῶν μὲ μικρὰν ίκανότητα προσλήψεως ὑδατος (π.χ. πο-λυαμίδη 6/10, πολυαμίδη 11) ἐπέτρεψε τὴν χρησιμοποιή-σιν τῶν πολυαμιδῶν διὰ τὴν παρασκευὴν πηνίων, πλακῶν



(a)



(b)

Σχ. 39 - 3 β.

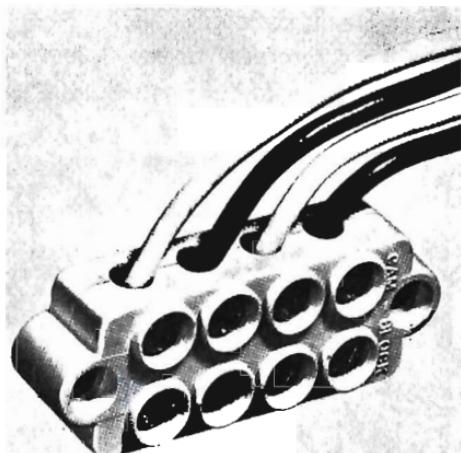
α) Περιβλημα πίνακος ὄργανων αὐτοκινήτου ἐξ ἀκετάλης δι' ἐγχύσεως.

Ἐχει μηχανικάς ἀντοχάς προσεγγιζούσας τὰς ἀντιστοίχους τῶν μὴ σιδη-ρούχων μετάλλων και ἔχει πολλὰς ιδιότητας προσομοιαζούσας πρὸς τὰς τῶν με-τάλλων.

β) Πτερωτὴ φυσητῆρος διὰ καλοριφέρ αὐτοκινήτου ἐξ ἀκετάλης μορφοποιη-θείσης δι' ἐγχύσεως.

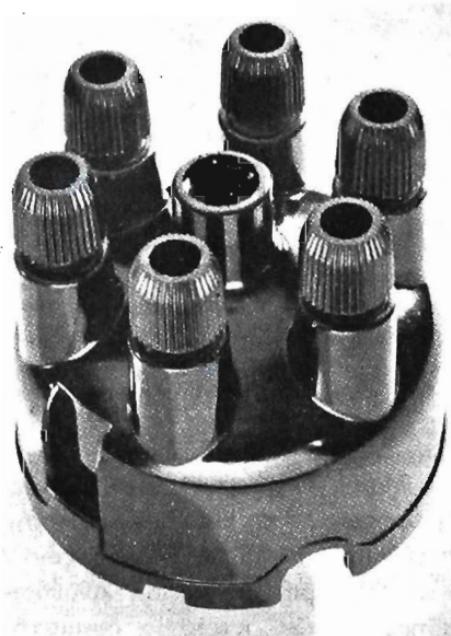
μονώσεως βάσεων διὰ φωτιστικούς λαμπτῆρας και τεμαχίων συνδέ-σεως πλήκτρων ἔξαρτημάτων τηλεφώνων κ.λπ. Ἐπίσης και εἰς τὴν ναυπηγικὴν χρησιμοποιοῦνται τεμάχια ἐκ πολυαμιδῶν εἰς αὔξοντα βαθμόν. 'Αναφέρονται πυξίδες σφαιρικῶν τριβέων, πυξίδες κυλινδρι-κῶν τριβέων, παρεμβύσματα σιδηροτροχιῶν, πτερύγια ἀνεμιστή-

ρων, τεμάχια μετρητῶν ταχύτητος, τεμάχια μετρητῶν διατάξεων, ἔλικες πλοίων καὶ ἄλλα πολλά. Εἰς τὰ σχήματα 39·3 αἱ ἔως 39·3 ιερίες εἰκονίζονται διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῶν πλαστικῶν.



Σχ. 39·3 γ.

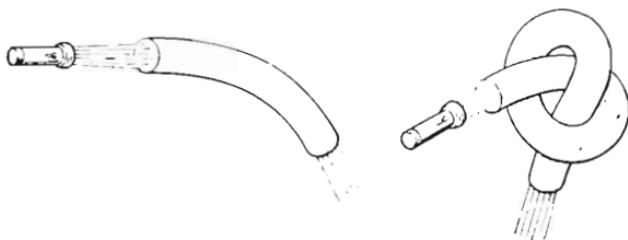
Αἱ πολυανθρακικαὶ ἐνώσεις ἐπελέγησαν διὰ κατασκευὴν ἡλεκτρικῶν ὀκροδεκτῶν λόγω τῶν καλῶν διηλεκτρικῶν καὶ μηχανικῶν ιδιοτήτων ἀντοχῆς τὰς ὅποιας ἔχουν.



Σχ. 39·3 δ.

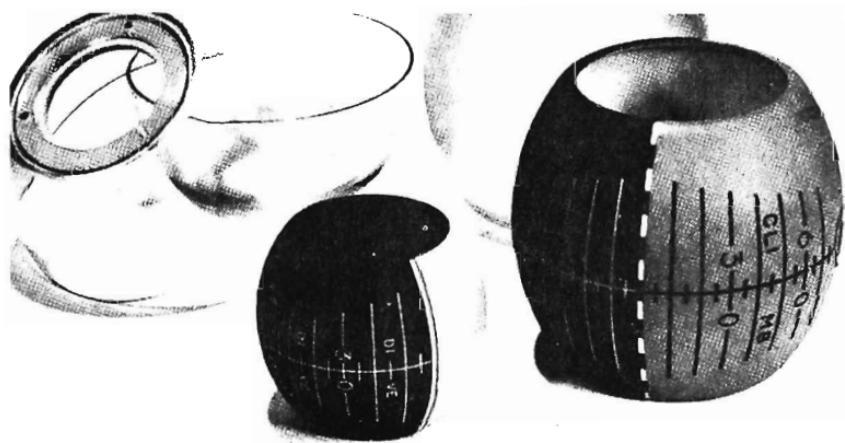
Φαινολικὰ πλαστικά.

Τὸ εἰκονιζόμενον κάλυμμα τοῦ διανομέως κινητῆρος αὐτοκινήτου, τὸ ὅποιον ἔχει χυτευθῆ ἐκ φαινολικῶν πλαστικῶν, ἀποτελεῖ ἔχοχον παράδειγμα ἑτοίμου τεμαχίου περιπλόκου σχήματος, τὸ ὅποιον δύναται νὰ κατασκευασθῇ εύκόλως καὶ ἀποδοτικῶς διὰ τῶν συγχρόνων πλαστικῶν.



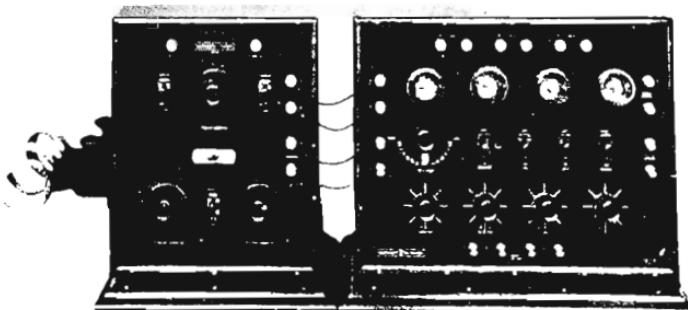
Σχ. 39·3 ε.

Έντος ράβδων εἰδικῶν ἐκ μεθακρυλικοῦ πολυμεθυλεστέρος τὸ φῶς μεταδίδεται κατὰ οἰανδήποτε καμπύλην τροχιάν.



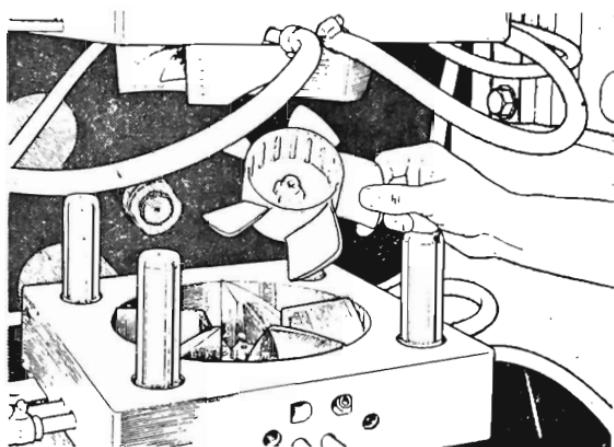
Σχ. 39·3 στ.

Τὰ ἀνωτέρω τεμάχια δργάνων ἀκριβείας διὰ τὴν ἀεροπλοίαν ἔχουν χυτευθῆ δι' ἔγχύσεως πολυσυνθρακικῶν ρητινῶν.



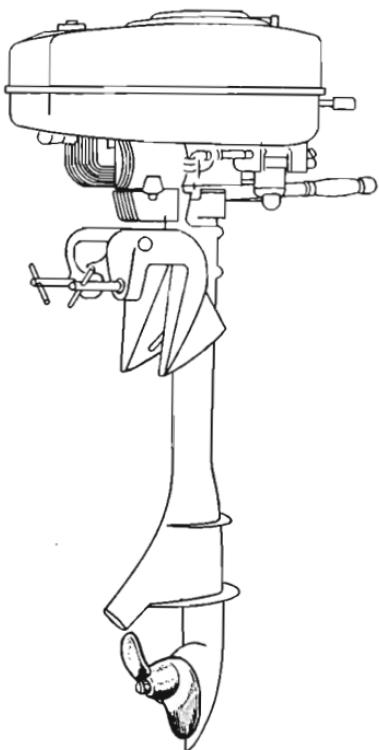
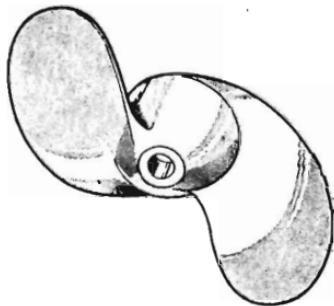
Σχ. 39·3 ζ.

Ο βακελίτης ἡτο τὸ πρῶτον συνθετικὸν ύλικόν, τὸ ὅποιον ἔχρησιμοποιήθη διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν πρώτων δεκτῶν ραδιοφώνων πρὸ πεντήκοντα ἔτῶν.



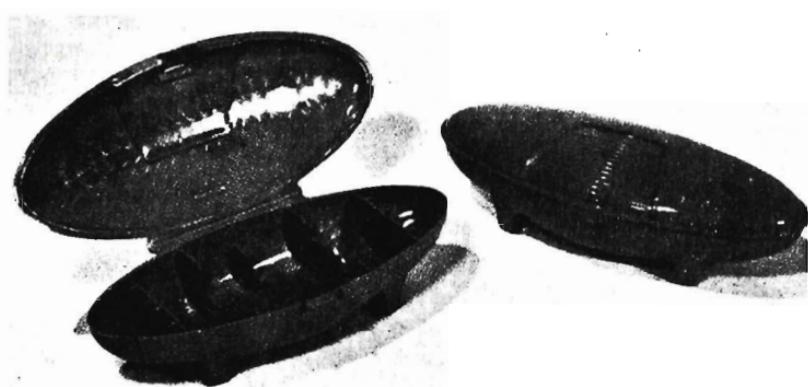
Σχ. 39 · 3 η.

Χύτευσις διὰ πιέσεως. Πτερωτή ἀνεμιστῆρος ἐκ μελαμίνης - φορμαλδεΰδης.



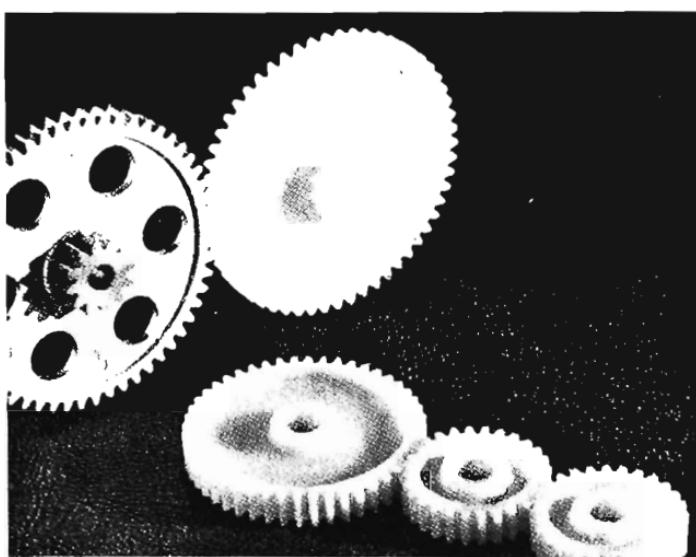
Σχ. 39 · 3 θ.

Ἡ ἑλιξ ἐκ νάυλου τῆς εἰκονιζομένης ἔξωλεμβίου μηχανῆς εἶναι σκληρά, στερεά, ἀνθεκτική εἰς κρούσεις καὶ δὲν προσβάλλεται ἀπὸ διαβρώσεις εἰς τὸ θαλάσσιον ὄνδωρ. Κατασκευάζεται εὐκόλως καὶ ὑπὸ χαμηλὸν κόστος. Ἡ ἔξαιρετικὴ ἀντοχὴ ἔναντι τῆς ἐκ τριβῆς φθορᾶς εἶναι ιδιαιτέρως χρήσιμος εἰς τὰ ἀβαθῆ ὄντα, διόπου ἡ ἑλιξ πολάκις ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ πυθμένος.



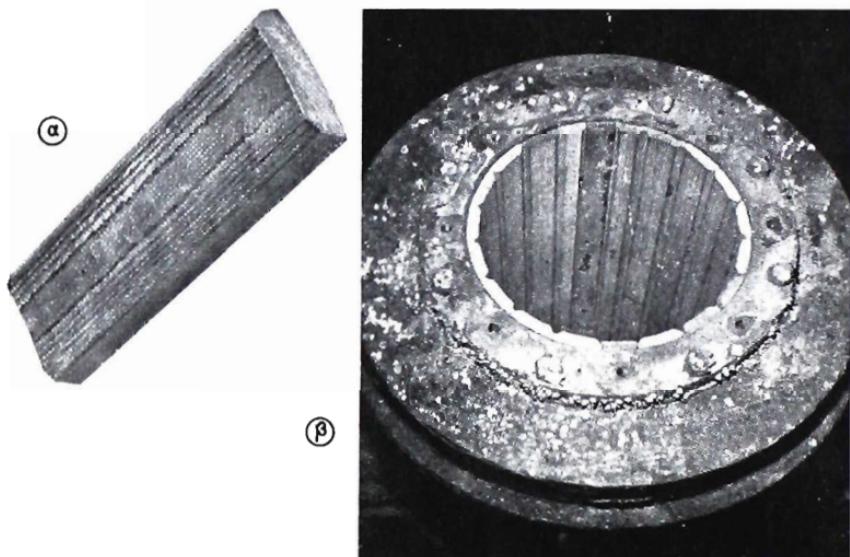
Σχ. 39·3 ι.

Τὸ ἀνωτέρω ἀντικείμενον ἔχει κατασκευασθῆ ἐκ πολυπροπυλενίου διὰ τῆς ἑσχάτως ἀναπτυχθείσης μεθόδου χυτεύσεως εἰς μίαν φάσιν ἐργασίας κινητῶν τεμαχίων συνδεδεμένων διὰ στροφέων.



Σχ. 39·3 ια.

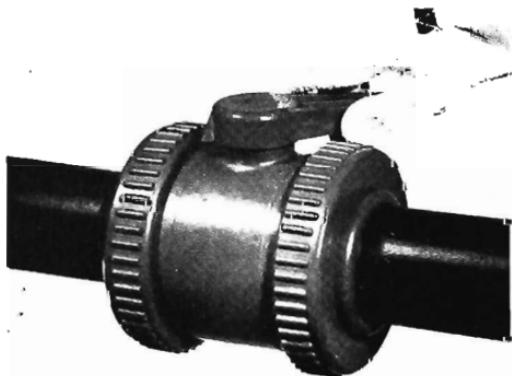
‘Οδοντωτοὶ τροχοὶ ἐκ νάυλουν ἔχουν μεγάλην μηχανικήν ἀντοχήν, στερεότητα, μακρὰν διάρκειαν ζωῆς καὶ παρέχουν ἔξαιρετικάς συνθήκας λειτουργίας: ‘Η λειτουργία των είναι ἀθόρυβος, δὲν ἀπαιτοῦν λίπανσιν καὶ διατηροῦν μεγάλην ἀντοχήν ἔναντι τῆς ἐκ τριβῆς φθορᾶς ἀκόμη καὶ εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας.



Σχ. 39 · 3 ιβ.

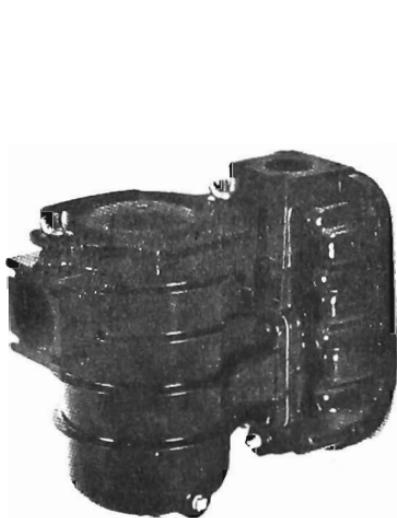
Τὰ ἐδρανα τοῦ δξονος τῆς ἑλικος εἰς πλοϊα 45 000 τόννων και ἄνω ἐπενδύονται διὰ φύλλων πλαστικοῦ:

- α) Τεμάχιον φύλλου ἐκ πλαστικοῦ δι' ἐπένδυσιν ἐδράνου πλοίου.
- β) Ἐτοιμον ἐδρανον πλοίου.



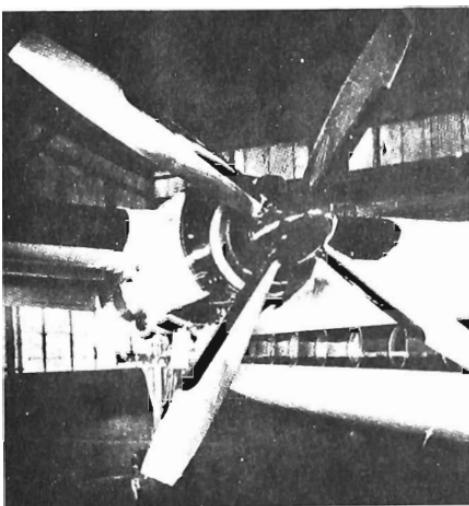
Σχ. 39 · 3 ιγ.

Βαλβίς μετὰ σφαίρας ἐκ χλωριωμένου πολυαιθέρος χυτευθεῖσα δι' ἐγχύσεως.



Σχ. 39·3 ιδ.

Κυρίως σῶμα φυγοκεντρικῆς άντλίας κατεσκευασμένον ἐκ πολυακετάλης.



Σχ. 39·3 ιε.

Αἱ ἑλικὲς τῶν ἀεροπλάνων προστατεύονται διὰ πλαστικῆς ἐπενδύσεως ἔναντι τῶν καιρικῶν ἐπιδράσεων.

39·4 Κατασκευή μεγάλων άντικειμένων ἐκ θερμοπλαστικῶν.

Ἡ βιομηχανία τῶν αὐτοκινήτων, ἡ ὅποια δύναται νὰ χαρακτηρισθῇ ὡς ἡ σημαντικωτέρα ἐκ τῶν μηχανολογικῶν βιομηχανιῶν, πρώτη ἥρχισε νὰ χρησιμοποιῇ μεγάλας μηχανὰς χυτεύσεως δι' ἔγχυσεως καὶ μορφοποιήσεως ὑπὸ πίεσιν διὰ τὴν κατασκευὴν μεγάλων τεμαχίων ἐκ πλαστικῶν ύλικῶν. Αἱ μηχαναὶ αὐταὶ ἔχουν βάρος 2000 τόνων καὶ πλέον. Μεγάλος ἀριθμὸς ἐργοστασίων αὐτοκινήτων ἔξ ἄλλου ἐγκαθιστᾶ μεγάλας μηχανὰς μορφοποιήσεως διὰ πιέσεως διὰ τὴν παραγωγὴν ὠπλισμένων πλαστικῶν τεμαχίων ἐκ συνθετικῶν ύλῶν ὑπὸ μορφὴν φύλλων. Αἱ μηχαναὶ αὐταὶ ἔχουν βάρος 1500 τόνων.

Αὐτοκίνητα, τὰ ὅποια προορίζονται καὶ δι' ἀνώμαλα ἐδάφη θὰ κατασκευάζωνται ἔξ ὀλοκλήρου ἔξ ὠπλισμένου πολυεστέρος εἰς τὰ τεράστια προσαναφερθέντα πιεστήρια. "Ἄλλα προϊόντα, τὰ ὅποια παράγονται διὰ τῆς ὡς ἄνω μεθόδου χυτεύσεως ὑπὸ πίεσιν, είναι στοιχεῖα δομικῶν κατασκευῶν, ἔτοιμαι θύραι, ἔτοιμα παράθυρα, ἔτοιμα διαχωρίσματα οἰκιῶν κ.λπ., τῶν ὅποιών ἡ διάδοσις θὰ ἐπιφέρῃ πραγματικὴν ἐπανάστασιν εἰς τὰς δομικὰς κατασκευάς.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

(Οι άριθμοί αναφέρονται εις σελίδας του βιβλίου)

- Άκετάλαι 283, 293
άλουμίνα 228
άλχημεία 3
άναγωγή (όρισμός) 2
άνακρυσταλλώσεως, θερμοκρασία 61
άνακρυσταλλώσις 61
άνόπτησις, άποτατική 118
— δι' άνακρυσταλλώσιν 61, 118
— πλήρης (η άνόπτησις) 110
— σφαιροποιήσεως σεμεντίτου 117
άπόψυξης άπότομος 95
— ήρεμος 94
— με ένδιαμέσους ταχύτητας 97
άργιλιον (άλουμίνιον) 228
άργιλου κράματα 230, 232, 233
— — μαλακτά 230, 232, 233
— — χυτευτά 236, 232, 233
άτομα 5
— ήλεκτρικῶς ούδετερα 8
άτομικοι δεσμοί 8
άτομικός άριθμός 6
— δεσμός έτεροπολικός η Ioni-
τικός 9
— — μεταλλικός 10
— — δμοιοπολικός 9
άτομου, δομή 6
— πυρήνα 6
- Βακελίτης 279, 295
βιανάδιον 176
βαφή 119, 157
— δι' ήλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγω-
γῆς 148
— ἐπίδρασις μεγέθους τεμαχίου 123
— κλιμακωτή, μαρτενσιτική 126
— — μπαινιτική 127
— χαλυβοκραμάτων 157
βαφῆς λουτρά 122
— λουτρῶν δραστικότης 123
βιολφράμιον 173
βουλκανισμός 276
βωξίτης 228
- Δενδρίτης 16
διάγραμμα χρόνου - θερμοκρασίας -
- μετασχηματισμοῦ (Χ-Θ-Μ) 97
διατάραχή 58
δοκιμασία έφελκυσμοῦ 38
— — ειδική έκλεπτυνσις θραύ-
σεως 42
— — — ἐπιμήκυνσις 39
— — — θραύσεως 41
— — μέτρον ἐλαστικότητος 40
— — νόμος τοῦ Hooke 40
— — δριον ἀναλογίας 40
— — — διαρροής 41
— — — ἐλαστικότητος 40
— — — θραύσεως 41
— — — τάσις έφελκυσμοῦ 39
— εἰς κρούσιν, μέθοδος Charpy καὶ
Izod 49
— θλίψεως 42
— κοπώσεως 52
— — καμπύλη Woehler 54
— σκληρότητος, μέθοδος Brinell 43
— — Rockwell 46
— — Shore 47
— — Vickers 45
— τῶν μετάλλων δινευ καταστρο-
φῆς τοῦ δοκιμίου 36, 37
— μὲ καταστροφὴν τοῦ δοκι-
μίου 36
- δομή νηματοειδής 272
— πλέγματος 273
— τρισδιαστάτου στερεού σκελε-
τοῦ 273
- δυσθραυστότης 50
- Έδρανα κυλίσεως 249
— δλισθήσεως 249
ἐναζώτωσις 145
ἐνανθράκωσις 136
— ἀερία ἐνανθρακωτικά μέσα 140
— στερεά ἐνανθρακωτικά μέσα 137
— ύγρα ἐνανθρακωτικά μέσα 139
ἔξαγωγική μεταλλουργία (όρισμός) 3
ἔξανθράκωσις (χάλυβος) 113
ἔξομάλυνσις 114
ἔξωθησις 287
ἐπαναφορά 127

- έπαναφορά μετασχηματισμός μαρτεν-
σίτου 127
 — χαλυβοκραμάτων 158
 ἐπιβελτίωσις 133, 168
 εύτηκτική ἀναλογία 24
 — θερμοκρασία 24
 εύτηκτικὸν κράμα ἡ εύτηκτική 24
 — — (λεδεμβουρίτης) 84
 εύτηκτοειδές κράμα ἡ εύτηκτοειδής 25
 — — (περλίτης) 85
 ἐφέλκυσμός 38
 ἐφέλκυσμού διάγραμμα 40

- Ηλεκτρική ἀγωγιμότης μετάλλων 21
 ἡλεκτρόνια, πλανητικά 6
 — σθένους 9
 ἡλεκτρονικός φλοιός 8
 — — σθένους 9

- Θερμηλασία 64
 θερμική ἀγωγιμότης μετάλλων 11
 — κατεργασία (όρισμός) 92
 θερμικὸν διάγραμμα ἀπόλον εύτηκτικοῦ
 τύπου (βισμούθιον-καδμίον) 30
 — — ισορροπίας κράματος 26
 — — — κραμάτων σιδήρου - σε-
 μεντίτου 82
 — — — συνθέτου κράματος (κασ-
 σιτέρου - μολύβδου) 32
 θερμικὸν διαγράμματος κράματος κα-
 τασκευὴ 27
 θερμοηλεκτρικά ζεύγη 107
 — πυρόμετρα 106
 θερμοκρασίας, δείκται Seger 109
 — μέτρησης 103
 — μὲ δόπτικὴν ἔκτιμησιν χρω-
 ματισμοῦ 104
 θερμόμετρα διαστολῆς ύγροῦ 104
 — ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως 106
 — πιέσεως ἀρείου 106
 — — ἀτμοῦ 105
 θερμομετρικαὶ κλίμακες 103
 θερμοπλαστικαὶ ὥλαι 281, 282
 θερμοπλαστική ἴδιότης 273
 θλῖψις 38

- Ίον 9
 ισορροπία φάσεων 26
 ισότοπα 6

- Καλούπι 287
 καμπτύλη ἀποψύξεως μετάλλων ἡ κρά-
 ματος 27

- καουτσούκ 269, 278, 279
 κατεργασίαι παραμορφώσεως 62
 κατεργαστικότης μετάλλου ἡ κράμα-
 τος 110
 καῦσις συνθετικῶν ύλῶν 279
 κέντρον κρυσταλλώσεως ἡ φύτρον 15
 κλίβανοι θερμικῶν κατεργασιῶν 150
 — — — ἡλεκτρικοί 153
 — — — στερεοῦ, ύγροῦ ἡ ἀερί-
 ου καυσίμου 153
 — — — συνεχούς ροής 151
 — — — τύπου παρτίδος 150
 κόκκος ἡ κρυσταλλίτης 17
 κονιομεταλλουργία 253
 — ἐμποτισμός αύτολιπαινομένων
 ἐδράνων 261
 κονιομεταλλουργίας δλλαι ἐφαρμογαὶ
 267, 264
 — ἀνάμιξις συστατικῶν 257
 — ἀναπυροσυσσωμάτωσις 261
 — δι' ἀναγωγῆς ὅξειδίων μετάλ-
 λων 256
 — δι' ἡλεκτρολύσεως ἀλάτων με-
 τάλλων 257
 — διά ρεύματος πεπιεσμένου ὀάρεος
 256
 — προπυροσυσσωμάτωσις 261
 — πυροσυσσωμάτωσις 259
 — συμπίεσις 257
 — φάσεις 254
 — — δευτερεύουσαι 260
 — — παραγωγὴ τῶν κόνεων
 256

- κράμα (όρισμός) 21
 — μετάλλου-ἀμετάλλου 22
 — — -μεταλλοειδοῦς 22
 — — -μετάλλου 22
 κράματα ἀντιτριβικὰ ἡ ἐδράνων ὄλι-
 σθῆσεως 249
 — — μὲ βάσιν τὸν χαλκὸν 250
 κρατέρωμα 2
 κρατερώματα ἡ μπροῦντζοι 224, 225
 κρυσταλλικῆς δομῆς μετασχηματισμοὶ
 26
 κρυσταλλικὸν πλέγμα 14
 — — ἐνδοκεντρωμένον κυβικὸν
 14, 15
 — — μεγίστης πυκνότητος ἔξα-
 γωνικὸν 15
 — — στοιχειῶδες κύτταρον 14
 — — χωροκεντρωμένον κυβικὸν
 14, 15
 κρυσταλλίτης ἡ κόκκος 17
 κρύσταλλος 16

Lexan 500, 282
λευκά μέταλλα 251
 — — μὲ βάσιν τὸν κασσίτερον 251
 — — — μόλυβδον 252
 λουτρά τετηγμένων ἀλάτων 154, 156

Μαγγάνιον i64
μαγνήσιον 239
μαγνησίου κράματα 239
 — — Mg - Al - Zn - Mn 238
 — — Mg - Mn 239
 — — Mg - Zn - Z 238, 239
μαζικός ἀριθμός 6
μαρτενσίτης 95, 119
μεσομεταλλική ἐνωσις 22, 25
μέταλλα αὐτοφυῆ I
 — ἔλατά 12
 — ὅλκιμα 12
μετάλλευμα 3
μεταλλογνωσία (όρισμός) 4
μεταλλον., πολυκρυσταλλικὸν 17
μετάλλου σημείον τήξεως ἢ πήξεως 15
 — στερεόποιησις (ἢ κρυστάλλωσις) 15
μετάλλων, ιδιότητες 12
 — ὄρισμός 12
 — κρυσταλλικὴ δομὴ 13
 — φυσικαὶ σταθεραὶ 13

μήτρα 287
μηχάνημα ἔφελκυσμοῦ καὶ θλίψεως 39
μολυβδίνιον 176
μόλυβδος 243
μολύβδου κράματα 243
 — — Pb - Sb 243
 — — Pb - Sn 243
 — — τυπογραφικὰ 244
μονομερῆ 269, 270
μόρια 5
μορφοποίησις 286
μπαινίτης, ἀνώτερος 98, 99
 — κατώτερος 98, 99

Νάυλον 277, 280, 284, 291, 297
νετρόνια ἢ ούδετερόνια 6
νηματοειδῆς δομὴ 272
νικέλιον 166, 245
νικελίου κράματα 246
 — — ἡλεκτρικ. ἀντιστάσεων 248
 — — Ἰνκονέλ 246
 — — Μονέλ 246
 — — Νιμόνικ 247
 — — πυρίμαχα 246
 — — χαστελλόϋ 247,
νουκλεόνια 6

ντουραλουμίνιον 231, 232, 233
‘Ορείχαλκοι 223, 225
 ούδετερόνια ἢ νετρόνια 6
Πλαστικά 269
πλαστικῆς παραμορφώσεως, μηχανισμὸς 57
πλαστικότης 12, 41
πλέγμα 273
πολυαιθυλένιον 278
πολυαιθυλενοξείδιον 284
πολυακετάλαι 282
πολυαμίδαι 280, 284, 291, 293
Πολυανθρακικὰ πλαστικά 279, 282, 284, 294

πολυβιυνολοχλωρίδιον 271
πολυεστέρες 277, 279, 292
πολυμερῆ, ὄρισμός 269
 — ὑποδιαιρέσις 270
πολυμερισμὸς 270
πολυουρεθάναι (μή ἀφρώδεις) 284
πολυπροπυλένιον 279, 297,
πολυπροσθήκη 271
πολυστυρένιον 279
πολυσυμπύκνωσις 270
πολυτετραφθοριοσιθυλένιον 279, 283
προσθηκῶν ἐπίδρασις 161, 165
πρωτόνια 6
πυρίτιον 178
πυρόμετρα ἀκτινοβολίας 108

Ρητῖναι 269

Σεμεντίτης 82
 — πρωτογενής 91
σιδηρομεταλλεύματα 66
σιδηρομεταλλευμάτων, μηχανικὴ προέργασία 68
σιδήρους α-σιδήρος 80
 — — γ-σιδήρος 81
 — — δ-σιδήρος 81
 — — ἀλλοτροπία 79
 — — κρίσιμα σημεῖα 80
 — — σφυρηλάτου παρασκευὴ 74
σκληρυνομένη συνθετικὴ ςλη 273
σκληρομέταλλα μὲ καρβίδια ἢ σκληρομέταλλα 253, 262
σκληρομετάλλων ιδιότητες καὶ χρήσεις 266
 — παραγωγὴ 262, 264
 — τυποποιησις 267
σκληρόμετρον 44
σκληρότης (όρισμός) 43

- σκλήρωσις 55
 σκλήρωσις κραμάτων ἀργιλίου ἐκ
 κατακρημνίσεως διὰ γηράνσε-
 ως 235, 236
 σορμπίτης 130, 131
 στερεόν διάλυμα 23
 — ἀντικαταστάσεως 23
 — — κεκορεσμένον 24
 — — παρεμβολῆς 23
 στερεοποίησις μετάλλων ἡ κράματος 27
 — — — liquidus 28
 — — — Solidus 29
 — — — Solvus 32
 στοιχεία ἡλεκτραρνητικά 9
 — ἡλεκτροθετικά 9
 συμπύκνωσις 269
 συνθετικαὶ ψλαι 269
 σώματα ἄμορφα 14
 — κρυσταλλικὰ 14
- Ταχύτης** ἀποψύξεως 18
 — — ἐπιδρασίς 94
 — — κρίσιμος 102
 ταχυχάλυβες, 194, 196, 197
 τρισδιάστατος στερεός σκελετός 273
 τροοστίτης 130, 131
 τυποποίησις χαλύβων 182
 — — ἀμερικανικὸν σύστημα 185
 — — γερμανικὸν — 182
- Ύλικά συνεκτικά 42
 — ψαθυρά 42
 ύπόψυξις 18
- Φαινολικά** πλαστικά 270, 294
 φερρίτης 83
 φθοριοπλαστικά 283
 φλογοβαφή 146
 φύτρον ἡ κέντρον κρυσταλλώσεως 15
- Χαλκοαργιλίον** 226
 χαλκονικέλιον 227
 χαλκός 221
 χαλκοῦ κράματα 222
 χάλυβες ἀνθρακοῦχοι 79, 85
 — — εύτηκτοειδεῖς 89
 — — ὑπερευτηκτοειδεῖς 90
 — — ὑποευτηκτοειδεῖς 87
 — — ἀνοξείδωτοι 198
 — — μαρτενσιτικοί 199
 — — περικρυσταλλικοί, διάβρω-
 σις 201
 — — φερριτικοί 202
 — — ώστενιτικοὶ 200

- χάλυβες βαναδιοῦχοι (πλήν ταχυχα-
 λύβων) 179
 — βιολφραμιοῦχοι (πλήν ταχυχα-
 λύβων) 175
 — ἐργαλείων 189
 — — ἀντοχῆς εἰς κρούσεις 191
 — — θερμηλασίας 193
 — — θερμικαὶ κατεργασίαι 195
 — — κοινοὶ 191, 192
 — — ψυχρηλασίας 192
 — — ἡλεκτρομαγνητικῶν ἔφαρμογῶν
 202
- κατασκευῶν 185
 — — ἀνθρακοῦχοι 186, 187
 — μαγγανιοῦχοι 164, 167
 — — μαρτενσιτικοὶ 166
 — — περλιτικοὶ 164
 — — ώστενιτικοὶ 166
 — μολυβδαινιοῦχοι 177
 — νικελιοῦχοι 166, 170
 — — iνβάρ 168
 — — μαρτενσιτικοὶ 168
 — — περλιτικοὶ 166
 — — πέρμαλλού 168
 — — ώστενιτικοὶ 168
 — νικελιοχρωματοῦχοι 172, 174
 — — ἐνανθρακώσεως 172
 — πυρίμαχοι 202, 207
 — πυριτιοῦχοι 178
 — χρωμιοῦχοι 169, 171
- χαλυβοκράματα εἰδικά 198
 — κατασκευῶν 188
 — — ἐναζωτώσεως 189
- χαλυβοκραμάτων, εύθραυστότης ἐξ
 ἐπαναφορᾶς 159, 173
- χάλυβος ἐπιβελτίωσις 133
 — παρασκευὴ 75
 — — ἡλεκτρικὴ μέθοδος 78
 — — μέθοδος Μπέσσεμερ 76
 — — μέθοδος Σῆμενς-Μαρτέν 76
- χαλύβων ἀκαθαρσίαι, 178
 — ἐπιφανειακὴ σκλήρωσις 135
 — — ἐργαλείων, θερμικαὶ κατεργα-
 σίαι 195
- χημικά στοιχεῖα 5
 χημικαὶ ἐνώσεις 5, 8
 χρώμιον 169
 χύτευσις δι' ἐγχύσεως 286, 289, 299
 — — ἐμφυσήσεως 286, 288
 — — πτίσεως 286, 290, 295
- χυτοσίδηροι εἰδικοὶ 212, 219, 220
 — λευκοὶ 207, 209
 — μαλακτοποιημένοι 213
 — φαιοὶ 210

- χυτοσίδηροι φαιοί λευκῆς ἐπιφανείας
θραύσεως 215
— — περλιτικοί 211
— — φερρίτικοι 211
— — μελαίνης — — 213
— σφαιροειδούς γραφίτου 217
- χυτοσίδηρος 206
— λευκός 72
— φαιός 72
- χυτοσίδηρος παρασκευή διά τῆς μεθόδου Κρούπ-Ρένν 73
— — — τῆς ύψικαμίνου 69
- Ψευδάργυρος** 241
ψευδαργύρου κράματα 241
ψυχρηλασία 61
- Ωστενίτης** 82
— κεκορεσμένος 83
-