

ΤΕΧΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ



1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ

1.— *Μαθηματικὰ* Α΄, Β΄
2.— *Χημεία*
3.—*Ἐφηρμοσμένη Ἠλεκτροχημεία*
4.— *Μηχανικὴ* Α΄, Β΄
5.— *Ραδιοτεχνία* Α΄, Β΄
6.— *Εἰσαγωγὴ στὴν τεχνικὴ τῆς Τηλεφωνίας*
7.— *Τεχνολογία Μηχανουργικῶν Μετρήσεων*
8.— *Μηχανολογικὸν Σχέδιον*
9.— *Κινητῆριαι Μηχαναὶ* Α΄, Β΄, Γ΄
10.— *Στοιχεῖα Μηχανῶν*
11.— *Τεχνολογία Συγκολλήσεων*
12.—*Ἠλεκτρολογία* Α΄, Β΄, Γ΄
13.—*Ἠλεκτρικαὶ Μηχαναὶ* Α΄, Β΄
14.—*Ἐργαστηριακαὶ Ἀσκήσεις Ἠλεκτρολογίας*
15.— *Γενικὴ Δομικὴ* Α΄, Β΄, Γ΄
16.— *Οἰκοδομικὴ* Α΄, Β΄, Γ΄, Δ΄
17.— *Οἰκοδομικαὶ Σχεδιάσεις*
18.— *Σχεδιάσεις Τεχνικῶν Ἔργων*
19.— *Τοπογραφία*
20.— *Δομικὰ Ὑλικὰ* Α΄, Β΄

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

Ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης, ἱδρυτὴς καὶ χορηγὸς τοῦ «Ἱδρύματος Εὐγενίδου» προεῖδεν ἐνωρίτατα καὶ ἐσχημάτισε τὴν βαθεῖαν πεποίθησιν, ὅτι ἀναγκαῖον παράγοντα διὰ τὴν πρόοδον τοῦ ἔθνους θὰ ἀπετέλει ἡ ἀρτία κατάρτισις τῶν τεχνικῶν μας ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὴν ἠθικὴν ἀγωγὴν αὐτῶν.

Τὴν πεποίθησίν του αὐτὴν τὴν μετέτρεψεν εἰς γενναιόφρονα πρᾶξιν εὐεργεσίας, ὅταν ἐκληροδότησε σεβαστὸν ποσὸν διὰ τὴν σύστασιν Ἱδρύματος, ποὺ θὰ εἶχε σκοπὸν νὰ συμβάλῃ εἰς τὴν τεχνικὴν ἐκπαίδευσιν τῶν νέων τῆς Ἑλλάδος.

Διὰ τοῦ Β. Διατάγματος τῆς 10ης Φεβρουαρίου 1956, συνεστήθη τὸ Ἵδρυμα Εὐγενίδου καὶ κατὰ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτου ἐτέθη ὑπὸ τὴν διοίκησιν τῆς ἀδελφῆς του Κυρίας Μαρ. Σίμου. Ἀπὸ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἤρχισαν πραγματοποιούμενοι οἱ σκοποὶ ποὺ ὡραματίσθη ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης καὶ συγχρόνως ἡ πλήρωσις μιᾶς ἀπὸ τὰς βασικωτέρας ἀνάγκας τοῦ ἐθνικοῦ μας βίου.

* * *

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

Τὸ ὅλον ἔργον ἤρχισε μὲ τὴν ὑποστήριξιν τοῦ Ὑπουργείου Βιομηχανίας, τότε ἁρμοδίου διὰ τὴν τεχνικὴν ἐκπαίδευσιν, καὶ συνεχίζεται ἤδη μὲ τὴν ἔγκρισιν καὶ τὴν συνεργασίαν τοῦ Ὑπουργείου Ἐθνικῆς Παιδείας, βάσει τοῦ Νομοθετικοῦ Διατάγματος 3970/1959.

Αἱ ἐκδόσεις τοῦ Ἱδρύματος διαιροῦνται εἰς τὰς ἀκολούθους βασικὰς σειράς, αἱ ὁποῖαι φέρουν τοὺς τίτλους:

«Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνίτη», «Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνικοῦ», «Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνικοῦ βοηθοῦ Χημικοῦ», «Τεχνικὴ Βιβλιοθήκη».

Ἐξ αὐτῶν ἡ πρώτη περιλαμβάνει τὰ βιβλία τῶν Σχολῶν Τεχνιτῶν,

ἡ δευτέρα τὰ βιβλία τῶν Μέσων Τεχνικῶν Σχολῶν, ἡ τρίτη τῶν Σχολῶν Τεχνικῶν βοηθῶν Χημικῶν, ἡ τετάρτη τὰ βιβλία τὰ προοριζόμενα διὰ τὰς ἀνωτέρας Τεχνικὰς Σχολὰς (ΚΑΤΕ, ΣΕΛΕΤΕ, Σχολαὶ Ὑπομηχανικῶν). Παραλλήλως, ἀπὸ τοῦ 1966 τὸ Ἵδρυμα ἀνέλαβε καὶ τὴν ἐκδοσιν βιβλίων διὰ τὰς Δημοσίας Σχολὰς Ε.Ν.

Αἱ σειραὶ αὗται θὰ ἐμπλουτισθοῦν καὶ μὲ βιβλία εὐρυτέρου τεχνικοῦ ἐνδιαφέροντος χρήσιμα κατὰ τὴν ἄσκησιν τοῦ ἐπαγγέλματος.

* * *

Οἱ συγγραφεῖς καὶ ἡ Ἐπιτροπὴ Ἐκδόσεων τοῦ Ἱδρύματος καταβάλλουν κάθε προσπάθειαν, ὥστε τὰ βιβλία νὰ εἶναι ἐπιστημονικῶς ἄρτια ἀλλὰ καὶ προσηρμοσμένα εἰς τὰς ἀνάγκας καὶ τὰς δυνατότητας τῶν μαθητῶν. Διὰ αὐτὸ καὶ τὰ βιβλία αὐτὰ ἔχουν γραφῆ εἰς ἁπλῆν γλῶσσαν καὶ ἀνάλογον πρὸς τὴν στάθμην τῆς ἐκπαιδεύσεως δι' ἣν προορίζεται ἑκάστη σειρὰ τῶν βιβλίων. Ἡ τιμὴ των ὡρίσθη τόσον χαμηλή, ὥστε νὰ εἶναι προσιτὰ καὶ εἰς τοὺς ἀπόρους μαθητάς.

Οὕτω προσφέρονται εἰς τὸ εὐρὺ κοινὸν τῶν καθηγητῶν καὶ τῶν μαθητῶν τῆς τεχνικῆς μας παιδείας αἱ ἐκδόσεις τοῦ Ἱδρύματος, τῶν ὁποίων ἡ συμβολὴ εἰς τὴν πραγματοποίησιν τοῦ σκοποῦ τοῦ Εὐγενίου Εὐγενίδου ἐλπίζεται νὰ εἶναι μεγάλη.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ἀλέξανδρος Ι. Παππᾶς, Ὁμ. Καθηγητὴς ΕΜΠ, Πρόεδρος
Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης, Διπλ.- Μηχ.-Ἠλ. ΕΜΠ, Ἀντιπρόεδρος
Μιχαὴλ Γ. Ἀγγελόπουλος, Τακτικὸς Καθηγητὴς ΕΜΠ
Θεόδωρος Α. Κουζέλης, Διπλ. Μηχ.-Ἠλ.-Ἐπιθ. Ἐπαγγ. Ἐκπ. Ὑπ. Παιδείας
Ἐπιστημ. Σύμβουλος, **Γ. Ροῦσσος** Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ
Σύμβουλος ἐπὶ τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἱδρύματος, **Κ. Α. Μανάφης** Δρ. Φιλ.
Γραμματεύς, **Δ. Π. Μεγαρίτης**

Διατελέσαντα μέλη ἢ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

Γεώργιος Κακριδὴς † (1955 - 1959) Καθηγητὴς ΕΜΠ, *Ἄγγελος Καλογερᾶς* † (1957 - 1970) Καθηγητὴς ΕΜΠ, *Δημήτριος Νιάνιας* (1957 - 1965) Καθηγητὴς ΕΜΠ, *Μιχαὴλ Σπετσιέρης* (1956 - 1959), *Νικόλαος Βασιώτης* (1960 - 1967)

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΠΕΤΡΟΥ ΓΕΩΡΓ. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΑΘΗΝΑΙ
1972



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

'Η γνῶσις τῶν ὑλικῶν, μεταλλικῶν, πλαστικῶν καὶ μή, ποὺ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς ποικίλας μηχανουργικὰς κατασκευάς, ἀποτελεῖ σημαντικὸν παράγοντα διὰ τὴν ἐπιτυχῆ σχεδίασιν τῶν κατασκευῶν τούτων ὡς καὶ διὰ τὴν οἰκονομικωτέραν ἐκτέλεσιν αὐτῶν. Τὸ ἀνὰ χεῖρας βιβλίον, φέρον τὸν τίτλον ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ἐγράφη διὰ νὰ βοηθήσῃ τοὺς ἀναγνώστας νὰ κατανοήσουν τὴν κρυσταλλικὴν δομήν, τὰς μηχανικὰς καὶ λοιπὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας, τὰς θερμικὰς κατεργασίας, ὡς καὶ τὰς βιομηχανικὰς ἐφαρμογὰς τῶν περισσότερον εὐχρήστων ἐκ τῶν προαναφερθέντων.

Τὸ σύγγραμμα τοῦτο ἀπευθύνεται κατὰ βάσιν πρὸς τοὺς σπουδαστὰς τῆς 'Ανωτέρας Τεχνικῆς 'Εκπαιδεύσεως. Δύναται ὅμως νὰ χρησιμεύσῃ καὶ διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν σχολῶν 'Εμπορικοῦ Ναυτικοῦ, ἐνδεχομένως δὲ καὶ διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν μέσων Τεχνικῶν Σχολῶν, διότι κατὰ τὴν συγγραφὴν ἐλήφθησαν ὑπ' ὄψιν καὶ τὰ ἀναλυτικὰ προγράμματα τῶν Σχολῶν τούτων· θέματα μὴ ἀπαιτούμενα διὰ τὴν στάθμην τῆς διδασκαλίας εἰς τὰς ὡς ἄνω σχολὰς ἐστοιχειοθετήθησαν διὰ μικροτέρων στοιχείων. Ταῦτα οὔτε ὁ διδάσκαλος ὑποχρεοῦται νὰ τὰ διδάξῃ, οὔτε καὶ ὁ μαθητὴς νὰ τὰ ἐξετασθῇ. 'Η διάκρισις αὕτη τῆς ὕλης ἐγένετο, χωρὶς νὰ διαταράσσεται ἡ ἀλληλουχία αὐτῆς.

Κατὰ τὴν συγγραφὴν κατεβλήθη προσπάθεια, ὥστε τὸ βιβλίον νὰ παραμείνῃ, κατὰ τὸ δυνατόν, αὐτοτελές, διὰ νὰ μὴ ὑποχρεοῦνται οἱ ἀναγνῶσται νὰ καταφεύγουν καὶ εἰς ἄλλα βιβλία. Ἔτσι, περιελήφθησαν θέματα ἐκ τῆς Χημείας, τῆς Πειραματικῆς ἀντοχῆς τῶν ὑλικῶν καὶ ἄλλα. Τὰ ἀναφερόμενα εἰς τὸ σύγγραμμα τοῦτο δύνανται οὐσιαστικῶς νὰ βοηθήσουν τὸ μάθημα τῶν Στοιχείων Μηχανῶν, ἀλλὰ καὶ οἱονδήποτε ἄλλο τεχνολογικὸν μάθημα, ὅπου ἐκτελοῦνται ὑπολογισμοὶ καὶ ἐκλέγονται ὑλικά.

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

Τὸ κείμενον διαιρεῖται εἰς δώδεκα Μέρη.

Εἰς τὸ πρῶτον δίδεται σύντομον ἱστορικὸν τῆς ἀναπτύξεως τῶν μεταλλικῶν ὑλικῶν, διότι πιστεύομεν ὅτι ἡ 'Ιστορία τῆς 'Επιστήμης, εἰς οἱονδήποτε τομέα της, ἐνέχει ἐξαιρετικὴν σημασίαν. 'Ακολούθως περιέχονται ἡ δομὴ καὶ αἱ ἰδιότητες τῶν μετάλλων.

Εἰς τὸ δεύτερον ἀναπτύσσονται τὰ διμερῆ κράματα μὲ ἔμβασιν εἰς τὰ διαγράμματα θερμικῆς ἰσορροπίας τούτων, καθὼς ἐπίσης μὲ τοὺς κρυσταλλικοὺς μετασχηματισμοὺς ποὺ παρατηροῦνται.

Τὸ τρίτον καλύπτει τὰς μηχανικὰς δοκιμασίας τῶν μετάλλων, τὸ δὲ τέταρ-

ΕΥΓΕΝΙΔΕΙΟΣ ΙΔΡΥΜΑ 1954

τον τὰς ἀρχὰς τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως των ἐκ σχετικῶν μηχανικῶν κατεργασιῶν.

Τὸ πέμπτον περιέχει τὰ τῆς μεταλλουργίας τοῦ σιδήρου καὶ τὰ τῆς παρασκευῆς τοῦ χάλυβος, ἐνῶ τὸ ἕκτον ἀναφέρεται εἰς τοὺς ἀνθρακούχους ἐν γένει χάλυβας.

Τὸ ἕβδομον περιλαμβάνει τὰς θερμικὰς κατεργασίας τῶν χαλύβων.

Τὸ ὄγδοον καλύπτει τὰ χαλυβοκράματα μὲ ἰδιαιτέραν ἔμβασιν ἐπὶ τῆς ἐπιδράσεως τῶν ποικίλων προσθηκῶν εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν καὶ τὰς μηχανικὰς ἢ ἄλλας ἰδιότητάς των· ἐπίσης περιγράφει τὰς βιομηχανικὰς χρήσεις τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων, τῶν χαλυβοκραμάτων, ὡς καὶ εἰδικῶν τινων χαλυβοκραμάτων (ἀνοξείδωτοι, πυρίμαχοι χάλυβες κ.λπ.). Πρέπει ἐδῶ νὰ τονισθῆ ἰδιαιτέρως, ὅτι πρὸς εὐκολίαν ἐπιλογῆς ἀνθρακούχων χαλύβων, ὡς καὶ χαλυβοκραμάτων κατὰ τὰς ἐφαρμογὰς εἰς τὴν πρᾶξιν, ἔχει καταρτισθῆ μέγας ἀριθμὸς σχετικῶν πινάκων, εἰς τοὺς ὁποίους ἀναφέρονται ἡ χημικὴ σύνθεσις, αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες, αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι, ὅπου ἀπαιτοῦνται, ὡς καὶ αἱ συνιστώμεναι βιομηχανικαὶ χρήσεις. Τὸ αὐτὸ ἔχει ἐφαρμοσθῆ καὶ διὰ τὰ βασικώτερα ἐν χρήσει μὴ σιδηροῦχα κράματα (δέκατον Μέρος).

Εἰς τὸ ἕνατον περιγράφονται οἱ χυτοσίδηροι ἀπὸ ἀπόψεως κρυσταλλικῆς δομῆς, μηχανικῶν ἰδιοτήτων 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 ἑνδέκατον δίδονται βασικὰ στοιχεῖα περὶ τῆς Κονιομεταλλουργίας, περὶ τῶν φάσεων παραγωγῆς τῶν προϊόντων της, ὡς καὶ περὶ τῶν ἐφαρμογῶν τούτων, ἰδιαιτέρως δὲ τῶν σκληρομετάλλων.

Τέλος, τὸ δωδέκατον Μέρος, περὶ τῶν πλαστικῶν, συνεγράφη 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 ἰδιότητας καὶ τοὺς ἐπὶ μέρους τομεῖς ἐφαρμογῶν τούτων, καθὼς ἐπίσης καὶ τὰς μεθόδους μορφοποιήσεώς των. Ἡ συγγραφὴ τοῦ μέρους τούτου ἐκρίθη ἀναγκαία, λόγω τῆς ὁλονὲν μεγαλυτέρας οἰκονομικῆς καὶ τεχνικῆς σημασίας, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾶ ἡ ἐφαρμογὴ τῶν πλαστικῶν εἰς τὰς μηχανουργικὰς ἐν γένει κατασκευάς.

Ὡς ἐκ τοῦ περιεχομένου του νομίζομεν, ὅτι τὸ βιβλίον εἶναι χρήσιμον καὶ διὰ πάντα περὶ τὰς ἰδιότητας τῶν μετάλλων καὶ τὴν δομὴν αὐτῶν ἀσχολούμενον.

Μὲ τὴν ἐλπίδα ὅτι τὸ σύγγραμμα αὐτὸ θὰ ἀνταποκριθῆ τοῦ σκοποῦ, διὰ τὸν ὁποῖον ἐγράφη, εὐχαριστῶ θερμῶς τὴν Ἐπιτροπὴν Ἐκδόσεως τοῦ Ἱδρύματος Εὐγενίδου, καθὼς ἐπίσης καὶ τὸ Τμῆμα Ἐκδόσεων διὰ τὰς καταβληθείσας προσπαθείας, τόσον κατὰ τὴν συγγραφήν, ὅσον καὶ διὰ τὴν ἀρτιωτέραν ἐμφάνισιν τοῦ παρόντος.

Ὁ συγγραφεὺς

ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

ΚΕΦ. 1 **Σύντομον ἱστορικὸν** 1

ΚΕΦ. 2 **Ἰδιότητες καὶ δομὴ τῶν μετάλλων**

Παράγρ. Σελὶς

2 - 1 Μόρια καὶ ἄτομα 5
2 - 2 Ἡ δομὴ τοῦ ἀτόμου 6
2 - 3 Σχηματισμὸς τῶν χημικῶν ἑνώσεων. Ἀτομικοὶ δεσμοί 8
2 - 4 Ὁρισμὸς καὶ ἰδιότητες τῶν μετάλλων 12
2 - 5 Ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τῶν μετάλλων 13

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ

ΚΕΦ. 3 **Ὁρισμοὶ - Γενικότητες**

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

ΚΕΦ. 4 **Τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας τοῦ κράματος**

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

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΑΙ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

ΚΕΦ. 5 **Μέθοδοι δοκιμασιῶν** 36

ΚΕΦ. 6 **Ἡ δοκιμασία ἐφελκυσμοῦ καὶ θλίψεως** 38

ΚΕΦ. 7 **Ἡ δοκιμασία σκληρότητος**

7 - 1 Ἡ μέθοδος Brinell 41

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

ΚΕΦ. 8 Ἡ δοκιμασία εἰς κροῦσιν (δοκιμασία δυσθραυστότητος) 50

ΚΕΦ. 9 Ἡ δοκιμασία κοπώσεως 52

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

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

ΚΕΦ. 10 Ἡ σκλήρωσις 55

ΚΕΦ. 11 Ὁ μηχανισμὸς τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως 57

ΚΕΦ. 12 Ψυχρηλασία τῶν μετάλλων καὶ κραμάτων - Ἀνακρυστάλλωσις 62

ΚΕΦ. 13 Θερμηλασία τῶν μετάλλων 64

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟΝ

Η ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΟΣ

ΚΕΦ. 14 Σιδηρομεταλλεύματα 66

ΚΕΦ. 15 Ἡ 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

ΚΕΦ. 16 Ἀλλοτροπίαι τοῦ σιδήρου 79

ΚΕΦ. 17 Τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας τῶν κραμάτων σιδήρου καὶ ἄνθρακος

17 - 1 Τὸ πλῆρες διάγραμμα 82
17 - 2 Ἡ περιοχὴ τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων 85

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΘΕΡΜΙΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΙ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ

ΚΕΦ. 18 Γενικὰ ἀπὸ τὴν θεωρίαν τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν

18 - 1 Ὁρισμός, σημασία καὶ εἴδη θερμικῶν κατεργασιῶν 92
18 - 2 Ἐπίδρασις τῆς ταχύτητος ἀποψύξεως 94
18 - 3 Συνδυασμὸς τῶν καμπυλῶν ἀποψύξεως 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 Ἐξομάλυνσις 114
19 - 4 Ἀνόπτησις σφαιροποιήσεως σεμεντίτου 117
19 - 5 Ἀνόπτησις δι' ἀνακρυστάλλωσιν 118
19 - 6 Ἀποτατικὴ ἀνόπτησις 118
19 - 7 Βαφή 119
19 - 8 Ἐπαναφορά 127
19 - 9 Ἐπιφανειακὴ 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 Ἐπίδρασις τῶν προσθηκῶν. Εἴδη 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 Εἰδικὰ χαλυβοκράματα 198

ΜΕΡΟΣ ΕΝΑΤΟΝ

ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

ΚΕΦ. 22 Γενικὰ περὶ χυτοσιδήρων

206

ΚΕΦ. 23 Λευκοὶ καὶ φαιοὶ χυτοσίδηροι

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

ΚΕΦ. 24 Μαλακτικοποιημένοι χυτοσίδηροι 213

ΚΕΦ. 25 Χυτοσίδηροι σφαιροειδοῦς γραφίτου 217

ΚΕΦ. 26 Εἰδικοὶ χυτοσίδηροι 219

ΜΕΡΟΣ ΔΕΚΑΤΟΝ

ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

ΚΕΦ. 27 Ὁ χαλκὸς καὶ τὰ κράματά του

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

ΚΕΦ. 28 Τὸ ἀργίλιον καὶ τὰ κράματά του

28 - 1 Τὸ ἀργίλιον (ἀλουμίνιον) 228
28 - 2 Τὰ κράματα τοῦ ἀργιλίου 230

ΚΕΦ. 29 Τὸ μαγνήσιον καὶ τὰ κράματά του

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

ΚΕΦ. 30 Ὁ ψευδάργυρος καὶ τὰ κράματά του

30 - 1 Ὁ ψευδάργυρος 241
30 - 2 Τὰ κράματα τοῦ ψευδαργύρου 241

ΚΕΦ. 31 Ὁ μόλυβδος καὶ τὰ κράματά του

31 - 1 Ὁ μόλυβδος 243
31 - 2 Τὰ κράματα τοῦ μολύβδου 243

ΚΕΦ. 32 Τὸ νικέλιον καὶ τὰ κράματά του

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

ΚΕΦ. 33 Ἀντιτριβικὰ κράματα ἢ κράματα ἑδράνων ὀλισθήσεως

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

ΜΕΡΟΣ ΕΝΔΕΚΑΤΟΝ

ΚΟΝΙΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ

ΚΕΦ. 34 Γενικά 253

ΚΕΦ. 35 Αί φάσεις τῆς Κονιομεταλλουργίας

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

ΚΕΦ. 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)

ΚΕΦ. 37 Αί συνθετικαὶ ὕλαι

37 - 1 Γενικά ... 269
37 - 2 Ὑποδιαίρεσις τῶν συνθετικῶν ὑλῶν ... 270
37 - 3 Διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῶν συνθετικῶν ὑλῶν ... 274

ΚΕΦ. 38 Αί συνθετικαὶ ὕλαι διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς

38 - 1 Ὑποδιαίρεσις τῶν συνθετικῶν ὑλῶν, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς ... 276
38 - 2 Ἀναγνώρισις τοῦ εἴδους μιᾶς συνθετικῆς ὕλης ... 276
38 - 3 Ἰδιότητες τῶν συνθετικῶν ὑλῶν ... 277
38 - 4 Διάδοσις τῶν συνθετικῶν ὑλῶν ... 280
38 - 5 Τὰ κυριώτερα θερμοπλαστικὰ διὰ τὰς μηχανολογικὰς κατασκευάς 283

ΚΕΦ. 39 Ἐφαρμογαὶ τῶν πλαστικῶν

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

Εὑρετήριον ... 300

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι

ΣΥΝΤΟΜΟΝ ΙΣΤΟΡΙΚΟΝ

Ἡ χρησιμοποίησις τῶν μετάλλων συνδέεται στενὰ μὲ τὴν ἱστορίαν τοῦ ἀνθρωπίνου πολιτισμοῦ, διότι, λόγω τῶν ἐξαιρετικῶν των μηχανικῶν ἰδιοτήτων, ὁ ἄνθρωπος τὰ ἐχρησιμοποίησε διὰ νὰ καλύψη τὰς ἀνάγκας του εἰς ἐργαλεῖα καὶ ὅπλα, ἀργότερα δὲ καὶ ἄλλας βασικάς του ἀνάγκας.

Μελετῶντες τὴν ἱστορίαν παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ἄνθρωπος καθυστέρησε πολὺ νὰ ἀντιληφθῆ τὴν ἀξίαν τῶν μετάλλων: ἤρχισε νὰ τὰ χρησιμοποιῆ, στοιχειωδῶς μόνον, μόλις πρὸ ὀκτὼ περίπου χιλιετηρίδων. Μέχρι τότε, ἀλλὰ καὶ ἀργότερον, τὰς ἀνάγκας του εἰς ἐργαλεῖα καὶ ὅπλα ἐκάλυπτε μὲ ξύλα, λίθους ἢ ὀστᾶ 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 ὁποῖα ἦλθεν εἰς ἐπαφὴν ὁ ἄνθρωπος. Ὁ μὲν χρυσὸς ὅμως, ἐπειδὴ εἶναι πολὺ μαλακός, ἐχρησιμοποιεῖτο ἀρχικῶς διὰ τὴν κατασκευὴν κοσμημάτων, ὁ δὲ σίδηρος ἐκ μετεωριτῶν δὲν προσεφέρετο διὰ κατεργασίαν λόγω τῆς σκληρότητός του.

Ἀργότερα ὁ ἄνθρωπος τυχαίως ἀνεκάλυψεν, ὅτι ἀπὸ ὡρισμένους λίθους καὶ μὲ ὡρισμένον τρόπον δύναται νὰ παραγάγη μέταλλα (παράγρ. 2 · 4), κατόπιν δὲ καὶ κράματα (παράγρ. 3 · 1).

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

Εἶναι χαρακτηριστικὸν ὅτι αἱ ἐποχαὶ τοῦ ἀνθρωπίνου πολιτισμοῦ ἔλαβον τὴν ὀνομασίαν των ἀπὸ τὸ ἑκάστοτε χρησιμοποιούμενον μέταλλον. Διὰ τὴν περιοχὴν τῆς Εὐρώπης καὶ τῆς Μεσογείου, μετὰ τὴν νεολιθικὴν ἐποχήν (7000 π.Χ. ἕως 5000 π.Χ.), αἱ ἐποχαὶ αὐταὶ εἶναι αἱ ἑξῆς:

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

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

Ἐποχὴ τοῦ σιδήρου: 1000 π.Χ. ἕως σήμερον

Ὁ αὐτοφυὴς χαλκός, ποὺ ἀρχικῶς εὑρίσκετο εἰς μεγάλας ποσότητας ἐπὶ τῆς Γῆς, προσείλκυσε τὴν προσοχὴν τοῦ ἀνθρώπου. Εἶναι μέταλλον πλαστικὸν καὶ δύναται νὰ διαμορφωθῇ μὲ σφυρηλασίαν, χωρὶς νὰ παρουσιάζῃ ρωγμὰς καὶ μάλιστα, ἂν ἡ διαμόρφωσίς του αὐτὴ γίνῃ ἐν ψυχρῷ, χωρὶς δηλαδὴ νὰ θερμανθῇ, τότε γίνεται σκληρότερον. Αἱ ἰδιότητες αὐταὶ τοῦ χαλκοῦ τὸν καθιστοῦν χρήσιμον εἰς τὸν ἄνθρωπον διὰ τὴν κατασκευὴν ὅπλων καὶ ἐργαλείων.

Μὲ τὴν πάροδον τῶν ἐτῶν, τυχαία πυρκαϊὰ δάσους ἴσως νὰ εἶχεν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν πρώτην ἐξαγωγὴν χαλκοῦ μὲ τῆξιν ὀξειδίων τοῦ χαλκοῦ καὶ ἀναγωγὴν (ἀναγωγὴ εἶναι ἡ ἀπόσπασις ὀξυγόνου ἀπὸ χημικὰς ἑνώσεις του).

Ὁ ἄνθρωπος κατόπιν ἀνεκάλυψε, τυχαίως καὶ πάλιν, ὅτι μὲ τῆξιν ὡρισμένων λίθων (μεταλλευμάτων) δύναται νὰ λάβῃ νέον εἶδος χαλκοῦ, τὸ *κρατέρωμα* [κρᾶμα χαλκοῦ καὶ κασσιτέρου, παράγρ. 27 · 2 (Β)], τὸ ὁποῖον παρουσιάζει καλυτέρας μηχανικὰς ἰδιότητας ἀπὸ τὸν χαλκόν.

Ἔτσι, 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.

Ὁ ἄνθρωπος φαίνεται, 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 σημειωθῆ ἐδῶ ὅτι ἡ παραγωγή, ἀλλὰ καὶ ἡ χρησιμοποίησις τοῦ σιδήρου, συνήντησε δυσκολίας, διότι τὸ σημεῖον τήξεως τοῦ σιδήρου (1537⁰ C) εἶναι κατὰ πολὺ ὑψηλότερον ἀπὸ τὸ σημεῖον τήξεως τοῦ χαλκοῦ (1083⁰ C). Ἡ ὑψηλὴ αὐτὴ θερμοκρασία τῶν 1537⁰ C δυσκόλως ἦτο δυνατὸν νὰ ἐπιτευχθῆ μὲ τὰ τότε διατιθέμενα μέσα. Ἐξ ἄλλου καὶ ἡ θερμοκρασία σφυρηλασίας τοῦ σιδήρου εἶναι μεγαλυτέρα ἐκείνης τοῦ χαλκοῦ ἢ τοῦ κρατερώματος. Εἰς τοὺς λόγους αὐτοὺς 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 ἐπίσης καὶ ἡ βαφή 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 εὐρεῖαν ἔκτασιν. Μέχρι τὸ ἔτος 100 μ.Χ. εἶναι γνωστὰ τὰ ἑξῆς μέταλλα:

Ὁ χρυσός, ἄργυρος, χαλκός, κασσίτερος, μόλυβδος, σίδηρος καὶ ὑδράργυρος, καθὼς ἐπίσης καὶ μερικὰ κράματά των.

Κατὰ τὸ 1300 μ.Χ. (Μεσαίων) ἐμφανίζεται ἡ Ἀλχημεία, μὲ τὴν ὁποίαν ὑπεστηρίζετο, ὅτι ἦτο δυνατὸν νὰ γίνη *μετουσίωσις* τῶν μετάλλων, νὰ παραχθῆ δηλαδὴ χρυσὸς καὶ ἄργυρος ἀπὸ εὐτελέστερα μέταλλα. Τοῦτο θὰ ἐπραγματοποιεῖτο μὲ τὸ θαυματουργὸν ἀντιδραστήριον, τὸ ὁποῖον καὶ ἀνεζήτουν, δηλαδὴ μὲ τὴν *φιλοσοφικὴν λίθον*. Αἱ μέθοδοι τῆς Ἀλχημείας ὑπῆρξαν πειραματικαὶ καὶ ἀπὸ αὐτὸ καταφαίνεται ἡ σημαντικὴ συμβολή της εἰς τὴν μετέπειτα ἀνάπτυξιν τῆς Χημείας. Ἔτσι ὁ μέγας Ἀλχημιστὴς Albertus Magnus ἀνεκάλυψε τὸ *ἀρσενικὸν* καὶ ὁ Βασίλειος Βαλεντῖνος τὸ *ἀντιμόνιον* καὶ τὸ *βισμούθιον*.

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

Ὁλόκληρος ὁ 19ος αἰὼν χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἐκπληκτικὴν ἀνάπτυξιν τῆς *ἐξαγωγικῆς μεταλλουργίας* καὶ τῆς *μεταλλογνωσίας*.

[*Ἐξαγωγικὴ μεταλλουργία* εἶναι ἡ ἐπιστήμη, ποὺ μελετᾶ τὰς μεθόδους ἐξαγωγῆς τῶν μετάλλων ἀπὸ τὰ *μεταλλεύματα* καὶ τὰς μεθόδους καθάρσεώς των. (*Μεταλλεύματα* εἶναι φυσικαὶ ὕλαι, ποὺ περιέ-

χουν μέταλλα εἰς ποσοστὸν ἱκανόν, ὥστε ἡ παραγωγή των μὲ βιομηχανικὰς μεθόδους, νὰ εἶναι οἰκονομοτεχνικῶς συμφέρουσα).

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

Σημαντικὴ ἀνακάλυψις τῆς περιόδου αὐτῆς εἶναι 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 ὁποῖον, ὡς ἀπεδείχθη ἀργότερον, ἔχει μεγάλην σημασίαν ὡς ὑλικὸν κατασκευῶν εἰς τὴν βιομηχανίαν ἐν γένει.

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

Ἡ 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 2

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

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

2 · 1 Μόρια καὶ ἄτομα.

Τὰ ὑλικὰ σώματα, ὅπως εἶναι γνωστὸν ἐκ τῆς Χημείας, διαιροῦνται εἰς *ἁπλᾶ* καὶ εἰς *σύνθετα (χημικαὶ ἑνώσεις)*. Τὰ ἁπλᾶ σώματα καλοῦνται καὶ *χημικὰ στοιχεῖα* ἢ ἁπλῶς *στοιχεῖα*.

Τὰ μικρότερα τεμαχίδια τῆς ὕλης, τὰ ὁποῖα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποδιαιρεθοῦν περαιτέρω μὲ μηχανικὰ μέσα, ὀνομάζονται *μόρια*. Τὰ μόρια ἑνὸς σώματος εἶναι ἐντελῶς ὅμοια μεταξύ των καὶ ἔχουν τὰς αὐτὰς φυσικὰς καὶ χημικὰς ἰδιότητας μὲ τὸ ἀρχικὸν σῶμα, ἀπὸ τὸ ὁποῖον προέρχονται. Ἐπὶ πλέον, ἐνῶ τὰ μόρια τοῦ αὐτοῦ σώματος εἶναι ὅμοια μεταξύ των, δὲν ὁμοιάζουν μὲ τὰ μόρια ἄλλου σώματος.

Μὲ χημικὰ μέσα εἶναι δυνατὸν τὸ μόριον ἑνὸς στοιχείου νὰ διαχωρισθῇ ἀκόμη περισσότερον. Τὰ ἐλάχιστα τεμαχίδια τῆς ὕλης, εἰς τὰ ὁποῖα διαιρεῖται τὸ μόριον ἑνὸς στοιχείου, μὲ χημικὰ ὅμως μέσα, ὀνομάζονται *ἄτομα*. Τὰ μόρια τῶν συνθέτων σωμάτων διασπῶνται εἰς τὰ ἄτομα τῶν στοιχείων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται τὸ σύνθετον σῶμα.

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

Τὰ μέχρι σήμερον γνωστὰ χημικὰ στοιχεῖα εἶναι 102, ἐκ τῶν ὁποίων 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 ἑνώσεων) ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἄτομα τῶν στοιχείων, ποὺ λαμβάνουν μέρος εἰς τὴν χημι-

κὴν ἕνωσιν. Ἔτσι, τὸ μόριον τοῦ ὕδατος περιλαμβάνει ἕνα ἄτομον ὀξυγόνου καὶ δύο ἄτομα ὑδρογόνου, τοῦ δὲ θειούχου σιδήρου ἕνα ἄτομον σιδήρου καὶ ἕνα ἄτομον θείου.

2 · 2 Ἡ δομὴ τοῦ ἀτόμου.

Συμφώνως πρὸς τὰ σημερινὰ ἐπιστημονικὰ δεδομένα, τὸ ἄτομον οἱουδήποτε στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν *πυρῆνα*, ποὺ καταλαμβάνει τὸ κέντρον τοῦ ἀτόμου καὶ ἀπὸ τὰ *πλανητικὰ ἠλεκτρόνια*, ποὺ διαγράφουν γύρω ἀπὸ τὸν πυρῆνα ἐλλειπτικὰς τροχιάς.

Τὸ ἄτομον κάθε στοιχείου, ἂν τοῦτο θεωρηθῇ ἐλεύθερον, δηλαδὴ χωρὶς νὰ δέχεται ἐπιδράσεις ἀπὸ τὸ περιβάλλον, περιλαμβάνει ὡρισμένον ἀριθμὸν ἠλεκτρονίων. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων αὐτῶν καλεῖται *ἀτομικὸς ἀριθμὸς* τοῦ στοιχείου.

Ὁ πυρὴν ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο εἰδῶν σωματίδια, τὰ *πρωτόνια* καὶ τὰ *νετρόνια* ἢ *οὐδετερόνια*. Τὰ δύο μαζὶ ὀνομάζονται *νουκλεόνια*.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων τοῦ ἀτόμου εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ἠλεκτρονίων του.

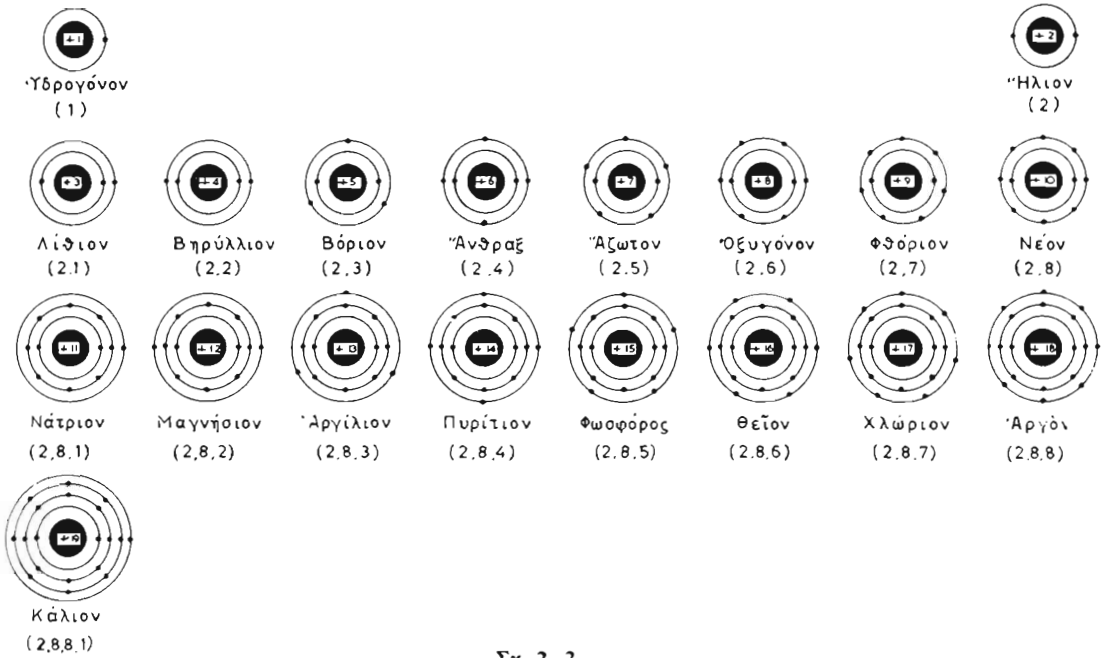
Ὁ ἀριθμὸς τῶν νουκλεονίων τοῦ ἀτόμου ὀνομάζεται *μαζικὸς ἀριθμὸς* αὐτοῦ.

Εἰς τὴν φύσιν, πολλὰ ἀπὸ τὰ στοιχεῖα εἶναι *ἰσότοπα*. Τὰ ἰσότοπα τοῦ αὐτοῦ στοιχείου ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν μὲ αὐτό, διαφορετικὸν ὅμως μαζικὸν ἀριθμόν. Κατὰ συνέπειαν ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν ἠλεκτρονίων καὶ ὡς ἐκ τούτου τὰς αὐτὰς ἀκριβῶς χημικὰς ἰδιότητας. Ἐπίσης ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτονίων, ἀλλὰ διαφορετικὸν ἀριθμὸν νετρονίων.

Ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι πολὺ μικρά, ἂν συγκριθῇ μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου ἢ τοῦ νετρονίου (1 : 1836). Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου εἶναι συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρῆνα του, εἶναι δὲ τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου εἶναι μεγαλύτερος. Ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου ἐν ἠρεμίᾳ εἶναι $1,672.10^{-24}$ g.

Τὸ ἠλεκτρόνιον φέρει τὸ στοιχειῶδες εἰς τὴν φύσιν ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον ($1,6.10^{-19}$ κουλόμ), τὸ πρωτόνιον φέρει τὸ στοιχειῶδες θετικὸν φορτίον (ἴσον καὶ ἀντίθετον ὡς πρὸς τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου), τὸ δὲ νετρόνιον οὐδὲν ἠλεκτρικὸν φορτίον φέρει (εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον).

Ἀφοῦ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων ἑνὸς ἀτόμου ἰσοῦται μὲ τὸν



Σχ. 2 · 2.

Παραστατικὴ διάταξις τῶν ἠλεκτρονίων καὶ πρωτονίων τῶν ἀτόμων ὡρισμένων στοιχείων. Οἱ ἐντὸς παρενθέσεως ἀριθμοὶ δεικνύουν τὸν ἀριθμὸν τῶν ἠλεκτρονίων κάθε ἠλεκτρονικοῦ φλοιοῦ τοῦ ἀτόμου, ὅπως π.χ. τὸ ἀργίλιον (2,8,3) ἔχει δύο ἠλεκτρόνια εἰς τὸν ἐσώτατον ἠλεκτρονικὸν φλοιόν, ὀκτὼ ἠλεκτρόνια εἰς τὸν ἐνδιάμεσον καὶ τρία ἠλεκτρόνια εἰς τὸν ἐξώτατον ἠλεκτρονικὸν φλοιόν.

ἀριθμὸν πρωτονίων τοῦ αὐτοῦ ἀτόμου, ἔπεται ὅτι τὸ ἄτομον, ὅταν εὑρίσκεται ἐλεύθερον, παρουσιάζεται ὡς *ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον*.

Τὸ ὑδρογόνον, τὸ ἐλαφρότερον ἀπὸ ὅλα τὰ στοιχεῖα, ἔχει τὸ ἁπλούστερον ἄτομον. Ὁ πυρὴν τοῦ ἀτόμου του ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα πρωτόνιον, ἐνῶ γύρω ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν, συγκριτικῶς πρὸς τὰς διαστάσεις του, περιστρέφεται εἰς ἐλλειπτικὴν τροχιὰν ἕνα ἠλεκτρόνιον.

Τὸ οὐράνιον, τὸ βαρύτερον ἀπὸ ὅλα τὰ στοιχεῖα, ἔχει πυρῆνα μὲ 92 πρωτόνια καὶ 146 νετρόνια. Γύρω ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ εἰς ἑπτὰ *ἠλεκτρονικοὺς φλοιοὺς* περιστρέφονται 92 ἠλεκτρόνια.

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

2 · 3 Σχηματισμὸς τῶν χημικῶν ἑνώσεων. Ἀτομικοὶ δεσμοί.

Ὡς γνωστόν, τὰ διάφορα ἁπλᾶ στοιχεῖα ἀντιδροῦν μεταξύ των ὑπὸ συνθήκας καταλλήλους καὶ σχηματίζουν νέα σώματα, ποὺ ὀνομάζομεν *χημικὰς ἑνώσεις*. Ἐξαίρεσιν ἀποτελοῦν τὰ εὐγενῆ ἀέρια, ὅπως εἶναι τὸ ἥλιον, τὸ νέον, τὸ ἀργὸν καὶ ἄλλα, τὰ ὁποῖα εἶναι χημικῶς ἀδρανῆ, δηλαδὴ δὲν σχηματίζουν χημικὰς ἑνώσεις. Ἐξ ἄλλου τὰ εὐγενῆ ἀέρια φέρουν εἰς τὸν ἐξώτατον ἠλεκτρονικὸν φλοιόν των ὀκτὼ ἠλεκτρόνια (σχ. 2 · 2) μὲ ἐξαίρεσιν μόνον τὸ ἥλιον, τὸ ὁποῖον φέρει δύο ἠλεκτρόνια. Πιστεύεται ὅτι ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀκτὼ ἠλεκτρονίων τοῦ ἐξωτάτου ἠλεκτρονικοῦ φλοιοῦ ἀποτελεῖ τὸ αἴτιον, ποὺ ἐξασφαλίζει τὴν σταθερότητα τῶν στοιχείων αὐτῶν ἀπὸ ἀπόψεως χημικῆς συμπεριφορᾶς. Ἔπεται συνεπῶς ὅτι *διὰ νὰ γίνῃ μία χημικὴ ἕνωσις, θὰ πρέπει ὁ ἐξώτατος ἠλεκτρονικὸς φλοιὸς τῶν ἀτόμων, τὰ ὁποῖα πρόκειται νὰ ἀντιδράσουν, νὰ μὴ ἔχῃ τὴν διαμόρφωσιν τῶν εὐγενῶν ἀερίων, δηλαδὴ ὀκτὼ ἠλεκτρόνια. Ὅταν ὅμως τὰ ἄτομα ἀποκτήσουν ὀκτὼ ἠλεκτρόνια εἰς τὸν ἐξώτατον ἠλεκτρονικὸν φλοιόν των, τότε διακόπτεται κάθε περαιτέρω ἀντίδρασις μεταξύ των.*

Αἱ χημικαὶ ἰδιότητες τῶν στοιχείων κατὰ συνέπειαν ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν ἠλεκτρονίων, ποὺ φέρει ὁ ἐξώτατος ἠλεκτρονικὸς φλοιός των· καὶ τοῦτο, διότι τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ εἶναι καὶ τὰ ὀλιγώτερον δεσμευμένα ἀπὸ τὸν πυρῆνα, ἔρχονται δὲ πρῶτα εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν ἠλεκτρονίων τῶν ξένων ἀτόμων. Ὁ ἐξώτατος ἠλεκτρονικὸς

φλοιὸς ὀνομάζεται *φλοιὸς σθένους* τοῦ στοιχείου, τὰ δὲ ἠλεκτρόνια τοῦ φλοιοῦ αὐτοῦ *ἠλεκτρόνια σθένους*.

Κατὰ τὰς διαφόρους ἀντιδράσεις, τὸ ἄτομον προσλαμβάνει ἢ ἀποβάλλει ἠλεκτρόνια, μέχρις ὅτου ὁ φλοιὸς σθένους του συμπληρωθῇ μὲ ὀκτὼ ἠλεκτρόνια, ὁπότε τὸ ἄτομον ἐμφανίζεται ὡς *ἰόν*.

Τὰ στοιχεῖα, ποὺ ἔχουν τάσιν νὰ προσλαμβάνουν ἠλεκτρόνια (ἐκεῖνα ποὺ φέρουν εἰς τὸν φλοιὸν σθένους 7, 6, 5 ἢ καὶ 4 ἐνίοτε ἠλεκτρόνια) καὶ νὰ γίνωνται ἀρνητικὰ ἰόντα, ὀνομάζονται *ἠλεκτραρνητικά*.

Τὰ στοιχεῖα, ποὺ ἔχουν τάσιν νὰ ἀποβάλλουν ἠλεκτρόνια (ἐκεῖνα, ποὺ φέρουν εἰς τὸν φλοιὸν σθένους 1, 2, 3 ἢ καὶ 4 ἐνίοτε ἠλεκτρόνια) καὶ νὰ παρουσιάζωνται ὡς θετικὰ ἰόντα, ὀνομάζονται *ἠλεκτροθετικά*.

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

α) Ὁ *ἑτεροπολικὸς* ἢ *ἰοντικὸς* δεσμός.

β) Ὁ *ὁμοιοπολικὸς* δεσμός.

γ) Ὁ *μεταλλικὸς* δεσμός.

1) Ὁ ἑτεροπολικὸς ἢ ἰοντικὸς δεσμός.

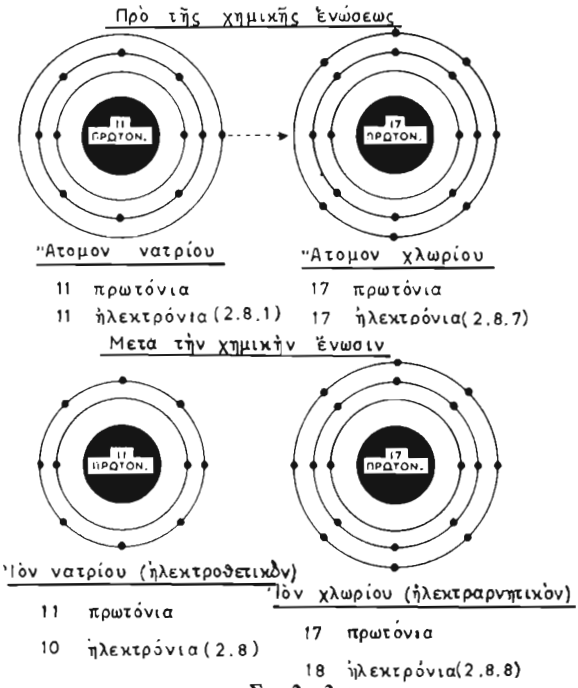
Τὸ εἶδος αὐτὸ ἀτομικοῦ δεσμοῦ συναντᾶται εἰς τὰ στερεὰ σώματα τῆς Ἀνοργάνου Χημείας καὶ παρατηρεῖται, ὅταν ἠλεκτροθετικὰ στοιχεῖα (μέταλλα) συναντήσουν ἠλεκτραρνητικὰ (ἀμέταλλα). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὰ ἄτομα τοῦ ἠλεκτροθετικοῦ στοιχείου ἀποβάλλουν τὰ ἠλεκτρόνια σθένους, ἐνῶ τὰ ἄτομα τοῦ ἠλεκτραρνητικοῦ στοιχείου τὰ προσλαμβάνουν οὕτως, ὥστε ὁ φλοιὸς σθένους των νὰ ἀποκτήσῃ δομὴν εὐγενοῦς ἀερίου.

Ὡς παράδειγμα φέρομεν τὸ χλωριοῦχον νάτριον. Τὸ νάτριον εἶναι μέταλλον, δηλαδὴ ἠλεκτροθετικὸν στοιχεῖον μὲ ἕνα ἠλεκτρόνιον σθένους. Τὸ χλώριον εἶναι ἀμέταλλον μὲ 7 ἠλεκτρόνια σθένους. Κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ χλωριούχου νατρίου τὸ ἕνα ἠλεκτρόνιον σθένους τοῦ νατρίου συμπληρώνει τὰ ἑπτὰ ἠλεκτρόνια σθένους τοῦ χλωρίου. Ἔτσι, ὅπως φαίνεται καὶ εἰς τὸ σχῆμα 2 · 3 α, ὁ φλοιὸς σθένους καὶ τῶν δύο ἀτόμων (τοῦ νατρίου καὶ τοῦ χλωρίου) εἶναι συμπεπληρωμένος μὲ ὀκτὼ ἠλεκτρόνια, ἐπὶ πλέον δὲ τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει καταστῇ θετικὸν ἰόν, διότι ἔχει ἀπολέσει ἕνα ἠλεκτρόνιον, καὶ τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου ἀρνητικὸν ἰόν, διότι ἔχει προσλάβει ἕνα ἠλεκτρόνιον. Τὰ δύο αὐτὰ ἰόντα ἕλκονται μεταξύ των, διότι φέρουν ἠλεκτρικὸν φορτίον ἀντιθέτου σημείου.

2) Ὁ ὁμοιοπολικὸς δεσμός.

Ὁ ὁμοιοπολικὸς δεσμὸς συναντᾶται κυρίως εἰς τὰς ὀργανικὰς ἑνώσεις. Κατ'

αὐτόν, δὲν παρατηρεῖται μεταφορὰ ἠλεκτρονίων ἀπὸ τοῦ ἀτόμου τοῦ ἑνὸς στοιχείου πρὸς τὸ ἄτομον τοῦ ἄλλου. Ἀντ' αὐτοῦ, ὡρισμένος ἀριθμὸς ἠλεκτρονίων σθένους εἶναι *κοινὸς* μεταξὺ τῶν δύο ἀτόμων. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἶναι δυνατὸν καὶ τὰ δύο ἄτομα νὰ ἔχουν συμπεπληρωμένον τὸν φλοιὸν σθένους των.



Σχ. 2 · 3 α.

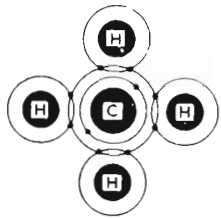
Σχηματικὴ παράστασις τοῦ ἑτεροπολικοῦ δεσμοῦ τῶν ἰόντων νατρίου καὶ χλωρίου κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ χλωριούχου νατρίου.

Εἰς τὸ μόριον τοῦ μεθανίου τέσσαρα ἄτομα ὑδρογόνου ἀντιδροῦν μὲ ἕνα ἄτομον ἄνθρακος. Τὸ ἄτομον τοῦ ἄνθρακος ἔχει τέσσαρα ἠλεκτρόνια σθένους, συνδέεται δὲ μὲ τέσσαρα ἄτομα ὑδρογόνου διὰ κοινῶν ζευγῶν ἠλεκτρονίων (σχ. 2 · 3 β). Ἔτσι, συμπληρώνονται τὰ ὀκτὼ ἠλεκτρόνια τοῦ φλοιοῦ σθένους τοῦ ἄνθρακος, ἐνῶ συγχρόνως κάθε ἄτομον ὑδρογόνου δανειζόμενον ἕνα ἠλεκτρόνιον σθένους ἀπὸ τὸν ἄνθρακα παρουσιάζει φλοιὸν σθένους μὲ δύο ἠλεκτρόνια, ὡς συμβαίνει διὰ τὸ εὐγενὲς ἀέριον ἥλιον.

3) Ὁ μεταλλικὸς δεσμός.

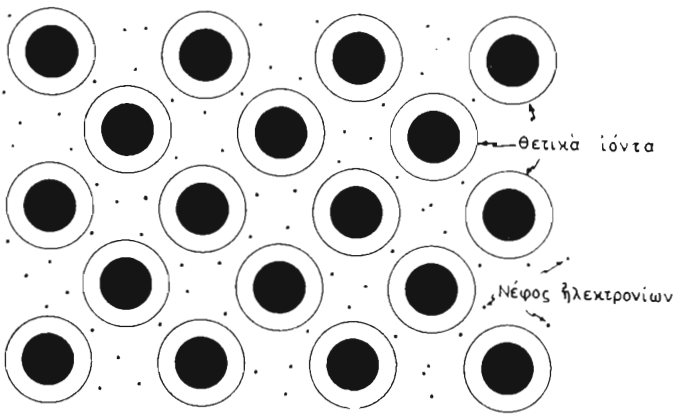
Ὁ δεσμὸς αὐτὸς συναντᾶται εἰς τὰ μέταλλα καὶ κράματα.

Τὰ ἠλεκτρόνια σθένους εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δὲν συγκρατοῦνται σταθερῶς ὑπὸ τῶν ἀτόμων, ἀλλὰ δύνανται νὰ μετακινοῦνται ἐλευθέρως εἰς ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου. Ἔτσι, τὰ ἠλεκτρόνια σθένους δὲν σχετίζονται ἀποκλειστικῶς πλέον μὲ ὡρισμένον ἄτομον, ἀλλὰ κατανέμονται οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζεται *νέφος ἠλεκτρονίων* (σχ. 2·3γ), ἀρνητικῶς βεβαίως φορτισμένον καὶ κοινὸν δι' ὅλα τὰ ἠλεκτροθετικὰ ἰόντα τοῦ μετάλλου.



Σχ. 2·3β.
Σχηματικὴ παράστασις τοῦ ὁμοιοπολικοῦ δεσμοῦ κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ μεθανίου.

Τὸ γεγονὸς ὅτι τὰ ἠλεκτρόνια σθένους εἶναι σχετικῶς ἐλεύθερα νὰ μετακινοῦνται, δύναται νὰ ἐξηγήσῃ τὴν *ὑψηλὴν ἠλεκτρικὴν καὶ θερμικὴν ἀγωγιμότητα* τῶν μετάλλων. Ὁ μεταλλικὸς δεσμὸς δικαιολογεῖ ἐπίσης καὶ τὴν *πλαστικότητα* τῶν μετάλλων (παράγρ. 2·4), διότι στρώματα θετικῶν ἰόντων, ἂν ἐπιδράσουν ἐπ' αὐτῶν δυνάμεις, δύ-



Σχ. 2·3γ.
Σχηματικὴ παράστασις τοῦ μεταλλικοῦ δεσμοῦ.

νανται νὰ ὀλισθήσουν ἐπὶ ἄλλων γειτονικῶν στρωμάτων ἰόντων, χωρὶς νὰ διαταραχθῇ σοβαρῶς ἡ σχέσις τῆς θέσεώς των ὡς πρὸς τὸ νέφος ἠλεκτρονίων, ἀπὸ τὸ ὁποῖον δανείζονται τὰ ἠλεκτρόνια.

2 · 4 Ὁρισμὸς καὶ ἰδιότητες 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 ἰδιότητας, ποὺ χαρακτηρίζουν τὴν μίαν ἢ τὴν ἄλλην κατηγορίαν στοιχείων. Εἶναι δυνατὸν ὅμως, εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις, ἀμέταλλον νὰ ἔχη μίαν ἢ περισσοτέρας χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας μετάλλου, ὅπως π.χ. ὁ ἄνθραξ, ποὺ ἂν καὶ ἀμέταλλον εἶναι καλὸς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, πρᾶγμα ποὺ ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὴν ἰδιότητα τῶν μετάλλων.

Γενικῶς, δυνάμεθα νὰ δώσωμεν τὸν ἀκόλουθον ὁρισμὸν τοῦ μετάλλου:

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

Ἀναλυτικώτερον, αἱ χαρακτηριστικαὶ ἰδιότητες τῶν μετάλλων εἰς στερεὰν κατάστασιν εἶναι αἱ ἑξῆς, ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅμως ὅτι δὲν εἶναι ἀποκλειστικαὶ δι' ὅλα τὰ μέταλλα:

α) *Στερεὰ κατάστασις εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν.*

β) *Χαρακτηριστικὴ μεταλλικὴ λάμψις.*

γ) *Ἀργυρόφαιος χρωματισμός*, πλὴν τοῦ χαλκοῦ (ἐρυθρὸς) καὶ τοῦ χρυσοῦ (κίτρινος).

δ) *Ἀδιαφάνεια.*

ε) *Σχετικῶς ὑψηλὸν εἰδικὸν βάρος.*

στ) *Ὑψηλὸν σημεῖον τήξεως.*

ζ) *Ὑψηλὴ ἠλεκτρικὴ θερμικὴ ἀγωγιμότης.*

η) *Μεγάλη μηχανικὴ ἀντοχή.*

θ) *Πλαστικότης*, ἡ ὁποία ἐπιτρέπει τὴν μηχανικὴν των μορφοποίησιν ἐν θερμῷ ἢ ἐν ψυχρῷ. Τὰ μέταλλα δηλαδὴ εἶναι εἰς διάφορον βαθμὸν ἔκαστον, *ἐλατά*. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι εἶναι δυνατὸν μὲ σφυρηλασίαν ἢ εἰς ἔλαστρα νὰ προσλάβουν τὴν μορφὴν φύλλων ἢ ἐλασμάτων. Εἶναι ἐπίσης εἰς διάφορον πάλιν βαθμὸν ἔκαστον, *ὄλκιμα*. Δύνανται δηλαδή, εἰς συρματοποιητικὰς π.χ. μηχανὰς νὰ ἑλκυσθοῦν (τραβηχθοῦν) καὶ νὰ λάβουν μορφὴν σύρματος.

ι) Εἶναι σώματα κρυσταλλικὰ (παράγρ. 2 · 5).

ια) Παρουσιάζουν εὐκολίαν εἰς τὸ νὰ σχηματίζουν κράματα.

ιβ) Εἶναι ἠλεκτροθετικὰ στοιχεῖα.

ιγ) Σχηματίζουν μετὰ τῶν ὀξέων ἅλατα καὶ μετὰ τῆς ρίζης — OH (ὑδροξύλιον) ὑδροξείδια.

ιδ) Ἔχουν ὑψηλὸν σχετικῶς κόστος παραγωγῆς.

Εἰς τὸν Πίνακα 2 · 4 · 1 ἀναγράφονται αἱ φυσικαὶ σταθεραὶ τῶν κυριωτέρων μετάλλων.

ΠΙΝΑΞ 2·4·1

Αἱ φυσικαὶ σταθεραὶ τῶν κυριωτέρων μετάλλων

Μέταλλον	Χημικὸν σύμβολον	Ἀτομικὸν βάρος (ἄνθραξ = 12,000)	Εἰδικὸν βάρος [g/cm³]	Σημεῖον τήξεως [°C]	Σχετικὴ ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης (ἄργυρος = 100)
Ἀντιμόνιον	Sb	121,750	6,6	631	3,6
Ἀργίλιον (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
Χαλκὸς	Cu	63,540	9,0	1083	98
Χρυσὸς	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 Ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τῶν μετάλλων.

Εἰς τὴν παράγραφον αὐτὴν θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν κρυσταλλι-

κὴν δομὴν τῶν μετάλλων, πρᾶγμα ποὺ ἔχει μεγάλην σημασίαν διὰ τὴν μελέτην των.

1) Κρυσταλλικὰ πλέγματα.

Ὅπως ἔχει ἤδη ἀναφερθῆ (παράγρ. 2 · 4), τὰ μέταλλα ἔχουν κρυσταλλικὴν δομὴν καὶ τοῦτο ἀποτελεῖ θεμελιώδη ἰδιότητα τῶν μετάλλων.

Διακρίνομεν ἐν γένει δύο εἴδη σωμάτων: τὰ *ἄμορφα* καὶ τὰ *κρυσταλλικά*. Εἰς τὰ ἄμορφα σώματα, τὰ ἄτομα διατάσσονται κατὰ τρόπον ἀκανόνιστον καὶ καταλαμβάνουν θέσεις, αἱ ὁποῖαι οὐδεμίαν σχέσιν ἔχουν μὲ τὰς θέσεις τῶν γειτονικῶν των ἀτόμων. Εἰς τὰ κρυσταλλικὰ ὅμως σώματα, τὰ ἄτομα (ἢ καλύτερον τὰ θετικὰ ἰόντα διὰ τὰ μέταλλα) λαμβάνουν θέσεις μὲ διάταξιν εἰς τὸν χῶρον, ποὺ ἀκολουθεῖ ὡρισμένην κανονικὴν γεωμετρικὴν μορφήν. Ἡ διάταξις αὐτὴ τῶν ἀτόμων τῶν κρυσταλλικῶν σωμάτων δὲν εἶναι ἡ ἰδία, ἀλλὰ ποικίλλει ἀναλόγως τοῦ εἴδους τοῦ σώματος. Ἡ ἀναφερθεῖσα διάταξις τῶν ἀτόμων τῶν κρυσταλλικῶν σωμάτων εἰς τὸν χῶρον ἀποτελεῖ ὅ,τι ὀνομάζομεν *κρυσταλλικὸν πλέγμα*.

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

α) Τὸ χωροκεντρωμένον κυβικόν.

β) Τὸ ἑδροκεντρωμένον κυβικόν.

γ) Τὸ μεγίστης πυκνότητος ἑξαγωνικόν.

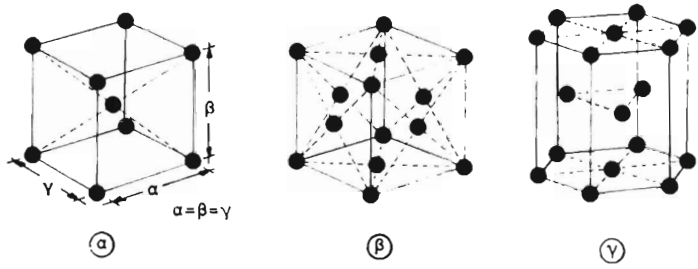
Κατὰ τὴν μελέτην τῶν κρυσταλλικῶν αὐτῶν πλεγμάτων θεωροῦμεν ὅτι τὰ ἄτομα εἶναι στερεαὶ σφαῖραι, χωρὶς νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ ὑπόλοιπος ἀτομικὴ δομή, δηλαδὴ τὰ ἠλεκτρόνια.

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 στοιχειῶδες κύτταρον ἀντιστοιχοῦν δύο ἄτομα. Πολλὰ στοιχειώδη κύτταρα ἀποτελοῦν τὸ πλέγμα.

Εἰς τὸ ἑδροκεντρωμένον κυβικὸν πλέγμα τὰ κέντρα βάρους τῶν ἀτόμων καταλαμβάνουν τὰς κορυφὰς καὶ τὰ γεωμετρικὰ κέντρα τῶν ἑδρῶν τοῦ στοιχειώδους κύβου τοῦ πλέγματος. Εἰς κάθε στοιχειώδη

κύβον ἀντιστοιχοῦν τέσσαρα ἄτομα εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν.

Εἰς τὸ μεγίστης πυκνότητος ἑξαγωνικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα τὰ κέντρα βάρους τῶν ἀτόμων διατάσσονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 2 · 5 α (γ). Εἰς κάθε στοιχειῶδες κύτταρον ἀντιστοιχοῦν ἓξ ἄτομα.



Σχ. 2 · 5 α.

Οἱ τρεῖς βασικοὶ τύποι κρυσταλλικῶν πλεγμάτων τῶν μετάλλων: α) Χωροκεντρωμένον κυβικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα: Βανάδιον, μολυβδαίνιον, βολφράμιον, α-σίδηρος, δ-σίδηρος, α-χρώμιον κ.λπ. β) Ἑδροκεντρωμένον κυβικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα: Χαλκός, ἄργυρος, χρυσός, ἀργίλιον, μόλυβδος, γ-σίδηρος, β-χρώμιον, β-κοβάλτιον, β-νικέλιον κ.λπ. γ) Μεγίστης πυκνότητος ἑξαγωνικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα: Βηρύλλιον, μαγνήσιον, ψευδάργυρος, κάδμιον, α-κοβάλτιον, α-νικέλιον κ.λπ.

2) Ἡ στερεοποίησις (ἢ κρυστάλλωσις) τῶν μετάλλων.

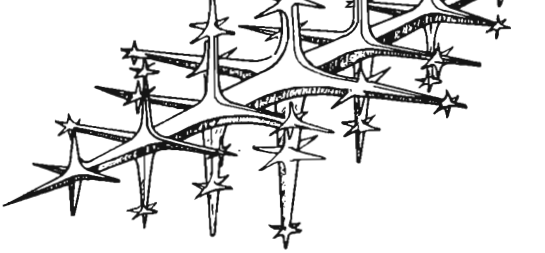
Μὲ τὰς γνώσεις, ποὺ ἔχομεν ἀποκτήσει μέχρι τώρα διὰ τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τῶν μετάλλων, ἂς παρακολουθήσωμεν τὸν τρόπον, μὲ τὸν ὁποῖον ἕνα καθαρὸν μέταλλον *στερεοποιεῖται* ἢ *κρυσταλλοῦται*, ἀποκτᾶ δηλαδὴ τὴν κρυσταλλικήν του δομὴν ἀπὸ τὴν ὑγράν του κατάστασιν (τῆγμα).

Ὅταν ἀρχίση τὸ τῆγμα νὰ ἀποψύχεται (δι' ἀφαιρέσεως θερμότητος) καὶ ἀποκτήση ὡρισμένην θερμοκρασίαν, χαρακτηριστικὴν διὰ κάθε καθαρὸν μέταλλον *(σημεῖον πήξεως* ἢ *τήξεως*, διότι ἀμφότεραι, ἡ πῆξις καὶ ἡ τῆξις τοῦ μετάλλου συντελοῦνται εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν), τότε ἀρχίζει ἡ στερεοποίησίς του.

Ἀρχικῶς, σχηματίζεται εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ τήγματος 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 ἄτομα, ἀρχίζουν δὲ νὰ σχηματίζωνται *κρύσταλλοι*, ἐνῶ εἰς ἄλλας νέας τυχαίας θέσεις δημιουργοῦνται νέα φύτρα, τῶν ὁποίων ὁ ἀριθμὸς περιορίζεται, καθὼς ἡ ἀπόψυξις προχωρεῖ. Οἱ κρύσταλλοι αὐτοὶ ἔχουν μορφὴν *δενδριτῶν*, δηλαδὴ κρυσταλλικῶν σκελετῶν, ἐκ τῆς σπονδυλικῆς στήλης τῶν ὁποίων ἐκφύονται κλάδοι, ἀπὸ αὐτοὺς ἄλλοι δευτερεύοντες κλάδοι καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς (σχ. 2 · 5 β). Οἱ κλάδοι τῶν δενδριτῶν συνεχίζουν ἀναπτυσσόμενοι, μέχρις ὅτου ὁ χῶρος μεταξύ των καταληφθῆ ἐντελῶς ἀπὸ στερεοποιημένον μέταλλον.

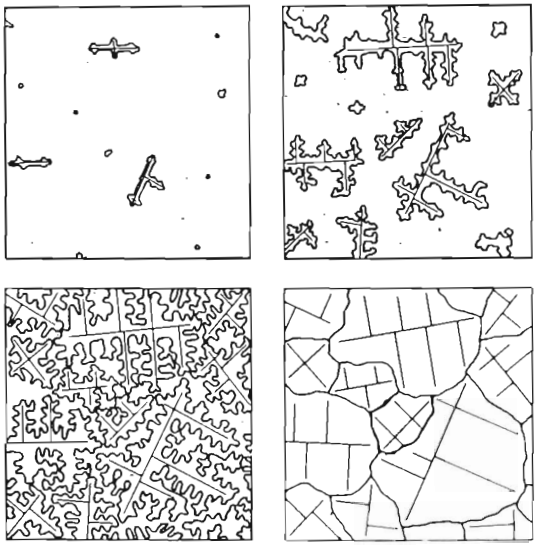


Σχ. 2 · 5 β.
Μορφὴ δενδρίτου.

Ἐν τῷ μεταξὺ οἱ ἐξωτερικοὶ κλάδοι τῶν δενδριτῶν, κατὰ τὴν ἀνάπτυξίν 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 περαιτέρω ἀνάπτυξις. Ὁ τρόπος αὐτὸς τῆς δημιουργίας τῶν κρυστάλλων κατὰ τὴν στερεοποίησιν μετάλλου ἐξηγεῖ τὸ ἀκανόνιστον ἐν γένει σχῆμα των.

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

Ὅταν συμπληρωθῆ 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 μὲ ἰδιαίτερον ὅμως ὁ καθεὶς προσανατολισμόν.



Σχ. 2·5γ.
Σχηματικὴ παράστασις ἐξελίξεως τῆς στερεοποιήσεως μετάλλου.

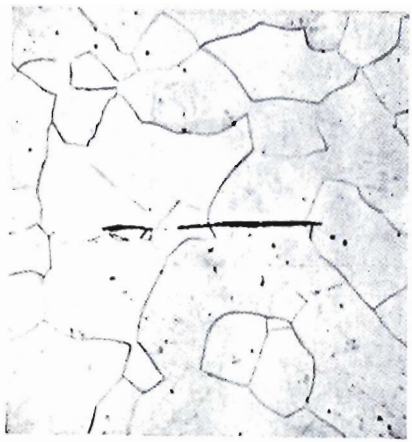
Αἱ ἐπιφάνειαι ἐπαφῆς τῶν δενδριτῶν ἀποτελοῦν τὰ *ὅρια τῶν κόκκων*. Εἰς τὴν μικροφωτογραφίαν τοῦ σχήματος 2·5δ δίδεται ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ σφυρηλάτου σιδήρου τοῦ ἐμπορίου, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ κρυσταλλογραφικὸν μικροσκόπιον (παράγρ. 17·2).

Τὰ μέταλλα, τὰ ὁποῖα 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 αὐταὶ καταλαμβάνουν τὰ ὅρια τῶν κόκκων, διότι ἔχουν τὴν τάσιν νὰ παραμένουν μετὰ τοῦ μετάλλου, τὸ ὁποῖον στερεοποιεῖται τελευταῖον. Ἡ παρουσία

τῶν ἀκαθαρσιῶν ἐπηρεάζει σημαντικῶς τὰς ἰδιότητας τοῦ μετάλλου.

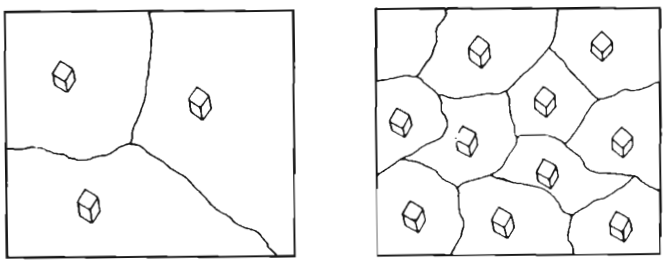
Λόγω τοῦ διαφορετικοῦ προσανατολισμοῦ τῶν ἀτόμων τοῦ μετάλλου εἰς κάθε κόκκον, εἶναι φανερὸν ὅτι τὰ ἄτομά του δὲν διατάσσονται εἰς τὰ ὅρια τῶν κόκκων συμφώνως πρὸς τὸ κανονικὸν πλέγμα τοῦ μετάλλου. Οἱ κόκκοι, κατὰ συνέπειαν, θὰ πρέπει νὰ ἔχουν διαφορετικὰς μηχανικὰς ἰδιότητας, ἀπὸ ἐκείνας ποὺ ἔχουν τὰ ὅρια τῶν κόκκων. Ἔχει εὑρεθῆ, ὅτι εἰς χαμηλὰς θερμοκρασίας τὰ ὅρια τῶν κόκκων ἔχουν μεγαλυτέραν ἀντοχὴν ἀπὸ τοὺς κόκκους, ἐνῶ τὸ ἀντίθετον συμβαίνει εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας. Ἐκ τούτου ἔπεται, ὅτι ὁ λεπτόκοκκος κρυσταλλικὸς ἱστὸς ἔχει μεαλυτέραν ἀντοχὴν εἰς χαμηιὰς θερμοκρασίας, διότι παρουσιάζει ἐκτεταμένα ὅρια κόκκων, ἐνῶ ἀντιθέτως ὁ χονδρόκοκκος ἔχει μεγαλυτέραν ἀντοχὴν εἰς ὑψηλοτέρας θερμοκρασίας. Ἐν συμπεράσματι, τὸ μέγεθος τῶν κόκκων ἔχει μεγάλην σημασίαν, ὅπως θὰ ἴδωμεν, κατὰ τὰς μηχανικὰς καὶ θερμικὰς κατεργασίας τῶν μετάλλων καὶ τῶν κραμάτων.



Σχ. 2·5 δ.
Μικροφωτογραφία σφυρηλάτου σιδήρου (Μεγέθυνσις × 250).

Εἰς τὴν πρᾶξιν ἡ ταχύτης ἀποψύξεως τοῦ τήγματος (δηλαδή, ὁ ἀριθμὸς τῶν βαθμῶν πτώσεως τῆς θερμοκρασίας εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου) εἶναι τόσον ὑψηλή, ὥστε τοῦτο ἀποκτᾶ συνήθως ἐντὸς ὀλίγου χρόνου θερμοκρασίαν κατωτέραν τοῦ σημείου τήξεως, προτοῦ ἀρχίση ἡ στερεοποίησις (ὑπόψυξις τοῦ τήγματος). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δημιουργοῦνται πολλὰ φύτρα καὶ μάλιστα τόσον περισσότερα, ὅσον ἡ ὑπόψυξις εἶναι μεγαλυτέρα. Τοῦτο ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐπίτευξιν λεπτοκόκκου κρυσταλλικοῦ ἱστοῦ, 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 (καλουπιῶν). Τοῦτο συμβαίνει εὐρύτατα εἰς τὴν πρᾶξιν κατὰ τὴν χύτευσιν μὴ σιδηρούχων κραμάτων (τοῦ ἀργιλίου, μαγνησίου καὶ ψευδαργύρου), ἀλλὰ καὶ εἰς περιπτώσεις, ποὺ χρειάζεται ἐπιφανειακὴ σκληρότης εἰς χυτοσιδηρᾶ τεμάχια ἢ ὅταν πρόκειται νὰ χυτευθῇ μέγας ἀριθμὸς τεμαχίων.



Σχ. 2·5 ε.

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

α) Ὀλίγα φύτρα ⟶ μέγα μέγεθος κόκκων.

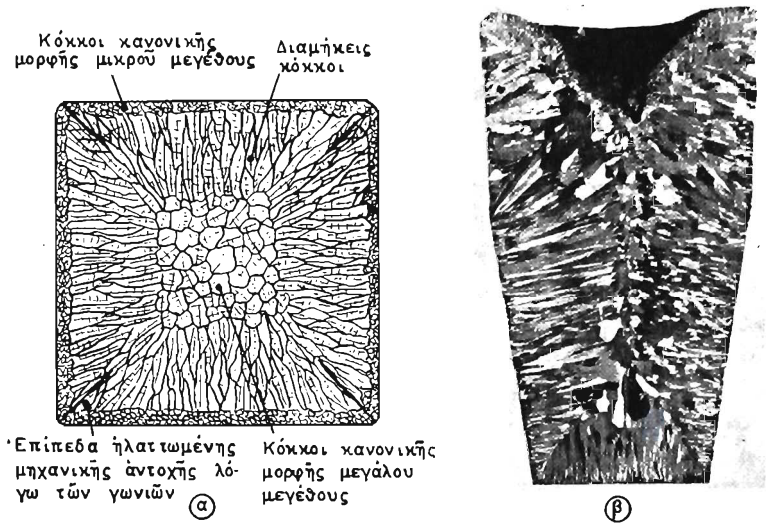
β) Πολλὰ φύτρα ⟶ μικρὸν μέγεθος κόκκων.

Ἂς θεωρήσωμεν τὸ μεγάλων διαστάσεων χυτὸν τεμάχιον τοῦ σχήματος 2 · 5 στ (β), τὸ ὁποῖον 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 μὲ ἀποτέλεσμα νὰ δημιουργηθῇ μέγας ἀριθμὸς φύτρων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν τοιχωμάτων τοῦ τύπου, καὶ ἐξ αὐτοῦ νὰ σχηματισθῇ μετὰ τὴν στερεοποίησιν λεπτόκοκκος κανονικὸς κρυσταλλικὸς ἱστός.

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

Μετὰ πάροδον ὅμως ὡρισμένου χρόνου ἡ θερμότης τοῦ τήγματος ἀπάγεται πρὸς τὰ τοιχώματα τοῦ τύπου μὲ χαμηλότερον ρυθμόν, λόγω τῆς παρουσίας τοῦ ἐν τῷ μεταξὺ στερεοποιηθέντος μετάλλου, ἀρχίζει δὲ ὁ σχηματισμὸς τῶν κόκκων κατὰ τὸν συνήθη τρόπον. Οἱ κόκκοι δηλαδὴ ἀναπτύσσονται πρὸς πᾶσαν κατεύθυνσιν. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, εἰς τὸν κρυσταλλικὸν ἱστὸν χυτοῦ τεμαχίου μεγάλου μεγέθους εἶναι δυνατὸν νὰ παρατηρήσωμεν τρεῖς διακεκριμένας 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 περίπτωσιν αὐτὴν ἀποτελοῦνται ἀπὸ μεγάλους κόκκους ἀναπτυσσομένους πρὸς πᾶσαν κατεύθυνσιν.



Σχ. 2·5στ.

Ὁ κρυσταλλικὸς ἱστὸς χυτοῦ τεμαχίου μεγάλων διαστάσεων ἐντὸς μεταλλικοῦ τύπου: (α) Σχηματικὴ παράστασις. (β) Μακροφωτογραφία.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 3

ΟΡΙΣΜΟΙ — ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ

3 · 1 Τὸ κρᾶμα.

Κρᾶμα καλεῖται κάθε μεταλλικὸν σῶμα, ποὺ σχηματίζεται δι' ἀναμίξεως δύο ἢ περισσοτέρων χημικῶν στοιχείων, κατὰ κανόνα εἰς κατάστασιν τήξεως, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἕνα 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 ἄνθραξ.

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

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

Ἐπιτυγχάνεται ἐπίσης καὶ βελτίωσις τῆς ἀντοχῆς εἰς κόπωσιν, φθορὰν καὶ διάβρωσιν. Ὁ ἀνθρακοῦχος χάλυψ π.χ., ποὺ εἶναι κρᾶμα σιδήρου καὶ ἄνθρακος καὶ μὲ τὸν ὁποῖον θὰ ἀσχοληθῶμεν ἀρκετὰ εἰς τὰ ἑπόμενα, εἶναι πλέον ἀνθεκτικὸς ἀπὸ τὸν σίδηρον καὶ μάλιστα δύναται νὰ γίνῃ ἀκόμη ἀνθεκτικώτερος διὰ καταλλήλων θερμικῶν κατεργασιῶν.

Τὰ καθαρὰ μέταλλα χρησιμοποιοῦνται μόνον εἰς περιπτώσεις, ποὺ μᾶς ἐνδιαφέρουν αἱ ἰδιαίτεραι ἰδιότητές των, ὅπως εἶναι π.χ. ἡ ὑψηλὴ ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τοῦ χαλκοῦ καὶ ἀργιλίου, τὰ ὁποῖα,

ὡς ἐκ τούτου, χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατασκευὴν ἠλεκτρικῶν ἀγωγῶν.

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

Τὰ διμερῆ κράματα, τὰ ὁποῖα καὶ κυρίως θὰ μελετήσωμεν εἰς τὰ ἑπόμενα, χάριν ἁπλότητος, ἀλλὰ καὶ λόγω τῆς εὐρείας χρησιμοποιήσεώς των εἰς τὴν πρᾶξιν, διακρίνονται εἰς κράματα *μετάλλου - μετάλλου*, εἰς κράματα *μετάλλου - μεταλλοειδοῦς* καὶ εἰς κράματα *μετάλλου - ἀμετάλλου*.

Ἂς παρακολουθήσωμεν τώρα τί συμβαίνει, ὅταν δύο μέταλλα Α καὶ Β, ποὺ σχηματίζουν κρᾶμα, ἀναμιγνύωνται εἰς κατάστασιν τήξεως καὶ κατόπιν ἀφήνωνται νὰ στερεοποιηθοῦν ἠρέμως.

Κατ' ἀρχὴν 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 ἑξῆς περιπτώσεις:

α) Τὰ μέταλλα, ποὺ ἀποτελοῦν τὸ κρᾶμα καὶ τὰ ὁποῖα εἰς τὴν κατάστασιν τήξεως ἦσαν *πλήρως ἀναμίξιμα, καθίστανται πλήρως μὴ ἀναμίξιμα εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν* καὶ κατὰ συνέπειαν παρουσιάζονται εἰς τὸ στερεοποιημένον κρᾶμα ὡς ἁπλᾶ «ξεχωριστὰ» στοιχεῖα (Α καὶ Β), διατηροῦντα τὴν προσωπικότητά των.

β) Τὰ μέταλλα, ποὺ εἰς τὴν κατάστασιν τήξεως ἦσαν *πλήρως ἀναμίξιμα ἐξακολουθοῦν νὰ εἶναι πλήρως ἢ μερικῶς ἀναμίξιμα καὶ εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν*.

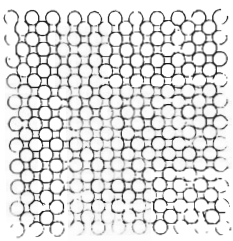
Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν σχηματίζεται ἁπλοῦν *στερεὸν διάλυμα* (ὁ ὁρισμὸς δίδεται κατωτέρω), ἐνῶ εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν προκύπτει σχηματισμὸς δύο διαφορετικῶν στερεῶν διαλυμάτων.

γ) Τὰ δύο μέταλλα ἀντιδροῦν χημικῶς, καθὼς ἡ στερεοποίησις τοῦ κράματος προχωρεῖ, καὶ σχηματίζουν *μεσομεταλλικὰς ἑνώσεις*, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν ἰδιαίτερον κρυσταλλικὸν εἶδος εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος.

3 · 2 Τὸ στερεὸν διάλυμα.

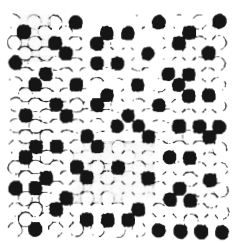
Στερεὸν διάλυμα σχηματίζεται, ὅταν εἰς διμερὲς κρᾶμα τὰ δύο στοιχεῖα Α (κύριον στοιχεῖον τοῦ κράματος) καὶ Β, πλήρως ἀναμίξιμα εἰς τὴν κατάστασιν τήξεως, παραμένουν διαλελυμένα τὸ ἕνα ἐντὸς τοῦ ἄλλου καὶ μετὰ τὴν στερεοποίησιν. Τὰ στοιχεῖα, ποὺ ἀποτελοῦν τὸ στερεὸν διάλυμα, δὲν δύνανται νὰ διαχωρισθοῦν οὔτε διακρίνονται, ἔστω καὶ διὰ τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου, τὸ ὁποῖον ἔχει μεγάλην διακριτικὴν ἱκανότητα.

Πρέπει νὰ τονισθῇ, ὅτι διὰ νὰ σχηματισθῇ στερεὸν διάλυμα, θὰ πρέπει τὰ ἄτομα τοῦ ἑνὸς στοιχείου Β νὰ λαμβάνουν θέσεις ἐντὸς τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος τοῦ ἄλλου στοιχείου Α. Ἀναλόγως τῆς θέσεως, ποὺ καταλαμβάνουν τὰ ἄτομα τοῦ Β ἐντὸς τοῦ κρυσταλλικοῦ ἱστοῦ τοῦ Α, διακρίνομεν:

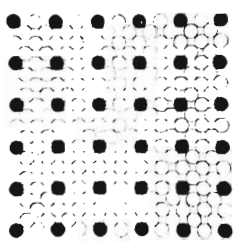


(α)

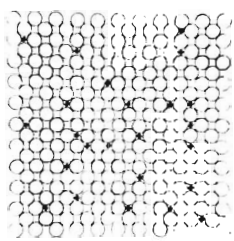
α) Τὸ στερεὸν διάλυμα *ἀντικαταστάσεως* [σχ. 3 · 2 (β)], κατὰ τὸ ὁποῖον τὰ ἄτομα τοῦ στοιχείου Β (μετάλλου) ἀντικαθιστοῦν ἀκανονίστως καὶ σπανιώτερον κανονικῶς ἄτομα τοῦ στοιχείου Α (μετάλλου) ἐντὸς τοῦ κρυ-



Ἀκανόνιστον



(β) Κανονικὸν



(γ)

Σχ. 3 · 2.

Σχηματικὴ παράστασις καθαροῦ μετάλλου καὶ στερεοῦ διαλύματος: α) Καθαρὸν μέταλλον (Α). 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

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

Στερεὸν διάλυμα παρεμβολῆς σχηματίζεται μόνον, ὅταν τὰ ἄτομα τοῦ προστιθεμένου στοιχείου Β εἶναι 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 εἶναι τὸ τοῦ σιδήρου-ἄνθρακος, ποὺ ἀποτελεῖ συστατικὸν τῶν χαλύβων καὶ τὸ ὁποῖον, ὅπως θὰ ἴδωμεν, ἀναλόγως τῆς θερμοκρασίας σχηματισμοῦ του, λαμβάνει τὴν ὀνομασίαν *φερρίτης* ἢ *ὠστενίτης*.

3 · 3 Τὸ εὐτηκτικὸν κρᾶμα ἢ εὐτηκτική.

Κατὰ τὴν στερεοποίησιν διμερῶν κραμάτων μὲ συστατικὰ Α καὶ Β (π.χ. δύο μέταλλα), τὰ ὁποῖα, ἐνῶ εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν εἶναι *πλήρως ἀναμίξιμα*, εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν εἶναι *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 ὁποῖον ὀνομάζομεν *εὐτηκτικὸν κρᾶμα* ἢ *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 ὀφείλεται καὶ ἡ δοθεῖσα ὀνομασία.

Εἰς τὴν περίπτωσιν, ποὺ τὰ δύο μέταλλα εἶναι *μερικῶς ἀναμίξιμα* εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν, λαμβάνομεν ἐπίσης εὐτηκτικὸν κρᾶμα κατὰ τὴν στερεοποίησιν. Ὑπάρχει ὅμως ἡ διαφορὰ ὅτι τὸ εὐτηκτικὸν αὐτὸ κρᾶμα ἀποτελεῖται ἀπὸ πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἐναλλὰξ ἐκ δύο κεκορεσμένων στερεῶν διαλυμάτων (*κεκορεσμένον στερεὸν διάλυμα* εἶναι ἐκεῖνο, εἰς τὸ ὁποῖον δὲν εἶναι δυνατὸν πλέον ἄλλα ἄτομα τοῦ ἑνὸς στοιχείου νὰ διεισδύσουν εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ ἄλλου στοιχείου). Ὁ ἕνας κρυσταλλίτης εἶναι στερεὸν διάλυμα τοῦ μετάλλου Α κεκορεσμένου διὰ τοῦ Β, ἐνῶ οἱ γειτονικοί του κρυσταλλῖται εἶναι στερεὸν διάλυμα τοῦ μετάλλου Β κεκορεσμένου διὰ τοῦ με-

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

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 μορφὴν εὐτηκτικοῦ κράματος εἰς χαμηλοτέραν ὅμως θερμοκρασίαν. Τὸ κρυσταλλικὸν αὐτὸ εἶδος ὀνομάζεται *εὐτηκτοειδὲς κρᾶμα* ἢ *εὐτηκτοειδής*. Καὶ τοῦτο, διότι δὲν σχηματίζεται ἐκ τοῦ τήγματος τοῦ κράματος, ὅπως τὸ εὐτηκτικὸν κρᾶμα, ἀλλὰ ἀπὸ στερεὸν διάλυμα κατὰ τὴν πρόοδον τῆς στερεοποιήσεως.

Ὁ 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 ἑνώσεις.

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

Ἡ παρουσία τῶν μεσομεταλλικῶν ἑνώσεων εἶναι συνήθης εἰς τὰ βιομηχανικὰ κράματα. Τὸ κρᾶμα, κατὰ συνέπειαν, θὰ ἀπαρτίζεται ἀπὸ στερεὰ διαλύματα βασικῶς καὶ ἀπὸ μεσομεταλλικὰς ἑνώσεις εἰς ποικίλας ἀναλογίας. Τὸ στερεὸν διάλυμα καὶ ἡ μεσομεταλλικὴ ἕνωσις ἔχουν ἐντελῶς διαφορετικὰς ἰδιότητας. Τὸ στερεὸν διάλυμα ἔχει μεγάλην μηχανικὴν ἀντοχήν, δυσθραυστότητα καὶ εἶναι ὄλκιμον, ἐνῶ ἡ μεσομεταλλικὴ ἕνωσις εἶναι μικρᾶς ἀντοχῆς, πολὺ σκληρὰ καὶ πολὺ εὔθραυστος. Ὡς ἐκ τούτου, ἡ μεσομεταλλικὴ ἕνωσις μόνη ἢ εἰς μεγάλας ἀναλογίας εἰς τὰ κράματα τὰ καθιστᾶ ἀκατάλληλα πρὸς βιομηχανικὴν χρῆσιν. Ὅταν τὸ κρᾶμα βασικῶς σχηματίζεται ἀπὸ στερεὸν ἢ στερεὰ διαλύματα, περιέχει δὲ καὶ κόκκους μεσομεταλλικῆς ἑνώσεως, εἰς μικρὰν ὅμως ἀναλογίαν, τότε τοῦτο εἶναι χρησιμοποιήσιμον, διότι συνδυάζει τὰς καλὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ στερεοῦ διαλύματος μὲ τὴν μεγάλην σκληρότητα τῆς μεσομεταλλικῆς ἑνώσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 4

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 ὁποῖα ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὴν ἀναλογίαν τῶν συστατικῶν τῶν κραμάτων. Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ εἶναι:

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

β) οἱ *μετασχηματισμοί*, οἱ ὁποῖοι γίνονται εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς στερεοποιήσεως, ἀλλὰ καὶ μετὰ ἀπὸ αὐτήν. Τοῦτο, διότι τὸ εἶδος τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς τοῦ κράματος εἶναι ἐκεῖνο, ποὺ καθορίζει τὰς μηχανικάς του ἰδιότητας.

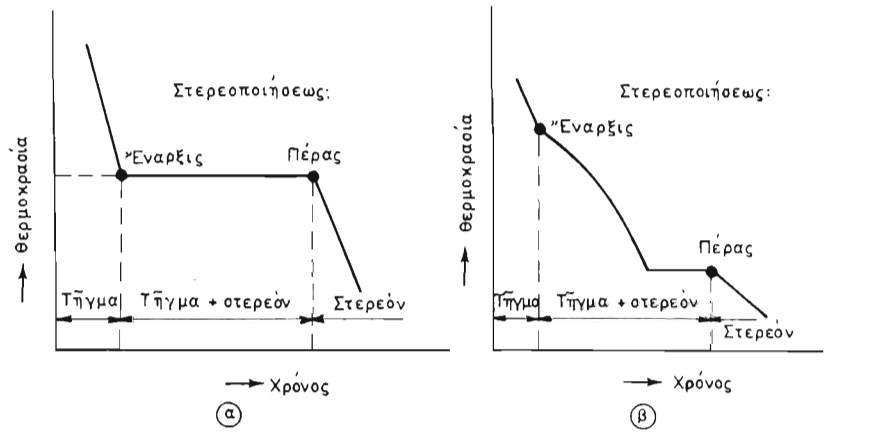
Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ μᾶς τὰ δίδει τὸ λεγόμενον *θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας τοῦ κράματος* ἢ ἁπλῶς τὸ *διάγραμμα τοῦ κράματος*.

Βασικὴ προϋπόθεσις διὰ τὴν κατασκευὴν τοῦ διαγράμματος αὐτοῦ εἶναι ὅτι τὸ κρᾶμα θὰ πρέπει νὰ εὑρίσκεται ἑκάστοτε εἰς κατάστασιν *ἰσορροπίας τῶν φάσεων*. Μὲ τὴν λέξιν *ἰσορροπίαν* εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐννοοῦμεν ὅτι οἱαδήποτε μεταβολὴ εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος εἶναι 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 ὁλοκληρωμένους μετασχηματισμοὺς εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομήν του, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ προκύπτῃ τελικῶς διαφορετικὴ κρυσταλλικὴ δομή, ἀπὸ ἐκείνην ποὺ θὰ προέκυπτε μετὰ ἀπὸ βραδεῖαν ἀπόψυξιν. Ἐπίσης, εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος εἶναι ἀδύνατον νὰ ἐπιτευχθῇ ἰσορροπία τῶν φάσεων εἰς τὸν βαμμένον χάλυβα, παρὰ μόνον, ἐὰν αὐτὸς ἀναθερμανθῇ καὶ ψυχθῇ καταλλήλως (ἀνόπτησις, παράγρ. 19 · 2).

4 · 2 Κατασκευὴ τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος ἰσορροπίας τοῦ κράματος.

Ἂς ἴδωμεν τώρα πῶς κατασκευάζεται τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας ἑνὸς κράματος:

Διὰ κάθε καθαρὸν μέταλλον ἢ διὰ κάθε κρᾶμα εἶναι δυνατὸν πειραματικῶς νὰ κατασκευασθῇ ἡ 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 ἑνὸς κράματος, τοῦ ὁποίου ἡ στερεοποίησις γίνεται εἰς ὡρισμένην περιοχὴν θερμοκρασίας, ἀναλόγως τῆς συνθέσεώς του, καὶ ὄχι εἰς σταθερὰν θερμοκρασίαν.



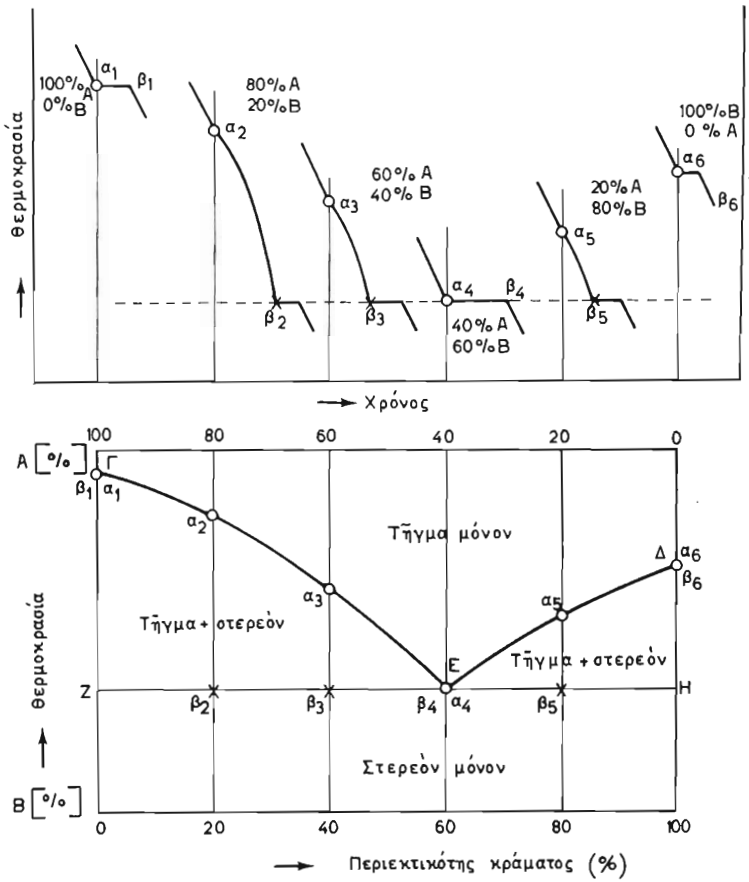
Σχ. 4 · 2 α.
Καμπύλαι ἀποψύξεως :
α) Καθαροῦ μετάλλου. β) Κράματος ἁπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου.

Ἂς θεωρήσωμεν τώρα ἓξ κράματα ἁπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου (παράγρ. 4 · 3) μὲ διαφόρους ἀναλογίας τῶν συστατικῶν των Α καὶ Β.

Εἰς τὸ σχῆμα 4 · 2 β ἔχουν χαραχθῇ αἱ καμπύλαι ἀποψύξεως τῶν κραμάτων αὐτῶν, ἡ περιεκτικότης τῶν ὁποίων εἰς μέταλλον Α βαίνει ἐλαττουμένη.

Ἡ στερεοποίησις ἀρχίζει εἰς τὰ σημεῖα α_1, α_2 ..., α_6 καὶ περατοῦται εἰς τὰ β_1, β_2, ..., β_6 ἀντιστοίχως. Ἐὰν ἑνώσωμεν τὰ σημεῖα α_1,

$\alpha_2, \ldots, \alpha_6$, λαμβάνομεν τὴν γραμμὴν liquidus (ΓΕΔ), ἡ ὁποία δεικνύει τὴν θερμοκρασίαν, εἰς τὴν ὁποίαν κρᾶμα ὡρισμένης ἀναλογίας



Σχ. 4·2β.

Κατασκευὴ διαγράμματος θερμικῆς ἰσορροπίας κράματος ἁπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου μὲ χρησιμοποίησιν τῶν καμπυλῶν ἀποψύξεως αὐτοῦ.

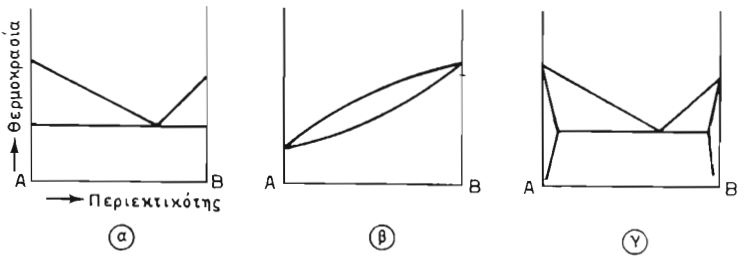
τῶν συστατικῶν του Α καὶ Β ἀρχίζει νὰ στερεοποιῆται. Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον ἐκ τῶν σημείων β_1, β_2, ..., β_6 προκύπτει ἡ γραμμὴ

solidus (ΓΖΕΗΔ), διὰ τῆς ὁποίας προσδιορίζεται ἡ θερμοκρασία, εἰς τὴν ὁποίαν κρᾶμα ὡρισμένης ἀναλογίας στερεοποιεῖται πλήρως. Ἔτσι, τὸ liquidus δύναται νὰ ὁρισθῆ ὡς ἡ γραμμή, ἄνωθεν τῆς ὁποίας ὅλα τὰ κράματα μὲ τὰς σημειουμένας θερμοκρασίας καὶ ἀναλογίας τῶν συστατικῶν των Α καὶ Β εὑρίσκονται εἰς ὑγράν, ὁμογενῆ κατάστασιν (τῆγμα), ἐνῶ τὸ solidus ὡς ἡ γραμμή, κάτωθεν τῆς ὁποίας ὅλα τὰ κράματα τῶν ἀναφερομένων θερμοκρασιῶν καὶ ἀναλογιῶν τῶν Α καὶ Β εὑρίσκονται εἰς στερεὰν κατάστασιν.

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

4 · 3 Μεταβολαὶ εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος.

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



Σχ. 4·3 α.

Χαρακτηριστικοὶ τύποι θερμικῶν διαγραμμάτων ἰσορροπίας διμερῶν κραμάτων μὲ συστατικὰ Α καὶ Β: α) Ἁπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου. β) Τύπου στερεοῦ διαλύματος. γ) Συνθέτου τύπου.

Κατὰ τὴν στερεοποίησιν τῶν διμερῶν κραμάτων διακρίνομεν τὰς ἑξῆς τρεῖς θεμελιώδεις περιπτώσεις (σχ. 4 · 3 α):

α) Τὰ συστατικὰ τοῦ κράματος Α καὶ Β εἶναι πλήρως μὴ ἀναμίξιμα εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν (κρᾶμα ἁπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου).

β) Τὰ συστατικὰ τοῦ κράματος εἶναι πλήρως ἀναμίξιμα εἰς τὴν

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

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

Κατωτέρω θὰ περιγράψωμεν λεπτομερῶς τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας κράματος ἁπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου, ὅπως τὸ κρᾶμα βισμουθίου - καδμίου, τὸ ὁποῖον εἶναι σχετικῶς ἁπλοῦν. Κατόπιν θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὸ διάγραμμα κράματος συνθέτου τύπου, ὅπως εἶναι τὸ κρᾶμα κασσιτέρου - μολύβδου, τὸ ὁποῖον προσιδιάζει περισσότερον πρὸς τὸ διάγραμμα τῶν κραμάτων σιδήρου - ἄνθρακος, δηλαδὴ πρὸς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας, μὲ τοὺς ὁποίους καὶ θὰ ἀσχοληθῶμεν ἐν ἐκτάσει εἰς τὸ 6ον Μέρος.

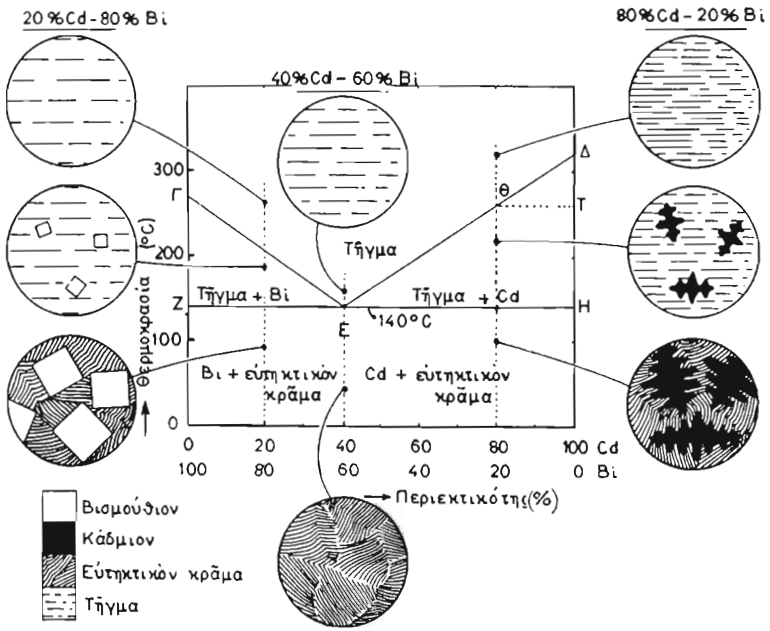
1) Τὸ διάγραμμα κράματος ἁπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου.

Εἰς τὸ σχῆμα 4 · 3 β παρίσταται τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας 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.

Ἂς ἴδωμεν τώρα πῶς στερεοποιεῖται κρᾶμα ἀναλογίας 80% καδμίου καὶ 20% βισμουθίου. Ὅταν κατὰ τὴν ἀπόψυξιν τοῦ κράματος ἡ θερμοκρασία του κατέλθη εἰς Τ, τότε ἀρχίζουν νὰ σχηματίζωνται φύτρα καθαροῦ καδμίου. [Ἡ θερμοκρασία Τ προσδιορίζεται ὡς ἑξῆς: Φέρομεν κατακόρυφον ἀπὸ τὴν περιεκτικότητα τοῦ ἀντιστοίχου στοιχείου (80% διὰ τὸ Cd) τοῦ κράματος, ποὺ ἐξετάζομεν, καὶ ἀπὸ τὸ σημεῖον Θ τῆς τομῆς της μετὰ τοῦ liquidus εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν φέρομεν ὁριζοντίαν, ἡ ὁποία προσδιορίζει τὴν ζητουμένην θερμοκρασίαν Τ εἰς τὸν ἄξονα τῶν θερμοκρασιῶν τοῦ διαγράμματος].

Ἐφ' ὅσον ἀρχίζει νὰ στερεοποιῆται 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 ἤδη ἀναφέρει. Ἡ ἀνάπτυξις τῶν δενδριτῶν καδμίου καὶ ὁ ἐμπλουτισμὸς τοῦ τήγματος εἰς βισμούθιον προχωρεῖ μέχρι τῆς θερμοκρασίας

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



Σχ. 4 · 3 β.

Θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας κραμάτων καδμίου-βισμουθίου (ἁπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου) μὲ σχηματικὴν παράστασιν τῆς κρυσταλλικῆς του δομῆς εἰς ὡρισμένας θέσεις τοῦ διαγράμματος. Ἡ μεγαλυτέρα περιεκτικότης τοῦ τήγματος εἰς κάδμιον φαίνεται ἐνδεικτικῶς ἀπὸ τὴν πυκνότητα τῶν διακεκομμένων γραμμῶν.

Ἐὰν προχωρήση ἡ ἀπόψυξις μέχρι τῆς συνήθους θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος, ἡ τελικὴ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ κράματος θὰ συνίσταται ἀπὸ πρωτογενεῖς κρυσταλλίτας καδμίου, ποὺ σχηματίζονται μεταξὺ θερμοκρασίας Τ καὶ 140° C περιβαλλομένους ἀπὸ εὐτηκτικὸν κρᾶμα, τὸ ὁποῖον ἐσχηματίσθη εἰς τοὺς 140° C, καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἐναλλὰξ καδμίου καὶ βισμουθίου (σχ. 4 · 3 β).

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

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

Ἐὰν τὸ τῆγμα περιέχη 40 % κάδμιον καὶ 60 % βισμούθιον, τότε οὐδεμία στερεοποίησις παρατηρεῖται, παρὰ μόνον ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέλθη εἰς τοὺς 140° C, ὁπότε σχηματίζεται, ὡς περιεγράφη, μόνον τὸ εὐτηκτικὸν 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 εἶναι τὸ κρᾶμα κασσιτέρου (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 ἁπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου:

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

β) Τὸ σχηματιζόμενον εὐτηκτικὸν κρᾶμα ἀποτελεῖται ἀπὸ πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἐναλλὰξ ἀπὸ δύο στερεὰ διαλύματα καὶ ὄχι 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.

Ὅπως φαίνεται εἰς τὸ διάγραμμα, σχηματίζονται δύο στερεὰ διαλύματα:

— Τὸ στερεὸν διάλυμα α, ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ κασσίτερον,

Σχ. 4·3γ.
Θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας κραμάτων κασσιτέρου - μολύβδου (συνθέτου τύπου) μὲ σχηματικὴν παράστασιν τῆς κρυσταλλικῆς τοῦ δομῆς εἰς ὡρισμένας 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 κασσιτέρου - μολύβδου, ἂς παρακολουθήσωμεν τοὺς μετασχηματισμοὺς εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ κράματος μέχρι τῆς τελείας ἀποψύξεώς του θεωροῦντες τέσσαρα κράματα χαρακτηριστικῶν ἀναλογιῶν:

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

Τὸ κρᾶμα αὐτὸ ἀρχίζει νὰ στερεοποιῆται εἰς τὴν θερμοκρασίαν Τ, 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 183° 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 Ε (38,5% Pb - 61,5% Sn), θὰ στερεοποιηθῇ δὲ τοῦτο ὑπὸ μορφὴν εὐτηκτικοῦ κράματος, δηλαδὴ εἰς πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἐναλλὰξ στερεοῦ διαλύματος α καὶ β μὲ ἀναλογίας Β (2,6% Pb - 97,4% Sn) καὶ Ζ (19,5% Sn - 80,5% Pb) ἀντιστοίχως.

Ἐὰν ἡ ἀπόψυξις προχωρήσῃ ἠρέμως 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 προοδευτικῶς 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 ἠρέμως εἰς τὴν θερμοκρασίαν T_1, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θεωρηθεῖσαν περιεκτικότητα (σημεῖον Ι) στερεοποιεῖται εἰς ὁμοιογενὲς στερεὸν διάλυμα β. Μὲ περαιτέρω πτῶσιν τῆς θερμοκρασίας ἡ κρυσταλλική 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 ὅρια 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 ὅρια τῶν κόκκων (σχ. 4 · 3 γ).

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

Ἐὰν τοῦτο ἀποψυχθῇ ἠρέμως 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 εὐτηκτικὸν 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 ὑλικῶν ἐν γένει διακρίνονται εἰς δύο κατηγορίας:

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

β) εἰς δοκιμασίας ἄνευ καταστροφῆς τοῦ τεμαχίου ἢ *ἐμμέσους* δοκιμασίας.

Αἱ δοκιμασίαι τῆς πρώτης κατηγορίας ἐκτελοῦνται ἐπὶ δοκιμίου ὡρισμένου σχήματος καὶ διαστάσεων (*τυποποιημένου*, ὅπως λέγομεν), ὅπως π.χ. εἶναι ἡ δοκιμασία ἐφελκυσμοῦ, τὴν ὁποίαν θὰ μελετήσωμεν λεπτομερῶς εἰς τὰ ἑπόμενα. Αἱ δοκιμασίαι τῆς δευτέρας κατηγορίας ἐκτελοῦνται συνήθως ἐπὶ ἑτοίμων τεμαχίων πρὸς διαπίστωσιν τῆς καταλληλότητός 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 ἰδιοτήτων* τῶν μετάλλων. Καὶ τοῦτο, διότι, ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει (παράγρ. 2 · 4), τὰ μέταλλα πλὴν τῶν ἄλλων χαρακτηριστικῶν των ἰδιοτήτων ἔχουν *μεγάλην μηχανικὴν ἀντοχὴν καὶ παρουσιάζουν πλαστικότητα*.

Ἔτσι, ἔχομεν τὰς δοκιμασίας:

α) Ἐφελκυσμοῦ καὶ θλίψεως.

β) Σκληρότητος.

γ) Εἰς κροῦσιν ἢ δοκιμασίαν δυσθραυστότητος καὶ

δ) κοπώσεως ἢ δοκιμασίαν εἰς δυναμικὴν ἀντοχήν.

Εἰς τὰ ἑπόμενα θὰ περιγράψωμεν τὸν τρόπον ἐκτελέσεως ἑκά-

στης μηχανικῆς δοκιμασίας καὶ θὰ ὁρίσωμεν τὰ μεγέθη, ποὺ χαρακτηρίζουν τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τῶν μετάλλων.

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

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

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

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

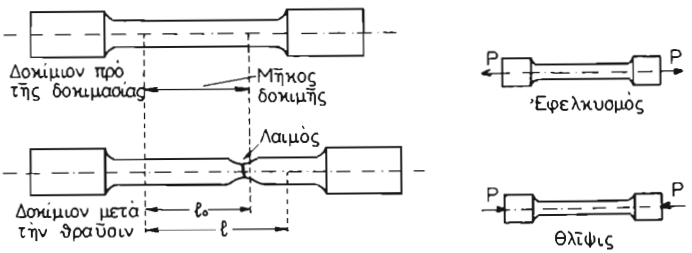
δ) Δοκιμασίας ἐντοπισμοῦ ἐσωτερικῶν ἐλαττωμάτων τῶν τεμαχίων, ὅπως εἶναι φυσαλλίδες εἰς χυτὰ ἀντικείμενα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῶν τῶν δοκιμασιῶν χρησιμοποιοῦνται συσκευαὶ ὑπερήχων, καθὼς ἐπίσης καὶ μέθοδοι ραδιογραφίας (ἀκτῖνες Χ ἢ γ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 6

Η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΛΙΨΕΩΣ

Ἡ δοκιμασία ἐφελκυσμοῦ εἶναι ἡ σπουδαιοτέρα ἀπὸ τὰς μηχανικὰς δοκιμασίας καὶ ἡ κατὰ πρῶτον ἐφαρμοσθεῖσα.

Διὰ τὴν δοκιμασίαν τοῦ ἐφελκυσμοῦ, κατάλληλον πρὸς τοῦτο δοκίμιον ἐκ τοῦ δοκιμαζομένου ὑλικοῦ 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. (*Ἐφελκυσμὸς* ὀνομάζεται ἡ καταπόνησις δοκιμίου, ὅταν αἱ ἐφαρμοζόμεναι δυνάμεις P, ἴσαι καὶ ἀντίθετοι, ἐνεργοῦν κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος τοῦ δοκιμίου, τείνουν δὲ νὰ αὐξήσουν τὸ μῆκος του. *Θλῖψις* ὀνομάζεται ἡ ἀντίθετος τοῦ ἐφελκυσμοῦ καταπόνησις, δηλαδὴ ὅταν αἱ ἴσαι 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 ὀργάνου, ἀντιστοιχεῖ καὶ ὡρισμένη ἐπιμήκυνσις, ἡ ὁποία μετρεῖται διὰ τοῦ μηκυνσιομέτρου.

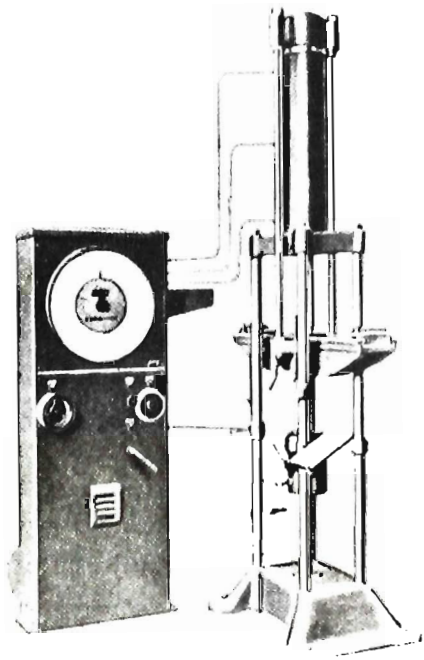
Ἐκ τῶν μετρουμένων τιμῶν τῆς δυνάμεως ἐφελκυσμοῦ καὶ τῆς ἐπιμηκύνσεως δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ λεγόμενον *διάγραμμα ἐφελκυσμοῦ τοῦ δοκιμαζομένου ὑλικοῦ διὰ τὸ χρησιμοποιηθὲν τυποποιημένον δοκίμιον* (σχ. 6 · γ).

Εἰς τὸν ὁριζόντιον ἄξονα τοῦ διαγράμματος ἐφελκυσμοῦ τίθεται ἡ λεγομένη *εἰδικὴ ἐπιμήκυνσις* ε, ποὺ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$\varepsilon \quad \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100\ [\%] \quad (1)$$

ὅπου: l_0 εἶναι τὸ *μῆκος δοκιμῆς* τοῦ δοκιμίου (σχ. 6 · α) εἰς mm καὶ l εἰς mm εἶναι τὸ μῆκος αὐτὸ μετὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῆς δυνάμεως ἐφελκυσμοῦ P.

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



Σχ. 6 · β.
Μηχάνημα ἐφελκυσμοῦ καὶ θλίψεως.

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

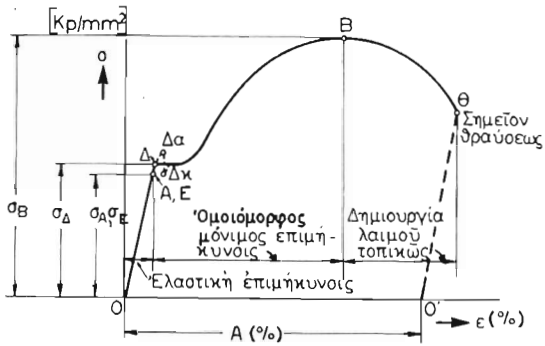
$$\sigma = \frac{P}{F_0} \quad [kp/mm^2] \quad (2)$$

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

Μελετῶντες τὸ διάγραμμα ἐφελκυσμοῦ μαλακοῦ χάλυβος (σχ. 6 · γ), τὸ ὁποῖον, ὅπως εἴπομεν, κατασκευάζεται ἀπὸ πειραματικὰ δεδομένα, παρατηροῦμεν τὰ ἑξῆς:

α) Τὸ τμῆμα ΟΑ τοῦ διαγράμματος εἶναι εὐθύγραμμον, 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 ἐκφράζεται μαθηματικῶς διὰ τοῦ γνωστοῦ νόμου τοῦ Hooke:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \quad [kp/mm^2] \qquad (3)$$



Σχ. 6 · γ.
Τὸ διάγραμμα ἐφελκυσμοῦ μαλακοῦ χάλυβος.

ὅπου: Ε εἰς kp/mm² εἶναι τὸ λεγόμενον *μέτρον ἐλαστικότητος* τοῦ ὑλικοῦ τοῦ δοκιμίου. Τοῦτο εἶναι σταθερὸν διὰ κάθε ὑλικὸν καὶ ἑπομένως λαμβάνει ἀναλόγως τοῦ ὑλικοῦ ὡρισμένην τιμή. Τὸ μέτρον ἐλαστικότητος ὅλων τῶν εἰδῶν ἐλατοῦ σιδήρου καὶ χάλυβος κυμαίνεται μεταξὺ 2.10^4 καὶ $2{,}15.10^4$ kp/mm².

Ἡ τάσις, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ σημεῖον Α τοῦ διαγράμματος, ὀνομάζεται *ὅριον ἀναλογίας*, διότι μέχρι τοῦ σημείου αὐτοῦ αἱ τάσεις εἶναι ἀνάλογοι τῶν εἰδικῶν ἐπιμηκύνσεων (Νόμος τοῦ Hooke), καὶ παρίσταται ὡς σ_A. Τὸ ὅριον ἀναλογίας εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ μαλακοῦ χάλυβος συμπίπτει πρακτικῶς μὲ τὸ *ὅριον ἐλαστικότητος* σ_E.

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

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

β) Ἐλαφρῶς ἄνω τοῦ ὁρίου ἐλαστικότητος ἐμφανίζεται αἰφνιδία μόνιμος παραμόρφωσις, ἄνευ οὐσιώδους μεταβολῆς τῆς ἐφαρμοζομένης δυνάμεως ἐφελκυσμοῦ. Ἡ τάσις σ_{Δ}, εἰς τὴν ὁποίαν συμβαίνει αὐτό, ὀνομάζεται *ὅριον διαρροῆς*. Πολλάκις παρατηρεῖται ἀνωμαλία εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ὁρίου διαρροῆς (σχ. 6 · γ), ὁπότε διακρίνομεν ἀνώτερον $\sigma_{\Delta\alpha}$ καὶ κατώτερον $\sigma_{\Delta\kappa}$ ὅριον διαρροῆς.

γ) Μετὰ τὸ ὅριον διαρροῆς, ἡ αὔξησις τῆς τάσεως ἐφελκυσμοῦ συνοδεύεται ἀπὸ ἔντονον αὔξησιν 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 ἐφελκυσμοῦ ἐλαττώνεται* (πτῶσις τῆς καμπύλης), ἡ *ἐπιμήκυνσις τοῦ δοκιμίου συνεχίζεται*, μέχρις ὅτου ἐπέλθῃ ἡ θραῦσις τοῦ δοκιμίου (σημεῖον Θ τοῦ διαγράμματος). Ἡ πτῶσις τῆς καμπύλης δὲν σημαίνει ὅτι ἡ ἀντοχὴ εἰς ἐφελκυσμὸν τοῦ δοκιμίου ἠλαττώθη, ἀντιθέτως ηὐξήθη, διότι τὸ δοκίμιον ὑφίσταται σκλήρωσιν (Κεφάλ. 10). Ἡ πτῶσις αὐτὴ ἐξηγεῖται ἐκ τοῦ ὅτι ἡ τάσις ἐφελκυσμοῦ ὑπολογίζεται βάσει τῆς ἀρχικῆς διατομῆς τοῦ δοκιμίου (σχέσις 2) καὶ οὐχὶ ἐπὶ τῆς ἑκάστοτε ἐλαχίστης διατομῆς λόγω τῆς δημιουργίας τοῦ λαιμοῦ.

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

— Τὸ μέτρον ἐλαστικότητος (ὅπως ἔχει ἤδη ὁρισθῆ).

— Τὸ ὅριον διαρροῆς (ὅπως ἔχει ἤδη ὁρισθῆ).

— Τὸ ὅριον θραύσεως σ_{B} (σχ. 6 · γ), ποὺ ὁρίζεται ὡς ἡ μεγίστη τάσις ἐφελκυσμοῦ, ἡ ὁποία ἀνεπτύχθη εἰς τὸ ὑλικὸν πρὸ τῆς θραύσεως καὶ ποὺ μετρεῖται εἰς kp/mm^2. Κατὰ τὸν ὑπολογισμόν της χρησιμοποιεῖται ἡ ἀρχικὴ διατομὴ τοῦ δοκιμίου F_0.

— Ἡ εἰδικὴ ἐπιμήκυνσις θραύσεως $A(\%)$, ποὺ λαμβάνεται ὡς ἡ μόνιμος εἰδικὴ ἐπιμήκυνσις τοῦ δοκιμίου μέχρι τῆς θραύσεως καὶ ποὺ πρακτικῶς προσδιορίζεται ἀπὸ τὸ διάγραμμα ἐφελκυσμοῦ, ἂν φέρωμεν τὴν εὐθεῖαν ΘΟ' παράλληλον πρὸς τὴν ΑΟ (σχ. 6 · γ). Τὸ μέγεθος αὐτὸ χαρακτηρίζει τὴν λεγομένην *πλαστικότητα* τοῦ μετάλλου.

— Ἡ εἰδικὴ ἐκλέπτυνσις θραύσεως Σ [%], ποὺ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

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

ὅπου: F_0 εἰς mm^2 ἡ ἀρχικὴ διατομὴ τοῦ δοκιμίου καὶ F εἰς mm^2 ἡ μετὰ τὴν θραῦσιν ἐλαχίστη διατομὴ αὐτοῦ.

Ἡ γνῶσις ὅλων ἢ ὡρισμένων ἐκ τῶν μηχανικῶν αὐτῶν ἰδιοτήτων χρειάζεται εἰς τὴν πρᾶξιν πρὸς χαρακτηρισμὸν τῶν μετάλλων ἢ κραμάτων, ὅπως θὰ ἴδωμεν εἰς τὸ μέρος τῆς βιομηχανικῆς χρήσεως αὐτῶν.

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

Κατὰ τὴν δοκιμασίαν θλίψεως συνεκτικῶν ὑλικῶν παρατηροῦνται περίπου τὰ αὐτά, ὅπως καὶ κατὰ τὴν δοκιμασίαν τοῦ ἐφελκυσμοῦ. Ἡ *εἰδικὴ βράχυνσις* τοῦ δοκιμίου, εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς θλίψεως, εἶναι καὶ πάλιν μέχρις ἑνὸς ὁρίου ἀνάλογος τῆς ἀναπτυσσομένης *τάσεως θλίψεως*. Τὸ δοκίμιον συνήθως δὲν θραύεται, ἀλλὰ λαμβάνει πεπλατυσμένον σχῆμα, ἐνῶ διαστέλλεται ἐγκαρσίως.

Ἡ δοκιμασία θλίψεως ἔχει μεγάλην σημασίαν διὰ τὰ ψαθυρὰ ὑλικά, τὰ ὁποῖα 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 ἢ κράματος, ἀλλὰ καὶ οἱουδήποτε στερεοῦ ὑλικοῦ ὀνομάζεται ἡ *ἀντίστασις*, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει εἰς τὴν διείσδυσιν ξένου σώματος, τὸ ὁποῖον καταλλήλως πιέζεται ἐπ' αὐτοῦ.

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

7 · 1 Ἡ μέθοδος Brinell.

Ἡ δοκιμασία σκληρότητος κατὰ Brinell εἶναι ἡ πλέον γνωστή, ἐπενοήθη δὲ καὶ ἐχρησιμοποιήθη 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 ὁποίου πρόκειται νὰ μετρήσωμεν τὴν σκληρότητα. Ἡ ἐπιβαλλομένη δύναμις (φορτίον δοκιμασίας) εἶναι ἐπίσης τυποποιημένη.

Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ δοκιμίου λειαίνεται διὰ ρίνης καὶ κατόπιν διὰ σμυριδοπάνου. Ἡ σφαῖρα, πιεζομένη ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας σχηματίζει σφαιρικὴν κοιλότητα, ἡ ὁποία ἔχει τόσον μεγαλυτέραν διάμετρον, ὅσον τὸ ὑλικὸν εἶναι μαλακώτερον, διὰ τὸ αὐτὸ ὅμως φορτίον δοκιμασίας.

Ἡ σκληρότης κατὰ Brinell H_B, εἰς kp/mm² ἢ εἰς βαθμοὺς Brinell, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

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

ὅπου: P εἰς kp εἶναι τὸ φορτίον δοκιμασίας καὶ F εἰς mm² εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τῆς σχηματιζομένης κατὰ τὴν δοκιμασίαν σφαιρικῆς κοιλότητος.

Ἡ ἐπιφάνεια F προσδιορίζεται ἐκ τῆς σχέσεως:

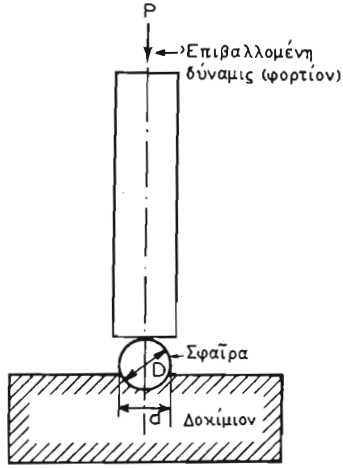
$$F = \frac{\pi D}{2} \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right) \quad [mm^2] \qquad (6)$$

ὅπου: D καὶ d εἰς mm εἶναι ἡ διάμετρος τῆς σφαίρας καὶ τῆς σφαιρικῆς κοιλότητος ἀντιστοίχως (σχ. 7 · 1 α).

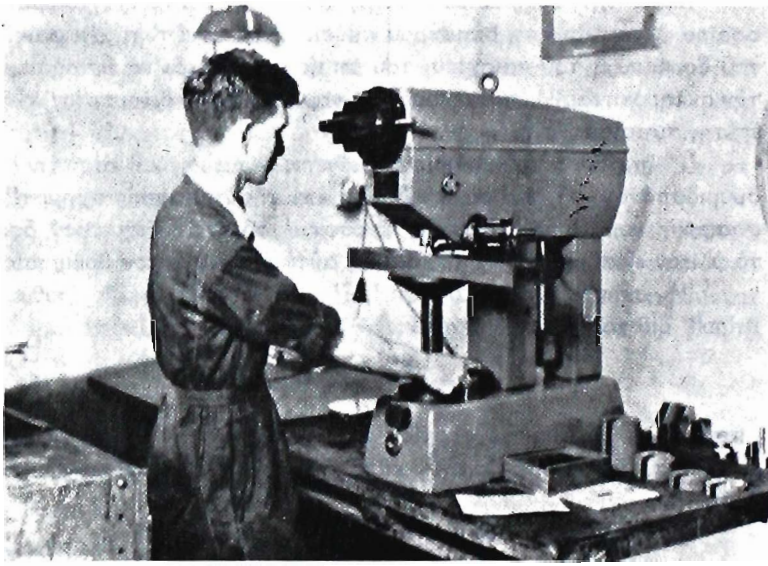
Συμφώνως πρὸς τὸν ὁρισμὸν αὐτόν, ἡ σκληρότης κατὰ Brinell παριστᾶ τὴν ἀσκουμένην πίεσιν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἐπαφῆς σφαίρας-δοκιμίου.

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

Πρὸς ἀποφυγὴν πολυπλόκων ὑπολογισμῶν, ἡ σκληρότης δίδεται ἀπὸ πίνακας, ποὺ συντάσσονται διὰ τυποποιημένας τιμὰς 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 Vickers.

σφαίρας D, ἀφοῦ ὅμως μετρηθῆ ἐν μεγεθύνσει εἰς τὸ σκληρόμετρον ἡ διάμετρος d τοῦ ἴχνους 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 ὑλικά, ὅπως λ.χ.

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

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

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

Ἔχει εὑρεθῆ, ὅτι μεταξὺ τῆς σκληρότητος κατὰ Brinell H_B καὶ τοῦ ὁρίου θραύσεως σ_B τῶν μετάλλων ἢ κραμάτων ὑπάρχει σχέσις, πρᾶγμα ποὺ μᾶς ἐπιτρέπει — μὲ παραδεκτὴν ἀκρίβειαν διὰ τὰς ἐφαρμογὰς — νὰ προσδιορίζωμεν τὸ ὅριον θραύσεως ἀπὸ τὴν εὐκόλως μετρουμένην σκληρότητα κατὰ Brinell. Δίδονται πρὸς τοῦτο αἱ ἑξῆς σχέσεις:

$$
\begin{array}{ll}
\text{Χάλυβες} & \sigma_B = (0{,}34 - 0{,}36)\, H_B \\
\text{Ἀργίλιον} & \sigma_B = 0{,}33\, H_B \\
\text{Κράματα ἀργιλίου} & \sigma_B = 0{,}37\, H_B \\
\text{Χαλκὸς καὶ κράματα χαλκοῦ} & \sigma_B = (0{,}40 - 0{,}55)\, H_B
\end{array}
\qquad (7)
$$

7·2 Ἡ μέθοδος Vickers.

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

ἡ ὁποία πιεζομένη ἐπὶ τοῦ δοκιμίου δίδει γεωμετρικῶς ὁμοίας κοιλότητας διὰ διαφορετικὰ φορτία δοκιμασίας P.

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

Ἡ δοκιμασία ἐκτελεῖται εἰς σκληρόμετρον, ὅπως καὶ ἡ δοκιμασία κατὰ Brinell (σχ. 7 · 1 β).

Ἡ πυραμὶς πιεζομένη ἀφήνει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοκιμίου τετραγωνικὴν κοιλότητα, τῆς ὁποίας μετροῦμεν τὴν διαγώνιον διὰ μικροσκοπίου, τὸ ὁποῖον φέρει καὶ κατάλληλον ὄργανον μετρήσεως μήκους. Αἱ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον λαμβανόμεναι μετρήσεις τῆς διαγωνίου τοῦ τετραγωνικοῦ ἴχνους τῆς πυραμίδος μετατρέπονται εἰς σκληρότητα κατὰ Vickers H_V μὲ τὴν βοήθειαν πινάκων.

Ἐπειδὴ τὰ ἴχνη τῆς πυραμίδος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοκιμίου εἶναι 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 ἱκανοποιητικὰ ἀποτελέσματα διὰ σκληρὰ ὑλικά, ἐνῶ ἡ μέθοδος κατὰ Brinell διὰ μαλακὰ ὑλικά.

7 · 3 Ἡ μέθοδος Rockwell.

Ἡ δοκιμασία αὐτὴ τῆς σκληρότητος ἐκτελεῖται ταχέως εἰς τὸ ἐργοστάσιον καὶ μὲ προσωπικὸν μὴ ἐξειδικευμένον.

Τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων δίδονται ἀπ' εὐθείας εἰς κατάλληλον μετρητικὸν ὄργανον. Ὑπολογίζεται ὅτι εἶναι δυνατὴ ἡ ἐκτέλεσις 300 περίπου μετρήσεων αὐτοῦ τοῦ εἴδους ἀνὰ ὥραν.

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

Ὅταν χρησιμοποιῆται ἡ κλῖμαξ B, χαλυβδίνη σφαῖρα διαμέτρου 1/16 in πιέζεται ἐπὶ τοῦ δοκιμίου μὲ συνολικὸν φορτίον 100 kp. Ἡ κλῖμαξ 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° πιέζεται ἐπὶ τοῦ τεμαχίου μὲ συνολικὸν φορτίον 150 kp. Ἡ κλῖμαξ αὐτὴ ἐφαρμόζεται διὰ τὴν μέτρησιν τῆς σκληρότητος σκληρῶν χαλύβων.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

Ἡ δοκιμασία γίνεται ὡς ἑξῆς: Τὸ τεμάχιον τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς τραπέζης τοῦ σκληρομέτρου καὶ πιέζεται ἀρχικῶς ἡ σφαῖρα (κλῖμαξ B) ἢ ὁ κῶνος(κλῖμαξ C) μὲ προκαταρκτικὸν φορτίον 10 kp. Ἀκολούθως, μηδενίζεται τὸ μετρητικὸν ὄργανον καὶ ἐφαρμόζεται τὸ κανονικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον μετὰ τὴν συμπίεσιν ἀφαιρεῖται καὶ παραμένει τὸ προκαταρκτικὸν φορτίον τῶν 10 kp, ὁπότε γίνεται καὶ ἡ μέτρησις τῆς σκληρότητος κατὰ Rockwell. Κατόπιν ἀφαιρεῖται τὸ προκαταρκτικὸν φορτίον καὶ τὸ τεμάχιον ἀποσύρεται ἀπὸ τὴν τράπεζαν τοῦ σκληρομέτρου.

7 · 4 Ἡ μέθοδος Shore.

Μέχρι τώρα ἔχομεν ἀσχοληθῆ μὲ δοκιμασίας μετρήσεως σκληρότητος, κατὰ τὰς ὁποίας τὸ τεμάχιον ἢ δοκίμιον τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς τραπέζης τοῦ σκληρομέτρου, δημιουργεῖται δὲ διὰ σφαίρας, διὰ πυραμίδος ἢ διὰ κώνου κοιλότης ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ τεμαχίου καὶ ἀκολούθως προσδιορίζεται ἡ σκληρότης ἐκ τῶν διαστάσεων τῆς κοιλότητος. Εἰς ὡρισμένας 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 τοποθετηθῆ 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 οὐγγίας, ἀφήνεται νὰ πέσῃ ἐλευθέρως ἐντὸς ὑαλίνου σωλῆνος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ πρὸς μέτρησιν τεμαχίου ἀπὸ ὕψος 10 in. Ἐπὶ κλίμακος βαθμονομημένης εἰς 140 ἴσας ὑποδιαιρέσεις καὶ τοποθετημένης ὄπισθεν τοῦ σωλῆνος μετρεῖται τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον ἀναπηδᾶ ἡ σφῦρα.

Τὸ ὕψος ἀναπηδήσεως τῆς σφύρας εἶναι μεγαλύτερον διὰ τὰ σκληρότερα ὑλικά. Ἐπὶ τοῦ τεμαχίου οὐδὲν ἴχνος ἀπομένει μετὰ τὴν δοκιμασίαν.

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

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

ΠΙΝΑΞ 7·4·1

Βαθμῶν 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/mm²]	Κλῖμαξ B P = 100 kp	Κλῖμαξ 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	—	—	—

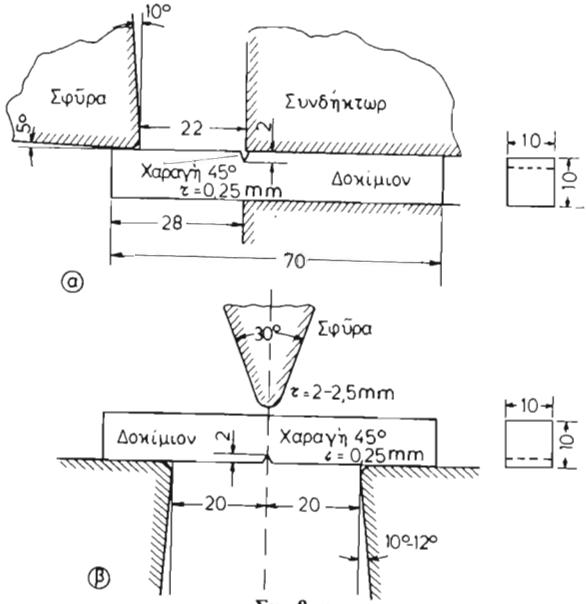
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 8

Η ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΕΙΣ ΚΡΟΥΣΙΝ (ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΟΣ)

Ἡ ἀντοχὴ 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 των.

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

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

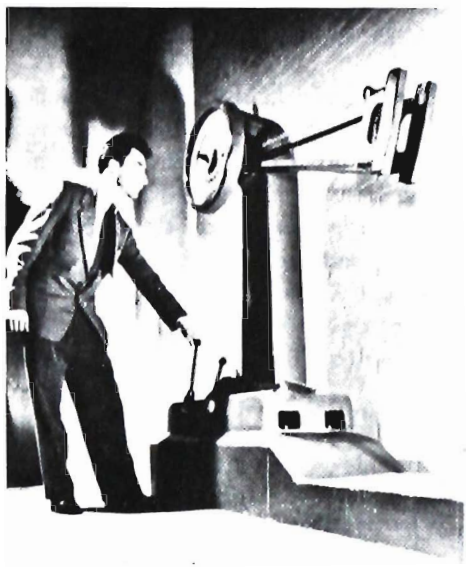


Σχ. 8 · α.

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

τὴν μίαν των πλευρὰν χαραγήν. Ἡ χαραγὴ αὐτὴ 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, ὁπότε τὸ δοκίμιον στηρίζεται εἰς τὰ δύο του ἄκρα — *ἀμφιέρειστος δοκὸς* —, ἡ κροῦσις γίνεται εἰς τὸ μέσον. Κατὰ τὴν μέθοδον Izod, ὁπότε τὸ δοκίμιον στηρίζεται εἰς τὸ ἕνα του ἄκρον — *πρόβολος* —, ἡ κροῦσις γίνεται εἰς τὸ ἄλλο ἐλεύθερον ἄκρον.



Σχ. 8 · β.
Ἡ μηχανὴ δοκιμασίας εἰς κροῦσιν.

Τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν θραῦσιν τοῦ δοκιμίου ἔργον E, εἰς kpm ἀνὰ μονάδα τῆς πλήρους διατομῆς τοῦ δοκιμίου F_0, εἰς cm^2, λαμβάνεται ὡς μέτρον τῆς ἀντοχῆς τοῦ ὑλικοῦ εἰς κροῦσιν καὶ ὀνομάζεται *δυσθραυστότης* τοῦ ὑλικοῦ. Ἡ δυσθραυστότης κατὰ συνέπειαν δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

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

Τὸ ἔργον, ποὺ καταναλίσκεται διὰ τὴν θραῦσιν τοῦ δοκιμίου, προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς θέσεις, ποὺ λαμβάνει ἡ σφῦρα (ἐκκρεμὲς) πρὸ καὶ μετὰ τὴν θραῦσιν τοῦ δοκιμίου. Ἡ μηχανὴ δοκιμασίας εἰς κροῦσιν μᾶς δίδει ἑκάστοτε ἐπὶ βαθμονομημένης κλίμακος τὸ καταναλωθὲν διὰ τὴν θραῦσιν τοῦ δοκιμίου ἔργον μέσω δείκτου κινουμένου μετὰ τῆς σφύρας.

Εἰς τὸν Πίνακα 8·1 δίδονται ἐνδεικτικῶς αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες μερικῶν καθαρῶν μετάλλων.

ΠΙΝΑΞ 8·1

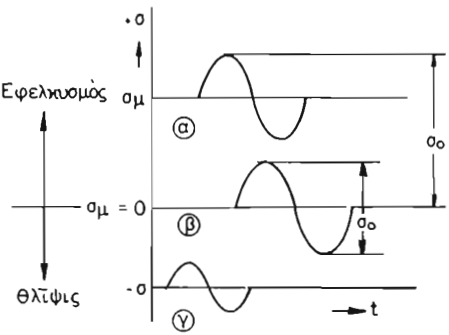
Μηχανικαὶ ἰδιότητες συνήθων καθαρῶν μετάλλων

Μέταλλον	Ὅριον θραύσεως σ_B [kp/mm²]	Ἐπιμήκυνσις θραύσεως A [%]	Σκληρότης κατὰ Brinell H_B [kp/mm²]	Δυσθραυστότης ρ [kpm/cm²]
Ἀργίλιον	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 ὀνομάζομεν τὴν καταπόνησιν ὑλικοῦ, ὅταν ἐφαρμόζωνται ἐπ' αὐτοῦ ἐπαναληπτικὰ φορτία μὲ ἐπακόλουθον τὴν ἀνάπτυξιν ἐπαναληπτικῶν τάσεων. Ἐπαναληπτικαὶ τάσεις εἶναι ἐκεῖναι, ποὺ μεταβάλλονται συναρτήσει τοῦ χρόνου t. Εἰς τὴν πρᾶξιν ἔχουν διαφόρους μορφάς, κατὰ τὴν δοκιμασίαν ὅμως τῆς κοπώσεως, ὅπως θὰ ἀναφέρωμεν κατωτέρω, ἡ συνήθης μορφὴ τῶν ἐπαναληπτικῶν τάσεων, ποὺ ἐφαρμόζονται ἐπὶ τοῦ δοκιμίου, εἶναι ἐναλλασσομένη (σχ. 9 · α).



Σχ. 9 · α.
Τιμαὶ τῶν τάσεων δυναμικῆς καταπονήσεως.

Αἱ τάσεις αὐταὶ δύνανται νὰ εἶναι μόνον ἐφελκυστικαὶ α ἢ κατὰ τὴν μίαν ἡμιπερίοδον ἐφελκυστικαὶ καὶ κατὰ τὴν ἄλλην θλιπτικαὶ β ἢ μόνον θλιπτικαὶ γ.

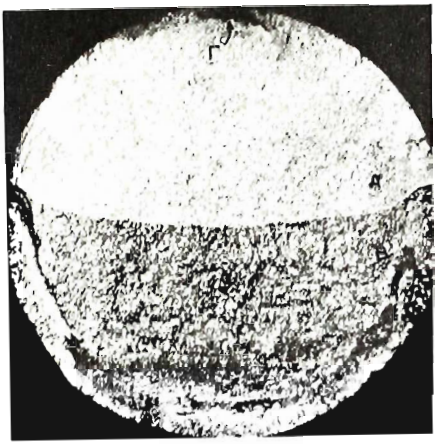
Ἡ συμπεριφορὰ ἐν γένει τῶν ὑλικῶν ἔναντι τῶν ἐπαναληπτικῶν φορτίων δὲν εἶναι ἡ ἰδία μὲ τὴν συμπεριφορὰν των ἔναντι στατικῶν φορτίων, δηλαδὴ φορτίων ποὺ παραμένουν σταθερὰ συναρτήσει τοῦ χρόνου.

Ἔχει παρατηρηθῆ ὅτι τεμάχια μηχανῶν ἀπὸ ἐλατὰ μέταλλα (παράγρ. 2 · 4) θραύονται συχνὰ κατὰ τὴν λειτουργίαν των, ὅταν φορτίζωνται ἀπὸ ἐπαναληπτικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα εἶναι δυνατὸν νὰ δημιουργοῦν τάσεις, αἱ ὁποῖαι εἶναι κατὰ πολὺ κάτω τοῦ ὁρίου ἐλαστικότητος τοῦ μετάλλου. Τὰ πειράματα ἔχουν ἀποδείξει, ὅτι ἡ θραῦσις λόγω κοπώσεως ἐπέρχεται κατόπιν προοδευτικῆς ρήξεως τοῦ ὑλικοῦ, χωρὶς νὰ παρατηρῆται προηγουμένως ἐμφανὴς μόνιμος παραμόρφωσις.

Ἡ σημασία τῆς κοπώσεως εἶναι σημαντικὴ διὰ τὴν πρᾶξιν, διότι μέγα ποσοστὸν (περίπου 90%) περιπτώσεων θραύσεως τε-

μαχίων μηχανῶν, ἰδιαιτέρως ὀχημάτων καὶ ἀεροσκαφῶν ὀφείλονται εἰς κόπωσιν καὶ μόνον 10% εἰς ὑπέρβασιν τοῦ ὁρίου θραύσεως.

Εἰς τὸ σχῆμα 9 · β φαίνεται ἐπιφάνεια θραύσεως ἄξονος ἐκ μαλακοῦ χάλυβος λόγω κοπώσεως, ἡ ὁποία περιλαμβάνει σαφῶς δύο περιοχάς: Τὴν περιοχὴν Α, λείαν καὶ πολλὰς φορὰς μὲ γραμμώσεις, ἡ ὁποία ὀφείλει τὴν δημιουργίαν της εἰς τὸ ἐλάττωμα Γ τοῦ ὑλικοῦ, ποὺ φαίνεται εἰς τὴν κορυφὴν τῆς φωτογραφίας, καὶ τὴν περιοχὴν Β, τραχεῖαν 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 προοδευτικῶς διαχωριζομένων ἐπιφανειῶν τοῦ τεμαχίου. Ἡ δευτέρα περιοχὴ τῆς ἐπιφανείας θραύσεως εἶναι ἐκείνη, ποὺ ἐδημιουργήθη κατὰ τὴν ἀπότομον θραῦσιν τοῦ τεμαχίου, ὅταν πλέον ἡ διατομή του εἶχεν ἐξασθενήσει.

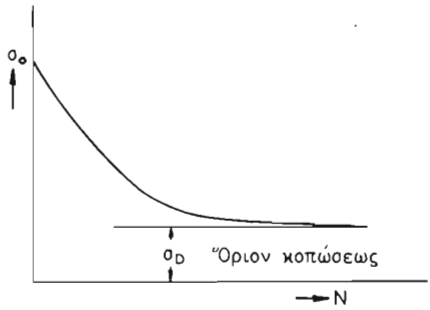


Σχ. 9 · β.
Ἐπιφάνεια θραύσεως ἄξονος ἐκ μαλακοῦ χάλυβος λόγω κοπώσεως.

Ἡ δοκιμασία εἰς κόπωσιν γίνεται εἰς εἰδικὰς μηχανάς. Λαμβάνεται ὡρισμένος ἀριθμὸς δοκιμίων τυποποιημένων ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ καὶ τῆς αὐτῆς τραχύτητος ἐπιφανείας (ἡ τραχύτης ἐπιφανείας χαρακτηρίζει τὰς ἀνωμαλίας της, ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὴν μηχανικὴν κατεργασίαν, μὲ τὴν ὁποίαν διαμορφώνεται τὸ τεμάχιον). Ἕκαστον τῶν δοκιμίων αὐτῶν ὑποβάλλεται εἰς ἐναλλασσόμενην φόρτισιν, ὡς π.χ. εἰς ἐφελκυσμὸν - θλῖψιν, μὲ ὡρισμένην τιμὴν τῆς μέσης τάσεως, συνήθως $\sigma_\mu = 0$ καὶ δι' ὡρισμένην ἐπίσης τιμὴν τῆς μεγίστης τάσεως σ_0 (σχ. 9 · α). Εἰς ἑκάστην περίπτωσιν μετρεῖται διὰ καταλλήλου μετρητοῦ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐναλλαγῶν φορτίσεως (κύκλων), εἰς τὸν ὁποῖον 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 ὑλικοῦ* ἢ *καμπύλη Woehler* (σχ. 9·γ). Εἰς τὸν ὁριζόντιον ἄξονα τίθεται ὁ ἀριθμὸς τῶν κύκλων N καὶ εἰς τὸν κατακόρυφον ἡ μεγίστη τάσις σ_0. Ἐκ τῆς καμπύλης Woehler παρατηροῦμεν ὅτι πέρα ὡρισμένης τιμῆς σ_D τῆς μεγίστης τάσεως, τὸ δοκίμιον δὲν θραύεται, ὁσονδήποτε καὶ ἂν αὐξηθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν κύκλων N. Ἡ τάσις αὐτὴ σ_D ὀνομάζεται *ὅριον κοπώσεως* ἢ *δυναμικὴ ἀντοχὴ* τοῦ ὑλικοῦ, δίδει δὲ ἀσφάλειαν ἔναντι θραύσεως ἐκ κοπώσεως.



Σχ. 9·γ.
Ἡ καμπύλη κοπώσεως τοῦ ὑλικοῦ ἢ καμπύλη Woehler.

Ἐπὶ τῆς δυναμικῆς ἀντοχῆς ὑλικοῦ ἐπιδροῦν:

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

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

γ) Τὸ ὅριον θραύσεως τοῦ ὑλικοῦ σ_B. Αὔξησις τοῦ ὁρίου θραύσεως ἔχει ὡς ἐπακόλουθον ἀνάλογον αὔξησιν τῆς δυναμικῆς ἀντοχῆς, ἐφ' ὅσον ὅμως τὸ τεμάχιον ἔχει λειανθῇ καλῶς καὶ δὲν ἔχει μορφὴν ἐπιδρῶσαν δυσμενῶς ἐπὶ τῆς δυναμικῆς ἀντοχῆς, ὡς εἰς τὴν ἀνωτέρω περίπτωσιν (β).

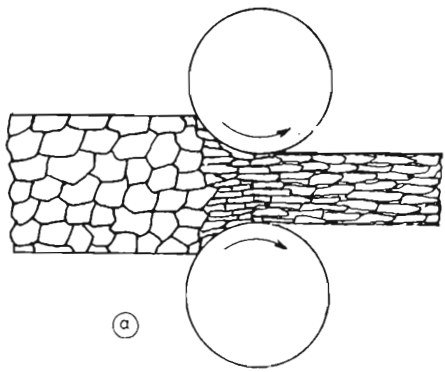
ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

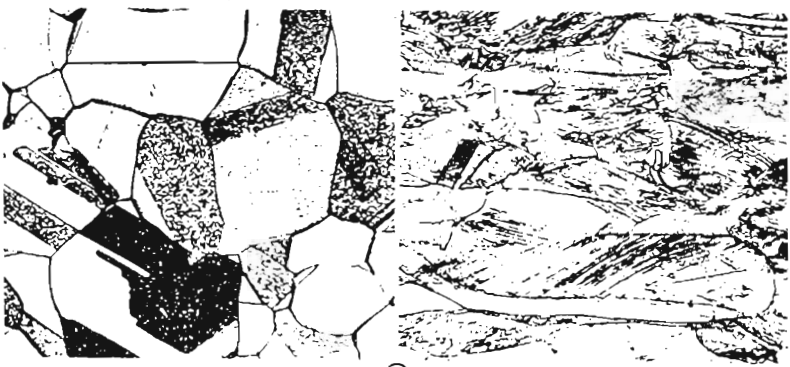
ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ - ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΕΚ ΜΗΧΑΝΙΚ. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ - ΣΚΛΗΡΩΣΙΣ - ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 10

Η ΣΚΛΗΡΩΣΙΣ

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





Κρυσταλλικὸς ἱστὸς ἄνευ παραμορφώσεως Κρυσταλλικὸς ἱστὸς μετὰ ψυχρηλασίαν

Σχ. 10.

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

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

Ἡ κατάστασις, εἰς τὴν ὁποίαν εὑρίσκεται τὸ μέταλλον ἢ τὸ κρᾶμα μετὰ ἀπὸ ἔντονον πλαστικὴν παραμόρφωσιν, ὀνομάζεται *σκλήρωσις*.

Τὸ μέταλλον ἢ τὸ κρᾶμα, ποὺ ἔχει ὑποστῆ σκλήρωσιν, ἀποκτᾶ:

α) Μεγαλυτέραν σκληρότητα ἀπὸ τὴν ἀρχικήν.

β) Ὑψηλότερον ὅριον ἐλαστικότητος.

γ) Ὑψηλότερον ὅριον θραύσεως.

δ) Μικροτέραν πλαστικότητα, δηλαδὴ μικροτέραν εἰδικὴν ἐπιμήκυνσιν θραύσεως καὶ

ε) μικροτέραν δυσθραυστότητα.

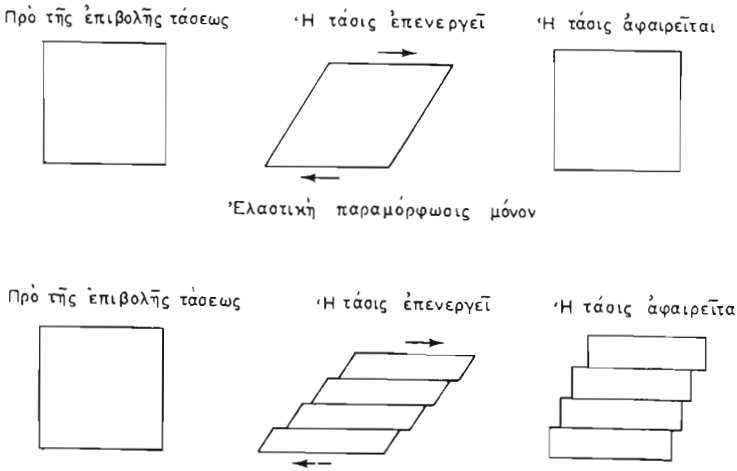
Ἡ σκλήρωσις ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι, πρακτικῶς, ἡ πλαστικὴ παραμόρφωσις λαμβάνει χώραν κατὰ ἐπίπεδα ὀλισθήσεως (Κεφάλ. 11) ὄχι ἰδανικά, ἀλλὰ ἐστρεβλωμένα κάπως. Λόγω τῆς στρεβλώσεως, αἱ ἐπιφάνειαι ὀλισθήσεως συρρικνοῦνται καὶ κατὰ συνέπειαν παρουσιάζουν ἀντίστασιν εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν διαταραχῶν,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

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 11

Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΣ

Ἂς ἐξετάσωμεν τί συμβαίνει, ὅταν ἕνα μέταλλον παραμορφώνεται πλαστικῶς ἐν ψυχρῷ, δηλαδὴ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος.

Κατὰ τὸ πείραμα τοῦ ἐφελκυσμοῦ (Κεφάλ. 6) εἴδομεν, ὅτι ἡ παραμόρφωσις τοῦ δοκιμίου εἶναι ἐλαστικὴ ἢ μόνιμος (πλαστική). Κατὰ τὴν ἐλαστικὴν παραμόρφωσιν παρατηρεῖται περιωρισμένη στρέβλωσις τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος τοῦ μετάλλου, χωρὶς ὅμως τὰ ἄτομα νὰ μετακινοῦνται μονίμως ἐκ τῆς κανονικῆς των θέσεως (σχ. 11 · α). Μόλις ἡ τάσις, ποὺ προκαλεῖ τὴν παραμόρφωσιν, ἀφαιρεθῇ, ἡ στρέβλωσις ἐξαφανίζεται καὶ τὰ ἄτομα ἐπανέρχονται εἰς τὴν προτέραν των θέσιν. Ὅταν ὅμως τὸ μέταλλον φορτισθῇ πέρα τοῦ ὁρίου ἐλαστικότητος, τὰ ἄτομα μετακινοῦνται εἰς νέας θέσεις καὶ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον δημιουργεῖται μόνιμος παραμόρφωσις τοῦ μετάλλου.



Σχ. 11 · α.

Σχηματικὴ παράστασις ἐλαστικῆς καὶ πλαστικῆς παραμορφώσεως.

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

κόκκου ἢ κρυσταλλίτου. Ἂς φαντασθῶμεν εἰς τὴν θέσιν κρυσταλλίτου ἑνὸς μετάλλου, στήλην ἀπὸ νομίσματα. Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν δύναμιν παράλληλον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν ἐπαφῆς τῶν νομισμάτων, τότε τὰ νομίσματα θὰ ὀλισθήσουν τὸ ἕνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου, ἐφ' ὅσον ἡ δύναμις αὐτὴ 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 ὀλισθήσεως.

Τὰ ἀποτελέσματα τῶν ὀλισθήσεων εἰς τὰ πολυκρυσταλλικὰ μέταλλα δύνανται νὰ παρατηρηθοῦν διὰ τοῦ μικροσκοπίου. Ἡ κατεύθυνσις τῶν ἐπιπέδων ὀλισθήσεως τῶν κρυσταλλιτῶν μετὰ τὴν μόνιμον παραμόρφωσιν δίδεται ἀπὸ τὰς σχηματιζομένας *βαθμίδας ὀλισθήσεως* ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ μέταλλου (σχ. 11 · β). Αἱ βαθμίδες ὀλισθήσεως εἶναι κατὰ προσέγγισιν παράλληλοι εἰς τὸν αὐτὸν κρυσταλλίτην, ἀλλὰ διαφέρουν ὡς πρὸς τὴν κατεύθυνσιν ἀπὸ κρυσταλλίτου εἰς κρυσταλλίτην (ἔχουν διαφορετικὸν προσανατολισμόν). Ἔχει παρατηρηθῆ μὲ ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον ὅτι κάθε ὁρατὴ βαθμὶς ὀλισθήσεως περιλαμβάνει χονδρικῶς δέκα μικροτέρας βαθμίδας μὲ πλάτος ἑκάστης 40 ἀτομικῶν ἀποστάσεων καὶ βάθους 400 ἀτομικῶν ἀποστάσεων).



Σχ. 11 · β.

Ὁ σχηματισμὸς τῶν βαθμίδων ὀλισθήσεως πλαστικῶς παραμορφωμένου μετάλλου. Σχηματικὴ παράστασις τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοκιμίου: α) Πρὸ τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως. β) Μετὰ τὴν πλαστικὴν παραμόρφωσιν.

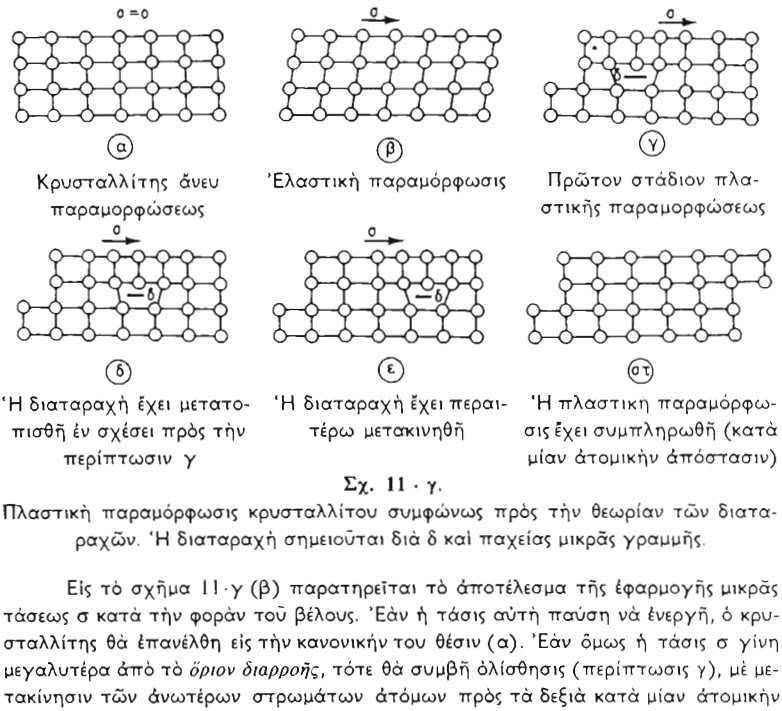
Κατὰ τὴν πλαστικὴν παραμόρφωσιν πολυκρυσταλλικοῦ μετάλλου, οἱ κρυσταλλῖται του δὲν χάνουν τὴν προσωπικότητά των. Παραμορφώνονται ὡς πρὸς τὸ σχῆμα, π.χ. μηκύνονται πρὸς τὴν κατεύθυνσιν τῆς ἐλάσεως (σχ. 10). Τὸ μέταλλον ἀποκτᾶ διαφορετικὰς μηχανικὰς ἰδιότητας καθέτως ἢ παραλλήλως πρὸς τὴν κοινὴν κατεύθυνσιν τοῦ κρυσταλλικοῦ ἱστοῦ. Ἐπίσης κάθε κρυσταλλίτης παραμένει μὲ συνεχῆ κρυσταλλικὴν δομήν. Δὲν ἐμφανίζονται δηλαδὴ νέοι κρυσταλλῖται, οὔτε θρυμματίζονται οἱ ὑπάρχοντες, ἐφ' ὅσον δὲν ἔχει ἐπέλθει θραῦσις.

Ἡ ἀναφερθεῖσα ὀλίσθησις τῶν ἐπιπέδων τῶν ἀτόμων δὲν εἶναι τόσον ἁπλῆ, ὅπως περιεγράφη ἀνωτέρω. Ἐνῶ συμφωνεῖ μὲ μικροσκοπικὰς παρατηρήσεις, δὲν εἶναι δυνατὸν δι' αὐτῆς νὰ ἐξηγήσωμεν ἄλλα φαινόμενα, ἐπακόλουθα τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως.

Ἡ σύγχρονος ἄποψις διὰ τὸν μηχανισμὸν τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως μετάλλου εἶναι ἡ ἑξῆς, βασίζεται δὲ εἰς τὴν θεωρίαν τῶν *διαταραχῶν* (*διαταραχὴ*

ὀνομάζεται οἱαδήποτε ἀνωμαλία εἰς τὴν κανονικότητα τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος τοῦ μετάλλου):

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



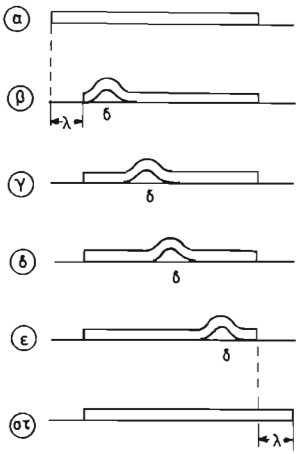
Σχ. 11 · γ.

Πλαστικὴ παραμόρφωσις κρυσταλλίτου συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν διαταραχῶν. Ἡ 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. Ἐὰν ἡ τάσις αὐτὴ παύση νὰ ἐνεργῇ, ὁ κρυσταλλίτης θὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν κανονικήν του θέσιν (α). Ἐὰν ὅμως ἡ τάσις σ γίνῃ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὸ *ὅριον διαρροῆς*, τότε θὰ συμβῇ ὀλίσθησις (περίπτωσις γ), μὲ μετακίνησιν τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων ἀτόμων πρὸς τὰ δεξιὰ κατὰ μίαν ἀτομικὴν ἀπόστασιν, δηλαδὴ κατὰ τὴν ἀπόστασιν μεταξὺ τῶν κέντρων βάρους δύο γειτονικῶν ἀτόμων, χωρὶς ὅμως νὰ ἐπέλθῃ οὐδεμία ἀλλαγὴ εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ κρυσταλλίτου. Παρατηρεῖται ὅτι τὸ πρῶτον στάδιον τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως (γ) ἐπιδρᾷ ἐπὶ ὀλίγων μόνον ἀτόμων κατὰ μῆκος τοῦ ἐπιπέδου ὀλισθήσεως, ἡ παραμόρφωσις δὲ αὐτὴ δύναται *νὰ προκληθῇ μὲ πολὺ μικροτέραν τάσιν ἀπὸ ἐκείνην ποὺ θὰ ἀπητεῖτο, ἐὰν ὅλα τὰ ἄτομα ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου ὀλισθήσεως ἔπρεπε συγχρόνως νὰ μετακινηθοῦν πρὸς τὰ δεξιά*. Εἰς τὸ στάδιον αὐτὸ τῆς πλαστικῆς παραμορφώσεως ἔχει δημιουργηθῆ ὡς ἐπακόλουθον ἡ *διαταραχὴ* δ. Ἡ διαταραχὴ αὐτὴ τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος μετακινεῖται πρὸς τὰ δεξιὰ (δ), (ε) καὶ εἰς τὸ τελικὸν στάδιον (στ) ἔχει ἐπιτευχθῆ πλαστικὴ παραμόρφωσις κατὰ μίαν ἀτομικὴν ἀπόστασιν. Κατὰ συνέπειαν ὡς ὅριον διαρροῆς, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν αὐτήν, δύναται νὰ θεωρηθῇ ἡ τάσις, ποὺ ἀπαιτεῖται διὰ νὰ μετακινηθῇ ἡ διαταραχή.

Ἡ ἀναφερθεῖσα μετακίνησις τῆς διαταραχῆς, καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ ἀπαιτου-

μένη ἀντιστοίχως τάσις εἶναι ἀνάλογοι μὲ τὴν μετακίνησιν τάπητος ἀπλωμένου ἐπὶ ὁριζοντίου δαπέδου (σχ. 11·δ). Ὅλοι ἔχομεν παρατηρήσει, ὅτι, ἐὰν ὁ τάπης εἶναι μέγας καὶ βαρύς, εἶναι πολὺ δύσκολον νὰ μετακινηθῇ δι' ἑλξεως ἀπὸ τὸ ἕνα του ἄκρον. Ἐὰν ὅμως σχηματίσωμεν εἰς τὸ ἕνα του ἄκρον πτυχὴν δ, ὡς εἰς τὸ σχῆμα, τότε ἡ πτυχὴ εὐκόλως δύναται νὰ μετακινηθῇ μέχρι τοῦ ἄλλου ἄκρου τοῦ τάπητος μὲ ἐπιβολὴν μικρᾶς δυνάμεως καὶ κατὰ συνέπειαν ὁλόκληρος ὁ τάπης μετακινεῖται κατὰ μικρὰν ἀπόστασιν λ. Εἶναι ἐνδιαφέρον νὰ σημειώσωμεν ὅτι ὁ τάπης δὲν ἔχασε κατὰ τὴν μετακίνησιν τῆς πτυχῆς τὴν ἐπαφήν του μετὰ τοῦ δαπέδου. Κατὰ τὸν ἴδιον ἀκριβῶς τρόπον μετακινεῖται ἡ διαταραχὴ ἐντὸς κρυσταλλίτου, χωρὶς νὰ ἀποχωρίζωνται τὰ ἄτομα κατὰ μῆκος τοῦ ἐπιπέδου ὀλισθήσεως αὐτῶν.



Σχ. 11·δ.
Μετακίνησις τῆς πτυχῆς (διαταραχῆς) εἰς ἁπλωμένον ἐπὶ δαπέδου τάπητα.

Ἐπειδὴ κάθε διαταραχή, ποὺ μετακινεῖται ἐντὸς τοῦ κρυσταλλίτου, σχετίζεται μὲ μετακίνησιν κατὰ μίαν ἀτομικὴν ἀπόστασιν μόνον ($0{,}25 \cdot 10^{-6}$ mm), ἕπεται ὅτι, διὰ νὰ προκύψῃ μετακίνησις (μόνιμος παραμόρφωσις) δυναμένη πρακτικῶς νὰ μετρηθῇ, χρειάζεται νὰ μετακινηθῇ μέγας ἀριθμὸς διαταραχῶν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 12

ΨΥΧΡΗΛΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΩΝ - ΑΝΑΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΙΣ

Ψυχρηλασία ὀνομάζεται ἡ μηχανικὴ κατεργασία τῶν μετάλλων ἢ κραμάτων, ποὺ ἐκτελεῖται εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος· ἡ ψυχρηλασία ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν διαμόρφωσίν των εἰς τεμάχια διὰ πλαστικῆς παραμορφώσεως.

Αἱ σπουδαιότεραι βιομηχανικῶς ἐν 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 ἑκάστη κατεργασία.

Ἡ ψυχρηλασία εἰς τὴν πρᾶξιν ἐκτελεῖται εἰς μέταλλα ἢ κράματα, τὰ ὁποῖα προηγουμένως ἔχουν ὑποστῆ θερμηλασίαν, ὅπως π.χ. κατὰ τὴν κατασκευὴν κυπελλοειδῶν προϊόντων δι' ἐξελάσεως (σχ. 12 · α) ἀπὸ ἔλασμα διαμορφωθὲν ἐν θερμῷ. Συνήθως διὰ τῆς ψυχρηλασίας λαμβάνονται ἕτοιμα προϊόντα (χωρὶς νὰ ἀπαιτῆται περαιτέρω κατεργασία) κατὰ τὴν βιομηχανικὴν παραγωγήν.

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

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

Τὰ ἀποτελέσματα τῆς σκληρώσεως ἐξαφανίζονται (τὸ μέταλλον δηλαδή, ἀναλαμβάνει τὰς κανονικάς, πρὸ τῆς σκληρώσεως, μηχανικάς του ἰδιότητας) διὰ θερμάνσεώς του ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον εἰς θερμοκρασίαν κατά τι μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν λεγομένην *θερμοκρασίαν ἀνακρυσταλλώσεως*, ποὺ εἶναι χαρακτηριστικὴ δι' διὰ κάθε μέταλλον ἢ κρᾶμα. Ἡ θερμικὴ αὐτὴ κατεργασία (παράγρ. 19 · 5) ὀνομάζεται *ἀνόπτησις δι' ἀνακρυστάλλωσιν* ἢ ἁπλῶς *ἀνακρυστάλλωσις*.

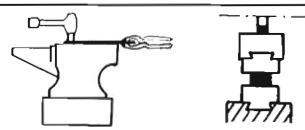
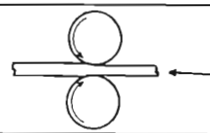
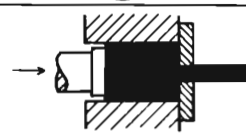
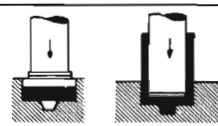
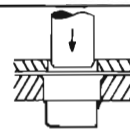
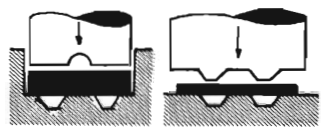
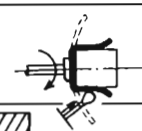
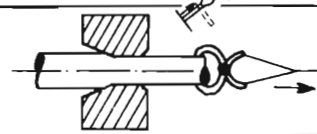
Ὁ μηχανισμὸς τῆς ἀνακρυσταλλώσεως εἶναι ὁ ἑξῆς:

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 ὅρια τῶν κόκκων καὶ εἰς θέσεις διαταραχῶν ἐντὸς τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς. Οἱ δημιουργούμενοι νέοι κρυσταλλῖται εἶναι ἐντελῶς ἀνεξάρτητοι ἀπὸ τοὺς παλαιούς, ἀποκτοῦν δὲ νέα διαφορετικὰ ὅρια.

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

Οἱ νέοι κρυσταλλῖται, ὡς παρατηροῦμεν, εἶναι περίπου ἰσαξονικοί, δὲν παρουσιάζουν δηλαδὴ ἐπιμήκυνσιν πρὸς μίαν κατεύθυνσιν, ὡς συνέβαινε πρὸ τῆς ἀνακρυσταλλώσεως.

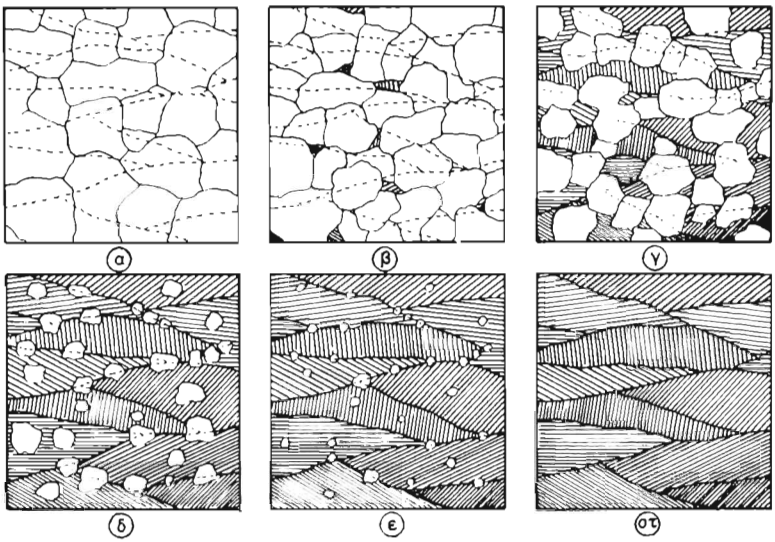
Ἡ θερμοκρασία ἀνακρυσταλλώσεως δὲν εἶναι ἀπολύτως ὡρισμένη διὰ κάθε μέταλλον, ἐξαρτωμένη σχετικῶς ἐκ τοῦ βαθμοῦ σκληρώσεως, τὴν ὁποίαν ἔχει ὑποστῆ.

Εἶδος κατεργασίας παραμορφώσεως		Τρόπος ἐκτελέσεως τῆς ἐργασίας
Σφυρηλασία	Κρουστικὴ Συμπιεστικὴ	
Ἔλασις		
Διέλασις		
Ἐξέλασις		
Κοίλανσις		
Τύπωσις	Ἰσόπαχος Ἀνισόπαχος	
Περιώθησις		
Ὁλκὴ		

Σχ. 12 · α.
Εἴδη μηχανικῶν κατεργασιῶν διαμορφώσεως τῶν μετάλλων καὶ τρόπος ἐκτελέσεώς των.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

Ἡ θερμοκρασία ἀνακρυσταλλώσεως εἶναι χαμηλοτέρα, ὅσον ὁ βαθμὸς σκληρώσεως μεγαλώνει. Ἐπίσης τὸ μέταλλον μετὰ ἀπὸ ἀνακρυστάλλωσιν γίνεται λεπτόκοκκον, ἐὰν ἔχῃ σκληρωθῆ εἰς μέγαν βαθμόν.



Σχ. 12 · β.

Σχηματικὴ παράστασις τῶν σταδίων ἀνακρυσταλλώσεως : α) Κρυσταλλῖται 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.

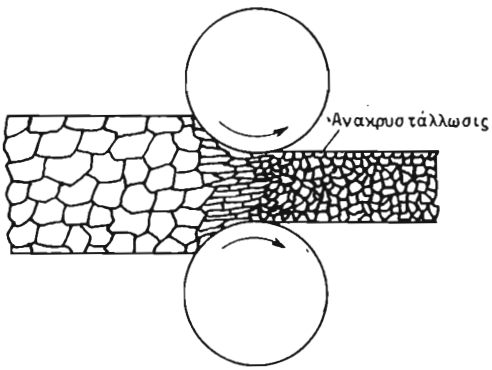
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 13

ΘΕΡΜΗΛΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

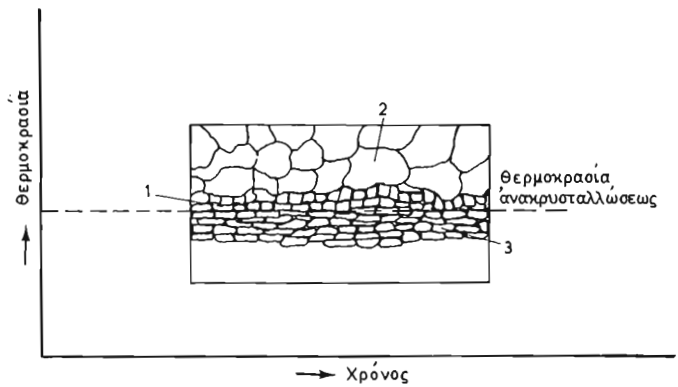
Θερμηλασίαν ὀνομάζομεν τὴν μηχανικὴν κατεργασίαν διαμορφώσεως τῶν μετάλλων ἢ κραμάτων (κυρίως σφυρηλασίαν, ἔλασιν καὶ διέλασιν), ἡ ὁποία ἐκτελεῖται εἰς θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τῆς θερμοκρασίας ἀνακρυσταλλώσεως.

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

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



Σχ. 13 · α.
Μεταβολαὶ τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς τοῦ μετάλλου κατὰ τὴν θερμηλασίαν.



Σχ. 13 · β.
Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας πέρατος τῆς θερμηλασίας ἐπὶ τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς κατειργασμένου ἐν θερμῷ μετάλλου.

Μεγάλην σημασίαν ἔχει κατὰ τὴν θερμηλασίαν ἡ θερμοκρασία πέρατος αὐτῆς. Οὕτως, ἐὰν ἡ θερμηλασία περατοῦται εἰς θερμοκρασίαν ὀλίγον ἀνωτέραν τῆς θερμοκρασίας ἀνακρυσταλλώσεως καὶ τὸ τεμάχιον ἀποψύχεται ἠρέμως, τότε προκύπτει λεπτόκοκκος κρυσταλλικὸς ἱστός (περιοχὴ 1 τοῦ σχ. 13 · β), ὁ ὁποῖος ἔχει πλεονεκτήματα ἀπὸ ἀπόψεως μηχανικῶν ἰδιοτήτων (παράγρ. 2 · 5).

Ἐάν, ἐξ ἄλλου, ἡ θερμηλασία περατοῦται εἰς θερμοκρασίαν ἀρκετὰ ἀνωτέραν τῆς θερμοκρασίας ἀνακρυσταλλώσεως, προκύπτει χονδρόκοκκος κρυσταλλικὸς ἱστὸς (περιοχὴ 2). Ἐάν, 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

Ὅπως εἴδομεν εἰς τὸ Κεφάλαιον 1, ὁ ἄνθρωπος εἰς τὴν ἀρχὴν ἐχρησιμοποίησε 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 ὁποῖα ἐξάγεται σήμερον ὁ σίδηρος, εἶναι τὰ ἑξῆς:

α) Ὁ *μαγνητίτης* (Fe_3O_4), ὁ ὁποῖος περιέχει 72,4% σίδηρον, ἐὰν εἶναι καθαρός.

β) Ὁ *αἱματίτης* (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 ὀξειδίων 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 ὀξειδίων* τοῦ σιδήρου μὲ χαμηλὴν περιεκτικότητα εἰς σίδηρον, καὶ

ε) ὁ *σιδηροπυρίτης* (FeS_2).

Αἱ σπουδαιότεραι περιοχαὶ σιδηρομεταλλευμάτων ἀνὰ τὸν κόσμον εἶναι αἱ ἑξῆς:

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

β) Σοβιετικὴ Ἕνωσις: Αἱματίτης (Οὐκρανία), Μαγνητίτης (Σιβηρία).

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

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

ε) Σουηδία: Μαγνητίτης.

στ) Καναδᾶς: Αἱματίτης ὑψηλῆς περιεκτικότητος εἰς σίδηρον.

ζ) Βραζιλία: Αἱματίτης.

η) Ἰνδία: Σιδηρομεταλλεύματα μεγάλης περιεκτικότητος εἰς σίδηρον.

θ) Βενεζουέλλα: Αἱματίτης (65 % σίδηρος).

Ἡ περιεκτικότης εἰς σίδηρον τῶν σιδηρομεταλλευμάτων δὲν ἀποτελεῖ τὸ μοναδικὸν κριτήριον τῆς ἀξίας των, ἐνῶ 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 15

Η ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ

15 · 1 Γενικά.

Τὰ σιδηρομεταλλεύματα πρὸ τῆς μεταλλουργικῆς των ἐπεξεργασίας (ἐξαγωγῆς τοῦ μετάλλου ἀπὸ τὸ μετάλλευμα) ὑποβάλλονται εἰς τὴν λεγομένην *μηχανικὴν προεργασίαν*, ἡ ὁποία περιλαμβάνει:

α) Κοσκίνισμα (ἀπομάκρυνσιν γαιωδῶν προσμίξεων).

β) Μαγνητικὸν διαχωρισμόν.

γ) Λειοτρίβησιν (κονιοποίησιν εἰς εἰδικοὺς τριβεῖς) καὶ

δ) ἐμπλουτισμόν.

Ὁ ἐμπλουτισμὸς ἐκτελεῖται κατὰ δύο τρόπους:

α) Διὰ τοῦ *ὑδρομηχανικοῦ διαχωρισμοῦ*. Ἡ μέθοδος αὐτὴ βασίζεται εἰς τὴν διαφορὰν εἰδικοῦ βάρους μεταξὺ μεταλλεύματος καὶ ξένων οὐσιῶν (ξένων προσμίξεων).

β) Διὰ τῆς *ἐπιπλεύσεως*. Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτήν, τὸ μετάλλευμα, ἀφοῦ κονιοποιηθῇ καὶ ἀναμιχθῇ μὲ εἰδικὰς ἑκάστοτε οὐσίας, ὑφίσταται κατεργασίαν μὲ ὕδωρ κατὰ τρόπον ποὺ νὰ δημιουργοῦνται εἰς τὸ μῖγμα φυσαλλίδες ἀέρος. Αἱ φυσαλλίδες, τότε, παρασύρουν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ τὰς ξένας ὕλας ἢ τὸ μετάλλευμα ἀναλόγως τῆς περιπτώσεως. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὸ ἕνα ἀπὸ τὰ δύο (ἢ τὸ μετάλλευμα ἢ αἱ ξέναι ὕλαι) ἐπιπλέει καὶ χωρίζεται ἀπὸ τὸ ἄλλο.

Μετὰ τὴν προεργασίαν αὐτὴν ἀκολουθεῖ ἡ *μεταλλουργικὴ ἐπεξεργασία*. Αὐτὴ βασίζεται εἰς τὴν ἀναγωγὴν (ἀπόσπασιν τοῦ ὀξυγόνου) τῶν μεταλλευμάτων, ποὺ εἶναι ὀξείδια τοῦ σιδήρου. Ἡ 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 ὀξέος, ἐνῶ τὸ σχηματιζόμενον ὀξείδιον τοῦ σιδήρου χρησιμεύει κατόπιν διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ σιδήρου.

Ἡ μεταλλουργία τοῦ σιδήρου ἀκολουθεῖ τὰς ἑξῆς δύο φάσεις:

α) Προηγεῖται ἡ *παρασκευὴ τοῦ χυτοσιδήρου* ἀπὸ τὰ σιδηρομεταλλεύματα.

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

Θὰ ἐξετάσωμεν κατωτέρω τὰς δύο αὐτὰς φάσεις.

15 · 2 Παρασκευὴ 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 - Ρὲν* (Krupp - Renn).

1) Ἡ μέθοδος διὰ τῆς ὑψικαμίνου.

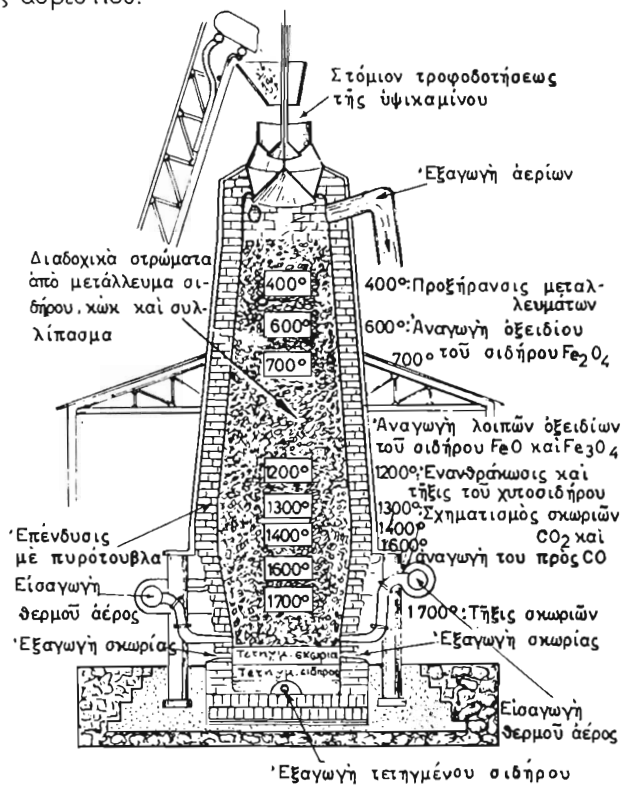
Διὰ τὴν παρασκευὴν τοῦ χυτοσιδήρου χρησιμοποιοῦνται κάμινοι κυλινδρικαὶ κατακόρυφοι, διαμέτρου 7 ἕως 8 m καὶ ὕψους 30 m περίπου, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται *ὑψικάμινοι* (σχ. 15 · 2 α). Αἱ ὑψικάμινοι αὐταὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ χαλύβδινον μανδύαν ἐπενδεδυμένον ἐσωτερικῶς διὰ πυριμάχων πλίνθων.

Ἀπὸ τὸ στόμιον τροφοδοτήσεως τῆς ὑψικαμίνου εἰσάγονται κατ' ἐναλλασσόμενα στρώματα τὸ *μετάλλευμα*, *ἄνθραξ (μεταλλουργικὸν κῶκ)* 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 ἰδιότητας ἔναντι τοῦ ἁπλοῦ ἄνθρακος.

Τὰ συλλιπάσματα εἶναι ἀπαραίτητα διὰ τὸν ἑξῆς λόγον:

Ὅπως γνωρίζομεν, τὰ μεταλλεύματα περιέχουν ξένας προσμίξεις, αἱ ὁποῖαι πρέπει νὰ ἀποχωρισθοῦν ἀπὸ τὸν σίδηρον. Τὰ συλλιπάσματα λοιπὸν κατὰ τὴν ἐπεξεργασίαν τοῦ μεταλλεύματος εἰς τὴν ὑψικάμινον σχηματίζουν ἑνώσεις μὲ τὰς προσμίξεις αὐτάς. Αἱ ἑνώσεις αὐταὶ λέγονται *σκωρίαι* (σκουριές). Αἱ σχηματιζόμεναι σκωρίαι τήκονται εὐκόλως καὶ ἔτσι ἀποχωρίζονται ἀπὸ τὸν σίδηρον ποὺ παράγεται. Τὸ εἶδος τῶν συλλιπασμάτων, ποὺ χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰς ὑψικαμίνους, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῶν ξένων προσμίξεων ποὺ περιέχουν τὰ σιδηρομεταλλεύματα. Ἔτσι, π.χ. ὅταν τὰ μεταλλεύματα ἔχουν ἀσβεστολιθικὰς προσμίξεις, τὰ συλλιπάσματα εἶναι πυριτικαὶ

ἑνώσεις ἀργιλίου. Ἀντιθέτως, ὅταν αἱ προσμίξεις εἶναι πυριτικαί, τὰ συλλιπάσματα εἶναι ἀσβεστολιθικά. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις αἱ ἑνώσεις ποὺ σχηματίζονται (αἱ σκωρίαι) εἶναι πυριτικαὶ καὶ ἀργιλικαὶ ἑνώσεις ἀσβεστίου.



Σχ. 15 · 2 α.

Σχηματικὴ παράστασις τῆς ὑψικαμίνου καὶ κατάστασις, εἰς τὴν ὁποίαν εὑρίσκεται κατὰ τὴν λειτουργίαν της.
(Αἱ θερμοκρασίαι δίδονται εἰς 0^0 C)

Ἂς ἴδωμεν τώρα πῶς γίνεται ἡ ὅλη ἐργασία διὰ τῆς ὑψικαμίνου.

Ἀπὸ τὸ κάτω μέρος της (σχ. 15 · 2 α) εἰσάγεται ἀήρ, ὁ ὁποῖος ξηραίνεται προηγουμένως τελείως διαβιβαζόμενος μέσω Silicagel, τὸ ὁποῖον ἀπορροφεῖ τοὺς ὑδρατμούς. Ὁ ἀὴρ τῆς καύσεως προθερμαίνεται εἰς θερμοκρασίαν 800^0 C περίπου.

Μὲ τὸν ἀέρα αὐτὸν καίεται ὁ ἄνθραξ (κώκ), ποὺ εὑρίσκεται εἰς τὸ κάτω μέρος τῆς ὑψικαμίνου καὶ ἔτσι σχηματίζεται διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος, ἐνῶ ὁ ἄνθραξ, ποὺ εὑρίσκεται ὑψηλότερον, διαπυροῦται. Τὸ διοξείδιον αὐτὸ ἀνέρχεται ὀλίγον ὑψηλότερον ἐντὸς τῆς καμίνου. Ἐκεῖ 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 ἄνω πρὸς τὰ κάτω, δηλαδὴ μὲ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας της, εἶναι αἱ ἀκόλουθοι:

$$3\,Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2\,Fe_3O_4 + CO_2$$
$$Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3\,FeO + CO_2$$
$$FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$$
$$CO_2 + C \rightarrow 2\,CO$$

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

$$FeO + C \rightarrow Fe + CO$$

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 ἐκεῖ προσλαμβάνει ἄνθρακα, δηλαδὴ σχηματίζει κρᾶμα μὲ ἄνθρακα.

Τὸ κρᾶμα αὐτὸ τοῦ σιδήρου - ἄνθρακος (χυτοσίδηρος) εἶναι περισσότερον εὔτηκτον ἀπὸ τὸν καθαρὸν σίδηρον, τήκεται δηλαδὴ εἰς τοὺς 1300^0 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.

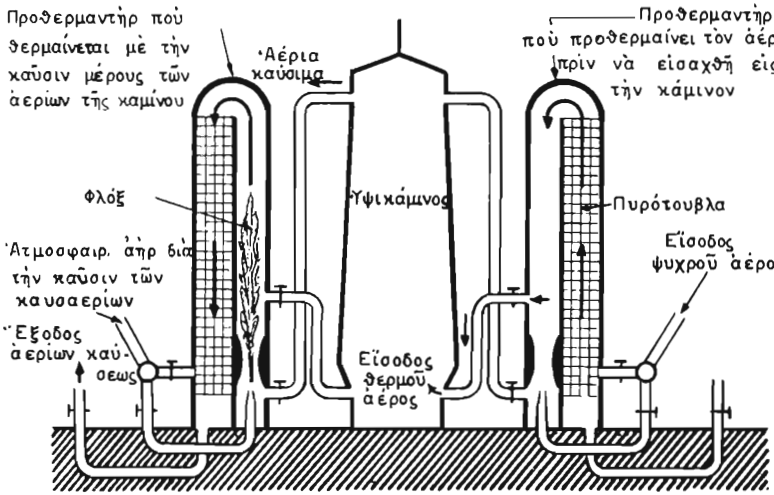
Ὁ σίδηρος ἔχει μεγάλην χημικὴν συγγένειαν μὲ τὸ θεῖον καὶ σχηματίζει μὲ αὐτὸ θειοῦχον σίδηρον (FeS).

Τὸ χρησιμοποιούμενον εἰς τὰς ὑψικαμίνους μεταλλουργικὸν κώκ

περιέχει συνήθως ἀπὸ 0,5% ἕως 2,0% S, συνήθως εἰς θειούχους ἑνώσεις καὶ ὀργανικὸν θεῖον. Τὸ θεῖον τοῦτο εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς καμίνου εἶναι πτητικὸν καὶ ἑνοῦται μετὰ τοῦ σιδήρου μὲν πρὸς FeS μετὰ τοῦ CaC δὲ πρὸς CaS. Ὁ οὕτω σχηματιζόμενος θειοῦχος σίδηρος τηκόμενος κατέρχεται μέσω τῆς σκωρίας, ἡ ὁποία κατακρατεῖ τὸ πλεῖστον τοῦ S κατὰ τὴν ἐξίσωσιν:

$$FeS + CaO + C \rightarrow CaS + Fe + CO$$

Ὁ 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. 15·2β.
Σχηματικὴ παράστασις ὑψικαμίνου μὲ δύο προθερμαντῆρας.

Ἀναλόγως τῆς θερμοκρασίας, ποὺ ἐπεκράτησεν εἰς τὸ κατώτερον μέρος τῆς ὑψικαμίνου, καθὼς καὶ τῆς ταχύτητος ἀποψύξεως τοῦ χυτοσιδήρου, λαμβάνομεν *λευκὸν χυτοσίδηρον* ἢ *φαιὸν χυτοσίδηρον* (λεπτομέρειαι εἰς Κεφάλαιον 23).

Ἀπὸ τὸ ἐπάνω μέρος τῆς ὑψικαμίνου ἐξέρχεται τὸ μῖγμα τῶν ἀερίων μὲ θερμοκρασίαν περίπου 400° C, ποὺ περιέχει κυρίως ἄζωτον

καὶ μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος (ἕως 24%). Τὸ μῖγμα αὐτὸ κατὰ συνέπειαν εἶναι καύσιμον καὶ διὰ τοῦτο τὸ ἐκμεταλλευόμεθα καταλλήλως.

Σημαντικὸν μέρος αὐτοῦ χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν προθέρμανσιν τοῦ ἀέρος τῆς καύσεως, πού, ὅπως εἴπομεν, εἰσάγεται εἰς τὰς ὑψικαμίνους μὲ θερμοκρασίαν 800^0 C.

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

Οἱ προθερμαντῆρες εἶναι πύργοι ὑψηλοί, ὅσον περίπου καὶ ἡ ὑψικάμινος.

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

Ὁ ἰσολογισμὸς τῶν συστατικῶν κατὰ βάρος, ποὺ λαμβάνουν μέρος κατὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ χυτοσιδήρου εἰς τὴν ὑψικάμινον καὶ τῶν προϊόντων τῆς ὑψικαμίνου, μᾶς δίδει μίαν ἰδέαν περὶ τοῦ τί γίνεται εἰς τὴν ὑψικάμινον. Ὁ ἰσολογισμὸς αὐτὸς διὰ τὴν παρασκευὴν 1500 τόννων χυτοσιδήρου ἔχει χονδρικῶς, ὡς ἑξῆς:

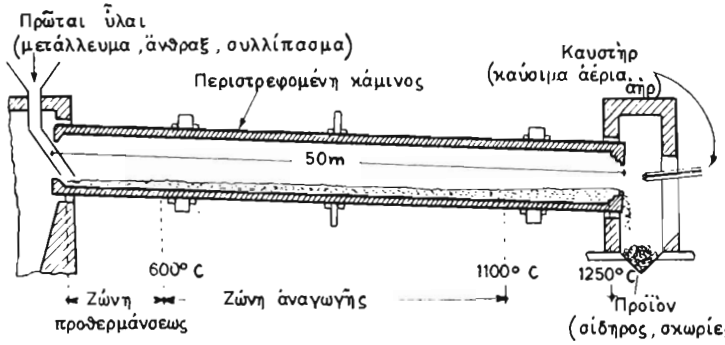
Εἰσερχόμενα εἰς ὑψικάμινον συστατικὰ			Προϊόντα ὑψικαμίνου		
Σιδηρομετάλλευμα (π.χ. 50% σίδηρος)	3000	τόννοι	Χυτοσίδηρος	1500	τόννοι
Μεταλλουργικὸν κῶκ	1350	»	Σκωρίαι	1200	»
Συλλιπάσματα	600	»	Ἀέριον	8100	»
Ἀὴρ καύσεως	6000	»	Κόνις	150	»
Σύνολον	10950	»	Σύνολον	10950	»

Τὸ παραγόμενον ἀέριον τῆς ὑψικαμίνου ἀποτελεῖται ἀπὸ 30% ἕως 35% CO, 6% ἕως 10% CO_2, 52% ἕως 60% N_2 καὶ 2% ἕως 3% H_2, ἔχει δὲ ἀξιόλογον θερμογόνον δύναμιν (κατὰ μέσον ὅρον 3800 kcal/kg).

2) Ἡ μέθοδος διὰ πτωχὰ σιδηρομεταλλεύματα ἢ μέθοδος Κρούπ - Ρέν.

Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν δὲν εἶναι ἀπαραίτητον νὰ χρησιμοποιοῦνται ὅπως εἰς τὴν ὑψικάμινον μεταλλεύματα πλούσια εἰς σίδηρον οὔτε κῶκ μεταλλουργικόν. Δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν πτωχότερα σιδηρομεταλλεύματα καὶ ἀντὶ τοῦ κῶκ ἐξανθράκωμα λιγνίτου (σεμικῶκ) θερμογόνου δυνάμεως περίπου 5000 kcal/kg ἢ ξηρὸς λιγνίτης εἰς κόκκους ὡρισμένης κοκκομετρικῆς συστάσεως καὶ θερμογόνου δυνάμεως 4500 ἕως 5000 kcal/kg. Ἡ ἀναγωγὴ τῶν σιδηρομεταλλευ-

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



Σχ. 15 · 2 γ.
Σχηματικὴ παράστασις παραγωγῆς χυτοσιδήρου διὰ τῆς μεθόδου Κρουὲπ - Ρέν.

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

Ἡ μέθοδος Κρουὲπ - Ρὲν ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τὴν Ἑλλάδα (εἰς Λάρυμναν), ὅπου, ἐπειδὴ τὰ σιδηρομεταλλεύματα τῆς περιοχῆς περιέχουν νικέλιον, ὁ σίδηρος ποὺ παράγεται ἐκεῖ περιέχει νικέλιον.

15 · 3 Παρασκευὴ τοῦ σφυρηλάτου σιδήρου καὶ τοῦ χάλυβος.

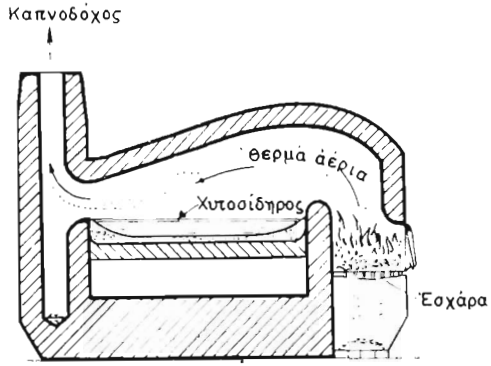
Ἂς ἐξετάσωμεν τώρα τὴν δευτέραν φάσιν τῆς μεταλλουργίας τοῦ σιδήρου, κατὰ τὴν ὁποίαν λαμβάνομεν τὸν σφυρήλατον σίδηρον καὶ τὸν χάλυβα.

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%.

1) Παρασκευὴ σφυρηλάτου σιδήρου.

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

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



Σχ. 15 · 3 α.
Σχηματικὴ παράστασις φλογοβόλου καμίνου διὰ παραγωγὴν σφυρηλάτου σιδήρου.

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

Αἱ περιοχαί, εἰς τὰς ὁποίας κυμαίνονται αἱ προσμίξεις ξένων στοιχείων εἰς τὸν σφυρήλατον σίδηρον ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν [%], εἶναι αἱ ἑξῆς:

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

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

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

— Τὴν μέθοδον Bessemer (Μπέσσεμερ).
— Τὴν μέθοδον Siemens - Martin (Σῆμενς - Μαρτὲν) καὶ
— τὴν ἠλεκτρικὴν μέθοδον.

Θὰ ἐξετάσωμεν 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 ὁριζοντίας, ὥστε ἡ πλήρωσίς του διὰ ρευστοῦ χυτοσιδήρου καὶ ἡ ἀπόχυσις ἀκολούθως τοῦ ρευστοῦ χάλυβος νὰ γίνωνται μὲ εὐκολίαν.

Ἡ ὀξείδωσις τῶν ξένων προσμίξεων, ὅπως καὶ εἰς τὸν σφυρήλατον σίδηρον, ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ ὀξυγόνον τοῦ ἀέρος, τὸ ὁποῖον ἐδῶ προσφυσᾶται ἀπὸ τὰς ὀπὰς τοῦ πυθμένος τῆς καμίνου διὰ μέσου τοῦ ρευστοῦ χυτοσιδήρου. Πρῶτον ὀξειδοῦται 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.

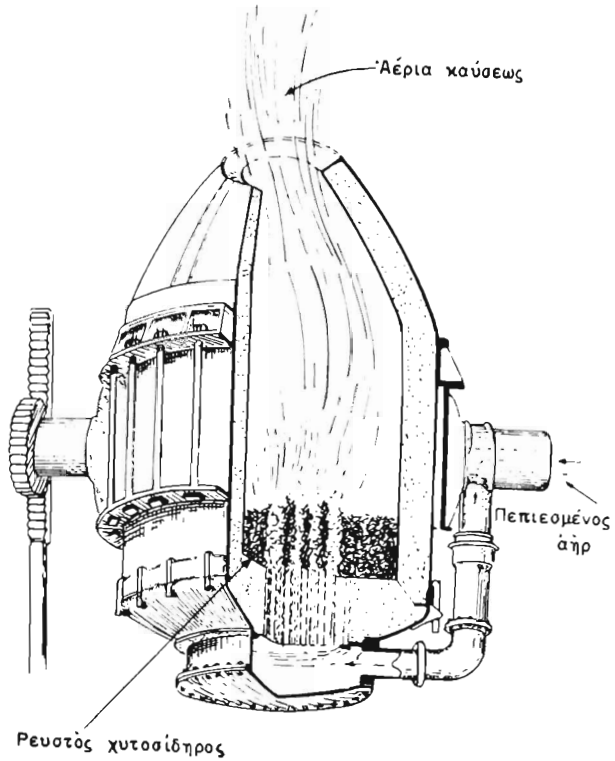
Ἡ ἐργασία τῆς παρασκευῆς χάλυβος κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν διαρκεῖ 20 ἕως 25 min. Ἡ ἀπόχυσις τοῦ ρευστοῦ χάλυβος εἰς κάδους γίνεται δι' ἀναστροφῆς τοῦ ἀπίου.

β) *Ἡ μέθοδος Σῆμενς - Μαρτέν.*

Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν θερμαίνεται μῖγμα ἀπὸ χυτοσίδηρον καὶ ἀπορρίμματα σφυρηλάτου σιδήρου ἢ χάλυβος (δηλαδὴ παλαιοσιδηρικὰ) μὲ ὀλίγον ὀξείδιον τοῦ σιδήρου, ποὺ προστίθεται εἰς τὸ μῖγμα.

Τὸ ὀξείδιον αὐτὸ τοῦ σιδήρου, ἐπειδὴ ἔχει ὀξυγόνον, ὀξειδώνει τὸν ἄνθρακα τοῦ χυτοσιδήρου καὶ ἔτσι ἐλαττοῦται ἡ περιεκτικότης τοῦ προϊόντος εἰς ἄνθρακα.

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

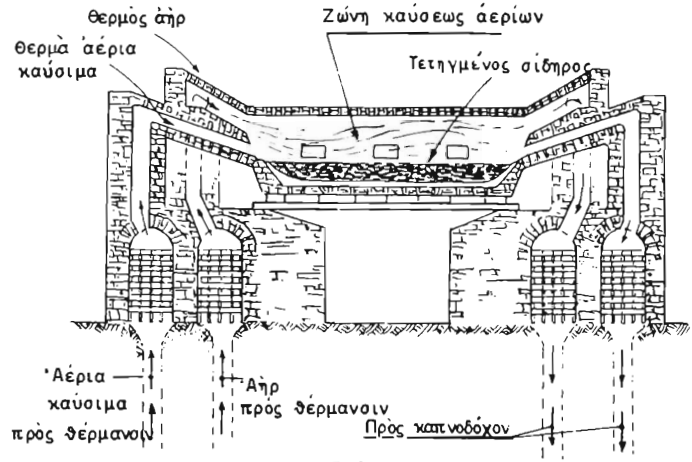


Σχ. 15 · 3 β.
Ἄπιον Μπέσσεμερ διὰ παρασκευὴν χάλυβος ἀπὸ χυτοσίδηρον. Παραγωγὴ 20 τόννων τὴν ὥραν.

Ἡ θέρμανσις γίνεται μὲ καύσιμα ἀέρια (ἀπὸ ἀεριογόνα). Τὰ ἀέρια αὐτὰ προθερμαίνονται εἰς τοὺς προθερμαντῆρας, ποὺ εἶναι 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 1700^0 C.

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

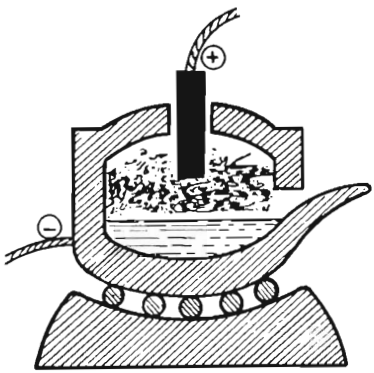
μέθοδον, εἶναι ἀνωτέρας ποιότητος ἀπὸ τὸν χάλυβα, ποὺ παρασκευάζεται μὲ τὴν μέθοδον Μπέσσεμερ. Ἐξ ἄλλου, ἡ πρώτη ὕλη, ποὺ χρησι-



Σχ. 15·3 γ.
Σχηματικὴ παράστασις καμίνου Σῆμενς-Μαρτὲν διὰ παρασκευὴν χάλυβος.

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

Δύο μεγάλα ἐργοστάσια εἰς τὴν περιοχὴν Σκαραμαγκᾶ (Ἀττικῆς) παράγουν χάλυβα μὲ τὴν μέθοδον Σῆμενς - Μαρτέν.



Σχ. 15·3 δ.
Ἠλεκτρικὴ κάμινος παρασκευῆς χάλυβος.

γ) *Ἡ ἠλεκτρικὴ μέθοδος.*

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

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

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟΝ

ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ

Οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες, ὅπως μέχρι τώρα ἔχομεν ἀναφέρει, εἶναι κράματα σιδήρου καὶ ἄνθρακος μὲ περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα μέχρι 2%, πρακτικῶς ὅμως ἀπὸ 0,01% ἕως περίπου 1,5%.

Οἱ βιομηχανικῶς χρησιμοποιούμενοι ἀνθρακοῦχοι χάλυβες περιέχουν συνήθως πλὴν τοῦ ἄνθρακος καὶ σημαντικὴν ἀναλογίαν μαγγανίου, ποὺ παραμένει εἰς τὸ κρᾶμα καὶ μετὰ τὴν καῦσιν τῶν ξένων προσμίξεων κατὰ τὴν παρασκευὴν τοῦ χάλυβος (παράγρ. 15·3). Περιέχουν ἐπίσης, εἰς μικρὰν ὅμως ἀναλογίαν, πυρίτιον, θεῖον καὶ φωσφόρον.

Εἰς τὸ μέρος αὐτὸ θὰ ἐξετάσωμεν:

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

β) Τὸ *θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας* (Κεφάλ. 4) τῶν κραμάτων σιδήρου - ἄνθρακος ἢ καλύτερον σιδήρου - σεμεντίτου καὶ τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 16

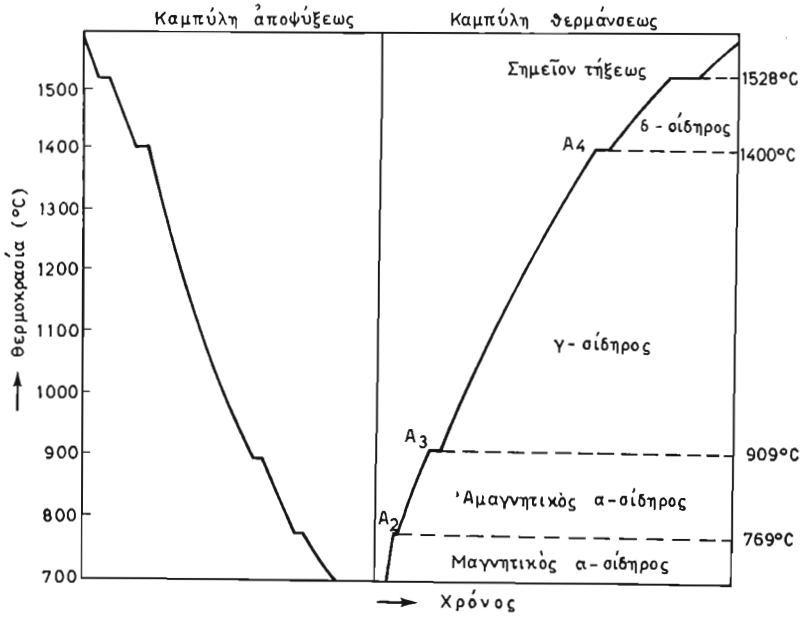
ΑΛΛΟΤΡΟΠΙΑΙ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ

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

Ἡ καμπύλη θερμάνσεως καὶ ἀποψύξεως τοῦ καθαροῦ σιδήρου δίδεται εἰς τὸ σχῆμα 16·α. Εἰς τὸν ὁριζόντιον ἄξονα τίθεται ὁ χρόνος θερμάνσεως ἢ ἀποψύξεως καὶ 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 769⁰ C, 909⁰ C, 1400⁰ C καὶ 1528⁰ C (σημεῖον τήξεως τοῦ καθαροῦ σιδήρου), παραμένει ἐπὶ μικρὸν χρονικὸν διάστημα στάσιμος, κατόπιν δὲ ἐξακολουθεῖ 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 769⁰ C, 909⁰ C καὶ 1400⁰ C καλοῦνται *κρίσιμα σημεῖα* καὶ



Σχ. 16 · α.
Καμπύλη θερμάνσεως καὶ ἀποψύξεως τοῦ καθαροῦ σιδήρου.

κατὰ σειρὰν ἐμφανίσεώς των κατὰ τὴν θέρμανσιν παρίστανται μὲ A_2, A_3 καὶ A_4. Κατὰ τὸν χρόνον, ποὺ ἡ θερμοκρασία παραμένει στάσιμος εἰς τὰ κρίσιμα σημεῖα A_3 καὶ A_4, παρατηρεῖται μεταμόρφωσις εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ σιδήρου. Ἔτσι, ὁ καθαρὸς σίδηρος μέχρι τῆς θερμοκρασίας τῶν 909⁰ C (κρίσιμον σημεῖον A_3) παρουσιάζεται ὡς ἄλφα - σίδηρος (α - σίδηρος ἢ α - Fe). Ἔχει *χωροκεντρωμένον κυβικὸν* κρυσταλλικὸν πλέγμα [Κεφάλ. 2 · 5, σχ. 2 · 5 α (α)]. Ὁ α - σίδηρος

μέχρι τοὺς 769^0 C εἶναι *μαγνητικός*. ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας δὲ αὐτῆς (κρίσιμον σημεῖον 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 γ-Fe), ὁ ὁποῖος ἔχει *ἑδροκεντρωμένον κυβικὸν* πλέγμα [παράγρ. 2 · 5, σχ. 2 · 5 α (β)] καὶ εἶναι ἀμαγνητικός. Ὁ γ-σίδηρος θερμαινόμενος ἀκόμη εἰς τοὺς 1400^0 C (κρίσιμον σημεῖον A_4) μετασχηματίζεται εἰς δέλτα-σίδηρον (δ-σίδηρον ἢ δ-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 δομήν του εἰς τὰ αὐτὰ περίπου σημεῖα A_4, A_3 καὶ A_2, ὅπως συμβαίνει κατὰ τὴν θέρμανσιν.

Ὁ α-σίδηρος δὲν διαλύει τὸν ἄνθρακα. Ὁ γ-σίδηρος, ὁ ὁποῖος τὸν διαλύει, δύναται νὰ ὑπάρξῃ καὶ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος, ἐὰν προστεθοῦν εἰς αὐτὸν ὡρισμένα στοιχεῖα, ὅπως εἶναι τὸ νικέλιον καὶ τὸ μαγγάνιον, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ἰδιότητα 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 ἑδροκεντρωμένον κυβικὸν κρυσταλλικὸν πλέγμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 17

ΤΟ ΘΕΡΜΙΚΟΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΤΩΝ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΣΙΔΗΡΟΥ ΚΑΙ ΑΝΘΡΑΚΟΣ

17 · 1 Τὸ πλῆρες διάγραμμα.

Ἔχοντες ὑπ' ὄψει τὰς ἀλλοτροπικὰς μορφάς, τὰς ὁποίας ὁ σίδηρος λαμβάνει κατὰ τὴν θέρμανσιν καὶ τὴν ἀπόψυξίν του, ἂς μελετήσωμεν τώρα τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας τῶν κραμάτων σιδήρου-ἄνθρακος.

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

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

Παρ' ὅλον ὅτι τὸ διάγραμμα αὐτὸ φαίνεται πολύπλοκον, βασικῶς ἔχομεν νὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ δύο στερεὰ διαλύματα, δηλαδή, τὸν *ὠστενίτην* καὶ τὸν *φερρίτην* καὶ μὲ τὸν *σεμεντίτην* (καρβίδιον).

Ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει, ὁ ὠστενίτης 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 π(C) παριστάνομεν τὴν περιεκτικότητα τοῦ κράματος εἰς ἄνθρακα ἐπὶ τοῖς ἑκατόν. Ὁ αὐτὸς συμβολισμὸς π(σύμβολον στοιχείου) θὰ χρησιμοποιηθῇ εἰς τὰ ἑπόμενα διὰ νὰ ὑποδηλώσῃ τὴν περιεκτικότητα εἰς οἱονδήποτε ἄλλο στοιχεῖον.

ἀναλογίαν περίπου μέχρι 2% εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν 1130° C. Εἰς τὴν ἀναλογίαν αὐτὴν ἄνθρακος ἔχομεν *κεκορεσμένον* ὠστενίτην. Ὁ ὠστενίτης εἶναι ἀμαγνητικός.

Ὁ 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 723° C (κεκορεσμένος φερρίτης). Ὁ φερρίτης εἶναι μαγνητικὸς μέχρι τῆς θερμοκρασίας τῶν 769° C. Κατὰ τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ὁ φερρίτης θεωρεῖται ὅτι ἔχει τὰς αὐτὰς μὲ τὸν καθαρὸν σίδηρον μηχανικὰς ἰδιότητας.

Ὁ σεμεντίτης, ὅπως εἴδομεν, εἶναι χημικὴ ἕνωσις. Σχηματίζεται, ὅταν ἡ περιεκτικότης τοῦ κράματος εἰς ἄνθρακα εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν περιεκτικότητα κορεσμοῦ τοῦ φερρίτου (ἄνω τῶν 0,03%). Εἶναι πολὺ σκληρὸς (ἡ σκληρότης του ὑπερβαίνει τοὺς 700 βαθμοὺς Brinell) καὶ πολὺ εὔθραυστος.

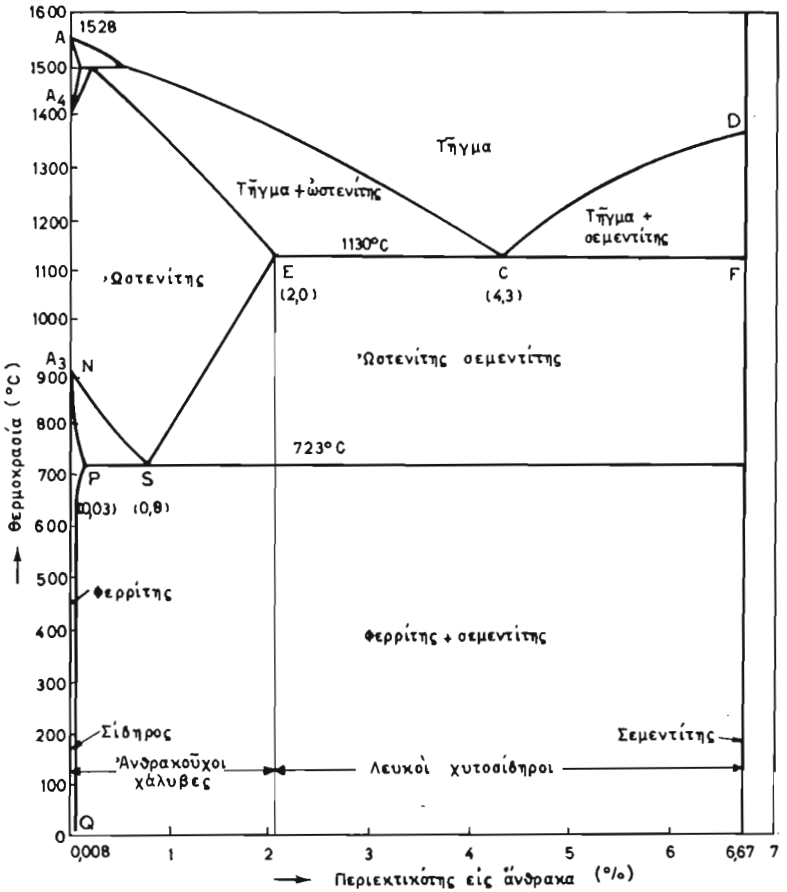
Ἡ γραμμὴ τοῦ liquidus (σχ. 17·1) εἶναι ἡ ACD (παράγρ. 4·2) καὶ ἡ γραμμὴ τοῦ solidus εἶναι ἡ AECFD, ἐὰν δὲν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὰς λεπτομερείας τοῦ ἄνω ἀριστεροῦ μέρους τοῦ διαγράμματος, αἱ ὁποῖαι καὶ τὸ καθιστοῦν πολύπλοκον.

Ἡ γραμμὴ τοῦ solidus ἀρχίζει ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν τήξεως τοῦ καθαροῦ σιδήρου (1528° C) καὶ ἀκολουθεῖ τὸν σχηματισμὸν τοῦ ὠστενίτου μέχρι τοῦ κορεσμοῦ του εἰς ἄνθρακα εἰς ἀναλογίαν 2% καὶ εἰς θερμοκρασίαν 1130° C (σημεῖον E τοῦ διαγράμματος). Ἀπὸ ἐκεῖ καὶ πέρα ἡ γραμμὴ τοῦ solidus παραμένει εὐθεῖα μέχρι τοῦ καθαροῦ σεμεντίτου. Ἔτσι, ἡ στερεοποίησις τελειώνει διὰ μὲν τὰ κράματα μὲ περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα μέχρι 2% εἰς τὸ διάστημα θερμοκρασιῶν ἀπὸ 1528° C ἕως 1130° C, διὰ δὲ τὰ λοιπὰ κράματα εἰς τὴν σταθερὰν θερμοκρασίαν τῶν 1130° C.

Εἰς τὸ σημεῖον C τοῦ διαγράμματος, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς ἀναλογίαν ἄνθρακος 4,3% καὶ βεβαίως πάντοτε εἰς τὴν σταθερὰν θερμοκρασίαν 1130° C, ἡ ἔναρξις καὶ τὸ πέρας τῆς στερεοποιήσεως συμπίπτουν. Παρατηροῦμεν ἐπίσης ὅτι ἡ θερμοκρασία αὐτὴ (1130° 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), τὸ δὲ κρᾶμα μὲ ἀναλογίαν εἰς ἄνθρακα 4,3 % εἶναι τὸ *εὐτηκτικὸν κρᾶμα*. Τὸ εὐτηκτικὸν κρᾶμα εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὀνομάζεται *λεδεμβουρίτης*, σχηματίζεται δὲ ἀπὸ πλακοειδεῖς κρυσταλλίτας ἐναλλὰξ κεκορεσμένου ὠστενίτου [π(C) = 2 %] καὶ σεμεντίτου.



Σχ. 17 · 1.

Τὸ πλῆρες θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας τῶν κραμάτων σιδήρου-σεμεντίτου.

Τὸ σημεῖον S τοῦ διαγράμματος, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς ἀναλογίαν ἄνθρακος 0,80 % καὶ εἰς θερμοκρασίαν 723° C, εἶναι τὸ λεγόμενον ση-

μεῖον *εὐτηκτοειδοῦς ἀναλογίας* καὶ τὸ σχετικὸν κρᾶμα εἶναι τὸ *εὐτηκτοειδὲς κρᾶμα* (παράγρ. 3 · 3). Τὸ εὐτηκτοειδὲς κρᾶμα ὀνομάζεται *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 ἑξῆς κατηγορίας κραμάτων σιδήρου - σεμεντίτου λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν τὰ σημεῖα Ε καὶ C τοῦ διαγράμματος:

α) $\pi(C) < 2{,}0\%$: Χάλυβες (πρακτικῶς μέχρις 1,5%).

β) $2{,}0 < \pi(C) < 4{,}3\%$: Ὑποευτηκτικὰ κράματα.

γ) $\pi(C) = 4{,}3\%$: Εὐτηκτικὸν κρᾶμα (λεδεμβουρίτης).

δ) $\pi(C) > 4{,}3\%$: Ὑπερευτηκτικὰ κράματα.

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

Οἱ χυτοσίδηροι αὐτοὶ ὀνομάζονται ἔτσι, διότι ἡ ἐπιφάνεια θραύσεώς των φαίνεται λευκόχρους. Ἐδῶ πρέπει νὰ ἀναφέρωμεν ὅτι ἐκτὸς ἀπὸ τοὺς λευκοὺς χυτοσιδήρους ἔχομεν καὶ τοὺς λεγομένους *φαιοὺς χυτοσιδήρους*, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφάνεια θραύσεως παρουσιάζεται φαιόχρους. Οἱ χυτοσίδηροι αὐτοὶ ἀνήκουν εἰς τὰ κράματα σιδήρου - γραφίτου (ὁ ἄνθραξ εὑρίσκεται εἰς αὐτὰ ἐλεύθερος καὶ ὄχι εἰς χημικὴν ἕνωσιν ὡς σεμεντίτης), μὲ τὰ ὁποῖα θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς τὸ Κεφάλαιον περὶ Χυτοσιδήρων (Μέρος 9ον).

17 · 2 Ἡ περιοχὴ τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων.

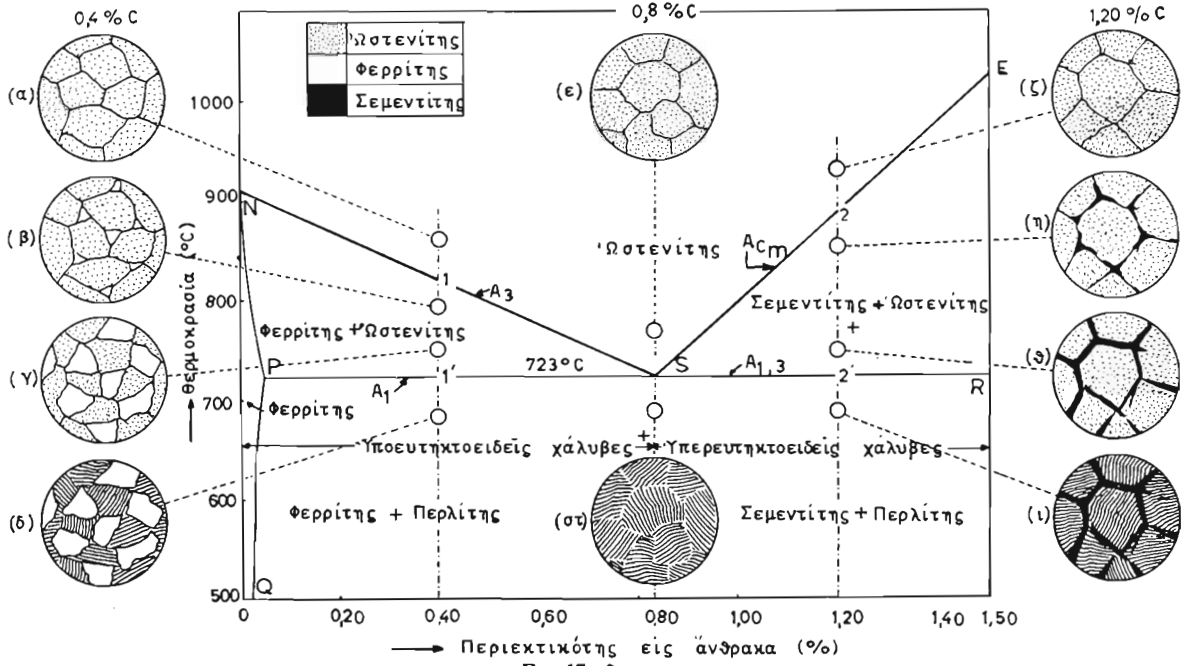
Διὰ τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς μᾶς ἐνδιαφέρει ἰδιαιτέρως τὸ τμῆμα τοῦ πλήρους θερμικοῦ διαγράμματος ἰσορροπίας, ποὺ περιλαμβάνει τοὺς χάλυβας, δηλαδὴ ἀπὸ $\pi(C) = 0{,}0\%$ μέχρι $\pi(C) = 2{,}0\%$.

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

Ὅπως ἔχομεν ἤδη ἀναφέρει, εἰς τὸ σημεῖον S τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 17 · 1 σχηματίζεται τὸ εὐτηκτοειδὲς κρᾶμα, ποὺ ἐκαλέσαμεν περλίτην. Μὲ βάσιν τὸ σημεῖον αὐτὸ οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες διακρίνονται εἰς:

α) Ὑποευτηκτοειδεῖς μὲ $\pi(C) < 0{,}80\%$

β) Εὐτηκτοειδεῖς μὲ $\pi(C) = 0{,}80\%$ καὶ εἰς



Σχ. 17 · 2 α.

Τὸ τμῆμα τοῦ πλήρους θερμικοῦ διαγράμματος τῶν κραμάτων σιδήρου - σεμεντίτου, ποὺ ἀφορᾶ εἰς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας. A_3: Γραμμὴ ἀνωτέρων κρισίμων σημείων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν ὑποευτηκτοειδῶν χαλύβων. A_1: Γραμμὴ κατωτέρων κρισίμων σημείων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν ὑποευτηκτοειδῶν χαλύβων. Ac_m : Γραμμὴ ἀνωτέρων κρισίμων σημείων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν ὑπερευτηκτοειδῶν χαλύβων. A'_1 : Γραμμὴ κατωτέρων κρισίμων σημείων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν ὑπερευτηκτοειδῶν χαλύβων.

γ) ὑπερευτηκτοειδεῖς μὲ $0{,}80\,\% < \pi(C) < 2{,}0\,\%$.

Εἰς τὸ ἀριστερὸν ἄκρον τοῦ διαγράμματος εὑρίσκεται ἡ περιοχὴ τοῦ φερρίτου. Κάθε σημεῖον τῆς περιοχῆς αὐτῆς ἀντιστοιχεῖ εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν καὶ περιεκτικότητα τοῦ κράματος εἰς ἄνθρακα, εἰς τὰς ὁποίας ὁ ἄνθραξ δύναται νὰ διαλυθῇ ὁλοσχερῶς ἐντὸς τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος τοῦ α-σιδήρου καὶ νὰ σχηματίσῃ τὸ στερεὸν διάλυμα τοῦ φερρίτου. Κάθε σημεῖον δεξιὰ τῆς γραμμῆς PQ τοῦ διαγράμματος δεικνύει ὅτι ὁ φερρίτης εἶναι πλέον κεκορεσμένος εἰς ἄνθρακα (παράγρ. 17 · 1) καὶ κατὰ συνέπειαν ὁ ὑπόλοιπος ἄνθραξ τοῦ κράματος θὰ πρέπει νὰ ὑπάρχῃ εἰς αὐτὸ ὡς σεμεντίτης. Ἡ σημασία τῆς κλίσεως τῆς γραμμῆς PQ εἶναι ὅτι, ἐνῶ ὁ ἄνθραξ διαλύεται ἐντὸς τοῦ α-σιδήρου εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος κατὰ ποσοστὸν περίπου 0,008 %, εἰς τοὺς 723^0 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, ἂς μελετήσωμεν τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 17 · 2 α διὰ τρεῖς ἀντιπροσωπευτικοὺς χάλυβας. Οἱ χάλυβες θερμαίνονται, ὥστε νὰ μετασχηματισθοῦν εἰς ὡστενίτην καὶ κατόπιν ἀφήνονται νὰ ψυχθοῦν ἠρέμως μέχρι τῆς συνήθους θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

1) Χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0{,}40\,\%$ (ὑποευτηκτοειδής).

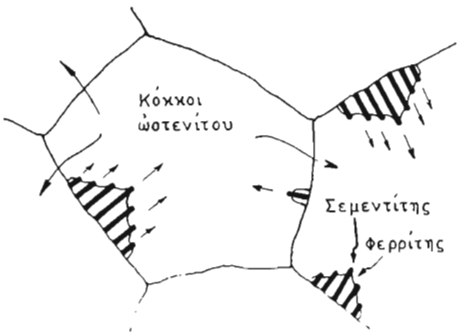
Ὁ χάλυψ αὐτὸς θερμαινόμενος εἰς θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τοῦ σημείου 1 (ἀνωτέρου κρισίμου σημείου) μετασχηματίζεται πλήρως εἰς ὡστενίτην (σχ. 17 · 2 α, περίπτωσις α).

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

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

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

Ἔτσι, ὅταν ψυχόμενος ὁ χάλυψ φθάση 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 ὠστενίτην, μὲ 0,80 % εἰς ἄνθρακα (ἡ σύνθεσις τοῦ ὠστενίτου καθορίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖον S τοῦ διαγράμματος). Ὁ ὠστενίτης δὲν δύναται νὰ δεσμεύση ἄνθρακα ἄνω τοῦ 0,80 % καὶ κατὰ συνέπειαν καθὼς ἡ θερμοκρασία πίπτει, οἱ κόκκοι τοῦ ὠστενίτου διασπῶνται. Ὁ ἐπὶ πλέον ἄνθραξ ἀποχωριζόμενος σχηματίζει μετὰ τοῦ σιδήρου σεμεντίτην. Πυρῆνες σεμεντίτου σχηματίζονται τυχαίως εἰς τὰ ὅρια τῶν κόκκων τοῦ ὠστενίτου (σχ. 17 · 2 β), ἐκ τῶν ὁποίων ἀναπτύσσονται πλακοειδεῖς κρυσταλλῖται σεμεντίτου. Ἡ ἀφαίρεσις τοῦ ἄνθρακος πρὸς σχηματισμὸν τοῦ ὠστενίτου ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν πτώχευσιν εἰς ἄνθρακα τοῦ περιβάλλοντος ὠστενίτου.



Σχ. 17 · 2 β.
Μηχανισμὸς μετασχηματισμοῦ τοῦ ὠστενίτου εἰς περλίτην.

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

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

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

* Ἡ μικροφωτογραφία λαμβάνεται διὰ παρατηρήσεως μέσω τοῦ λεγομένου

Οἱοσδήποτε ὑποευτηκτοειδὴς χάλυψ θὰ ἔχῃ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος κρυσταλλικὴν δομὴν ἀποτελουμένην ἀπὸ κόκκους φερρίτου καὶ ἀπὸ κόκκους περλίτου (σχ. 17 · 2 α, περίπτωσις δ). Ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὠστενίτου ἀρχίζει ἀπὸ ὡρισμένην θερμοκρασίαν, ποὺ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γραμμὴν NS τοῦ διαγράμματος δι' ὡρισμένην εἰς ἄνθρακα ἀναλογίαν καὶ περατοῦται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν 723^0 C (γραμμὴ PS). Αἱ ἀναλογίαι τοῦ φερρίτου καὶ τοῦ περλίτου εἰς τὸν χάλυβα καθορίζονται ἀπὸ τὴν εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητά του. Μὲ αὔξησιν τῆς περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα, αὐξάνεται καὶ ἡ ἀναλογία τοῦ περλίτου.

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

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

Ὁ χάλυψ αὐτὸς διατηρεῖται ὡς ὠστενίτης (σχ. 17 · 2 α, περίπτωσις ε) μέχρι τῆς θερμοκρασίας τῶν 723^0 C (εὐτηκτοειδὲς σημεῖον S). Ὁ μετασχηματισμός του εἰς περλίτην (ἰσχύει ὁ προηγουμένως ἀναπτυχθεὶς μηχανισμὸς μετασχηματισμοῦ, σχ. 17 · 2 β) ἀρχίζει καὶ περατοῦται εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτήν. Ἐφ' ὅσον ὁ ἐξεταζόμενος εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν χάλυψ περιέχει 0,80% ἄνθρακα, ἕπεται ὅτι εἰς τὸ σύνολόν του θὰ ἔχῃ κρυσταλλικὴν δομὴν περλίτου (σχ. 17 · 2 α, περίπτωσις στ).

κρυσταλλογραφικοῦ μικροσκοπίου. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ δοκιμίου κατὰ πρῶτον λειαίνεται, εἰς ὑψηλὸν ὅμως βαθμόν, εἰς εἰδικὰς πρὸς τοῦτο μηχανὰς λειάνσεως. Ἀκολούθως προσβάλλεται μὲ τὸ κατάλληλον διὰ κάθε περίπτωσιν ἀντιδραστήριον καὶ ἔτσι εἶναι ἑτοίμη πρὸς παρατήρησιν ἢ καὶ φωτογράφησιν.

Τὸ συνηθέστερον χρησιμοποιούμενον διὰ τοὺς χάλυβας ἀντιδραστήριον εἶναι τὸ λεγόμενον Nital. Πρόκειται περὶ διαλύματος 1% ἕως 2% νιτρικοῦ ὀξέος καὶ καθαροῦ οἰνοπνεύματος. Τὸ Nital προσβάλλει περισσότερον τὸν φερρίτην ἀπὸ τὸν σεμεντίτην, διότι ὁ τελευταῖος ὡς πολὺ σκληρότερος ἀντέχει περισσότερον εἰς τὴν προσβολήν. Ἔτσι, ἐπὶ τῆς ἐξεταζομένης ἐπιφανείας τοῦ μετάλλου οἱ πλακοειδεῖς κρυσταλλῖται τοῦ σεμεντίτου ἐξέχουν περισσότερον καὶ σκιάζονται ἐντόνως. Εἰς τὸ μεταλλογραφικὸν 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 ἢ ≈ 1000.



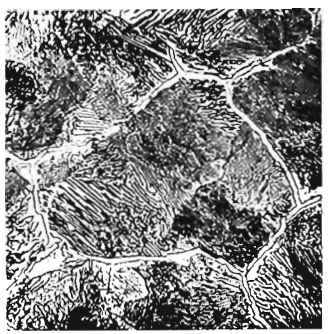
α) Κρυσταλλικὴ δομὴ περλίτου [π(C) = 0,80%]. Φαίνονται καθαρὰ οἱ πλακοειδεῖς κρυσταλλῖται τοῦ φερρίτου (λευκοί) καὶ τοῦ σεμεντίτου (μαῦροι).

(α)



β) Κρυσταλλικὴ δομὴ ὑποευτηκτοειδοῦς ἀνθρακούχου χάλυβος [π(C) = 0,60%]. Οἱ λευκοὶ κρυσταλλῖται εἶναι φερρίτης καὶ οἱ σκοτεινοὶ εἶναι περλίτης. Φαίνεται ἐπίσης ἡ χαρακτηριστικὴ μορφὴ τῶν κρυσταλλιτῶν τοῦ περλίτου.

(β)



γ) Κρυσταλλικὴ δομὴ ὑπερευτηκτοειδοῦς ἀνθρακούχου χάλυβος [π(C) = 1,20%]. Ὁ σεμεντίτης (λευκὸς) περιβάλλει τοὺς κρυσταλλίτας τοῦ περλίτου.

(γ)

Σχ. 17 · 2 γ.
Κρυσταλλικὴ δομὴ τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων (μικροφωτογραφίαι).

3) Χάλυψ μὲ π(C) = 1,20% (ὑπερευτηκτοειδής).

Ὁ χάλυψ αὐτὸς θὰ ἀρχίση νὰ μετασχηματίζεται ἀπὸ τὴν κατά-

στασιν τοῦ ὠστενίτου (σχ. 17 · 2 α, περίπτωσις ζ), ὅταν ἡ θερμοκρασία του πέση κάτω τοῦ σημείου 2 τοῦ διαγράμματος. Ἐφ' ὅσον ὁ ἄνθραξ εἶναι περισσότερος ἀπὸ τὴν εὐτηκτοειδῆ ἀναλογίαν (0,80 %), ἀρχίζει νὰ ἀποχωρίζεται πρῶτος, ὄχι ὅμως ὡς καθαρὸς ἄνθραξ, ἀλλὰ ὡς *πρωτογενὴς σεμεντίτης* *. Ἡ μορφὴ τοῦ σεμεντίτου αὐτοῦ εἶναι βελονοειδής, ἐναποτίθεται δὲ αὐτὸς εἰς τὰ ὅρια τῶν κόκκων τοῦ ὠστενίτου (σχ. 17 · 2 α, περίπτωσις η). Συνέπεια αὐτοῦ εἶναι νὰ καθίσταται ὁ ὠστενίτης προοδευτικῶς πτωχότερος εἰς ἄνθρακα (σχ. 17 · 2 α, περίπτωσις θ) καὶ ὅταν ἡ θερμοκρασία φθάση τοὺς 723^0 C (σημεῖον 2'), τότε ὁ ὠστενίτης θὰ περιέχη 0,80 % ἄνθρακα. Ὁ ὠστενίτης αὐτὸς θὰ μετασχηματισθῆ, κατὰ τὰ γνωστά, ὁλόκληρος εἰς περλίτην.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι κάθε ὑπερευτηκτοειδὴς χάλυψ θὰ ἔχη 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 % ἄνθρακα, ἕπεται ὅτι αὔξησις τῆς περιεκτικότητος τοῦ χάλυβος εἰς ἄνθρακα συνεπάγεται ἀνάλογον αὔξησιν τοῦ πρωτογενοῦς σεμεντίτου.

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

---

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

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΘΕΡΜΙΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΙ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 18

ΓΕΝΙΚΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑΝ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ

18 · 1 Ὁρισμός, σημασία καὶ εἴδη θερμικῶν κατεργασιῶν.

Θερμικὴν κατεργασίαν μετάλλου, ἰδίως δὲ κράματος, ὀνομάζομεν συνδυασμὸν θερμάνσεως καὶ ἀποψύξεως, ὥστε τοῦτο νὰ ἀποκτήσῃ ὡρισμένην κρυσταλλικὴν δομὴν καὶ μέγεθος κόκκων καὶ συνεπῶς τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας ποὺ ἐπιθυμοῦμεν. Γενικῶς τὸ κρᾶμα θερμαίνεται εἰς προκαθωρισμένην θερμοκρασίαν, παραμένει εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν ἐπὶ ὡρισμένον χρονικὸν διάστημα καὶ ἀκολουθεῖ ἀπόψυξίς του μὲ ὡρισμένην ἐπίσης ταχύτητα.

Εἰς τὸ Μέρος αὐτὸ θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὰς θερμικὰς κατεργασίας τῶν χαλύβων. Καὶ τοῦτο, διότι οἱ χάλυβες εἶναι ἐκ τῶν ὀλίγων κραμάτων τῆς τεχνικῆς, τὰ ὁποῖα μὲ θερμικὰς κατεργασίας εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποκτήσουν βελτιωμένας μηχανικὰς ἰδιότητας ἢ καὶ νὰ ἀλλάξουν σημαντικῶς μηχανικὰς ἰδιότητας. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς μετασχηματισμοὺς τῆς κρυσταλλικῆς των δομῆς, οἱ ὁποῖοι γίνονται εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν (Κεφάλ. 17). Ἐδῶ πρέπει νὰ σημειώσωμεν, ὅτι χάριν ἁπλότητος 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 ἐξαιρετικὴν σημασίαν. Εἶναι δυνατὸν τεμάχιον χάλυβος σταθερᾶς χημικῆς συνθέσεως, μετὰ κατάλληλον θερμικὴν κατεργασίαν ἢ συνδυασμὸν θερμικῶν κατεργασιῶν, νὰ ἀποκτήσῃ διαφορετικὴν ἑκάστοτε κρυσταλλικὴν δομὴν καὶ μέγεθος κόκκων. Εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ πρέπει νὰ τονίσωμεν, ὅτι μὲ τὰς θερμικὰς κατεργασίας δὲν ἐπενεργοῦμεν οὔτε εἰς τὴν μορφὴν τοῦ τεμαχίου οὔτε εἰς τὴν χημικήν του σύνθεσιν, ἀλλὰ μόνον εἰς τὸ εἶδος τῆς κρυσταλλικῆς του δομῆς. Ὅπως θὰ ἴδωμεν εἰς

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

τὰ ἑπόμενα, αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες τοῦ κράματος ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ εἶδος τῆς κρυσταλλικῆς του δομῆς καὶ ἀπὸ τὸ μέγεθος τῶν κόκκων του. Ἐπειδὴ μὲ τὰς θερμικὰς κατεργασίας, συμφώνως πρὸς τὸν ὁρισμὸν ποὺ ἐδώσαμεν, ἀλλὰ καὶ ὅπως θὰ παρατηρήσωμεν, δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν καὶ τὰ δύο αὐτά, ἕπεται ὅτι δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας ποὺ ἐπιθυμοῦμεν. Ἔτσι, μὲ τὴν ἐκτέλεσιν καταλλήλων θερμικῶν κατεργασιῶν, εἶναι δυνατὸν ὄχι μόνον νὰ αὐξήσωμεν λόγου χάριν τὴν σκληρότητα τοῦ χάλυβος, ἀλλὰ καὶ νὰ βελτιώσωμεν τὴν ἀντοχήν, τὴν δυσθραυστότητα καὶ τὴν πλαστικότητά του. Καὶ ὡς παράδειγμα φέρομεν τὸν ὑποευτηκτοειδῆ χάλυβα (παράγρ. 17·2) μὲ $\pi(C) = 0{,}30\%$, ποὺ εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποκτήσῃ τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ Πίνακος 18·1·1, αἱ ὁποῖαι σημαντικῶς διαφέρουν μεταξύ των διὰ τὰς θερμικὰς κατεργασίας τοῦ Πίνακος αὐτοῦ.

ΠΙΝΑΞ 18·1·1

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

Θερμικὴ κατεργασία	Ὅριον θραύσεως σ_B [kp/mm²]	Ἐπιμήκυνσις θραύσεως A [%]	Δυσθραυστότης κατὰ IZOD* [kpm/cm²]	Σκληρότης Brinell H_B [kp/mm²]
Ἐξομάλυνσις εἰς 850° C	52	37,0	16,0	141
Βαφὴ εἰς ὕδωρ εἰς 850° C	134	1,2	2,0	394
Βαφὴ εἰς ὕδωρ εἰς 850° C μέ:				
α) Ἐπαναφορὰν εἰς 200° C	121	4,3	4,4	347
β) Ἐπαναφορὰν εἰς 400° C	97	15,8	9,7	272
γ) Ἐπαναφορὰν εἰς 600° C	63	34,2	16,6	194
δ) Ἐπαναφορὰν εἰς 800° C	54	36,1	16,0	141

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

Κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν ἐξαιρετικὴν σημασίαν ἔχουν οἱ ἑπόμενοι παράγοντες, οἱ ὁποῖοι, ὅπως θὰ ἀναφέρωμεν, συμβάλλουν εἰς τὴν τελικὴν μορφὴν τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς τοῦ χάλυβος :

α) Ἡ ἀνωτάτη θερμοκρασία, εἰς τὴν ὁποίαν 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 ἐμβαπτισθῆ εἰς ὕδωρ μετὰ τὴν θερμανσίν του, ἀπὸ ὅ,τι ἐὰν ἐμβαπτισθῆ εἰς ἔλαιον ἢ ἀφεθῆ νὰ ἀποψυχθῆ εἰς ἤρεμον ἀέρα.

Αἱ σπουδαιότεραι ἐν χρήσει θερμικαὶ κατεργασίαι εἶναι αἱ ἑξῆς:

α) Ἡ πλήρης ἀνόπτησις ἢ ἁπλῶς ἀνόπτησις.

β) Ἡ ἐξομάλυνσις.

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 εἶναι ἡ *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' *ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς*, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνομεν ἐπίσης ἐπιφανειακὴν σκλήρωσιν τεμαχίων ἀπὸ χάλυβα, ὁ ὁποῖος ὅμως ἐπιδέχεται βαφήν.

18 · 2 Ἐπίδρασις τῆς ταχύτητος ἀποψύξεως.

1) Ἤρεμος ἀπόψυξις.

Εἰς τὴν παράγραφον 17 · 2 ἐμελετήσαμεν τὸ διάγραμμα θερμικῆς ἰσορροπίας τῶν ἀνθρακούχων 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 εἶναι ἀποτέλεσμα βραδυτάτης ἀποψύξεως τοῦ κράματος (ὠστενίτου) ἀπὸ θερμο-

κρασίας ὑψηλοτέρας τοῦ ἀνωτέρου κρισίμου σημείου. Ἡ ἀπόψυξις αὐτὴ εἶναι γνωστὴ ὡς *ἀπόψυξις ὑπὸ συνθήκας ἰσορροπίας τῶν φάσεων* (παράγρ. 4 · 1). Ἡ ταχύτης ἀποψύξεως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι τόσον μικρά, ὥστε νὰ δοθῇ εἰς τὸ κρᾶμα ἡ εὐκαιρία καὶ ὁ ἀπαιτούμενος χρόνος νὰ ἀποκτήσῃ τὴν κρυσταλλικήν του δομὴν κατὰ τρόπον φυσιολογικὸν καὶ πλήρη. Ἔτσι, λαμβάνομεν τὸν μαλακώτερον χάλυβα καὶ εἰς τὴν πλέον εὐσταθῆ του κατάστασιν.

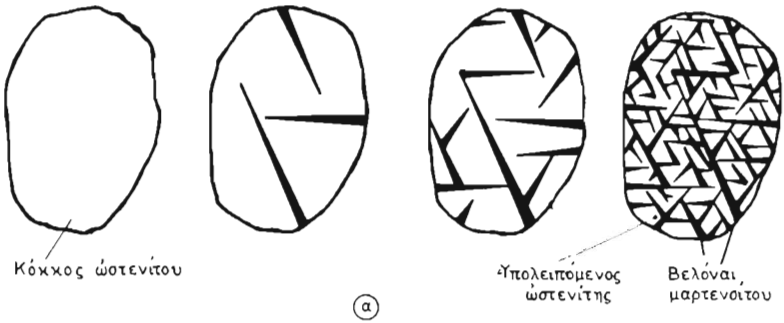
2) Ἀπότομος ἀπόψυξις.

Ἐὰν ἡ ἀπόψυξις τοῦ χάλυβος, ποὺ εὑρίσκεται εἰς κατάστασιν ὡστενίτου, γίνῃ ἀποτόμως (μὲ μεγάλην ταχύτητα) καὶ μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος, τότε ἡ τελικὴ κρυσταλλικὴ δομή του δὲν θὰ προκύψῃ κατόπιν φυσιολογικῆς ἐξελίξεως, 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.

Ἂς ἐξετάσωμεν τώρα λεπτομερέστερον, τί συμβαίνει εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ χάλυβος μετὰ ἀπὸ ἀπότομον ἀπόψυξίν του μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος. Πρὸς τοῦτο λαμβάνομεν τεμάχιον ἀνθρακούχου εὐτηκτοειδοῦς χάλυβος, δηλαδὴ μὲ $\pi(C) = 0{,}80\,\%$, τὸ ὁποῖον θερμαίνομεν εἰς θερμοκρασίαν κατὰ περίπου 50^0 C ἄνω τῶν 723^0 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 ἢ ἁλατούχου ὕδατος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν, ὅπως λέγομεν, τυπικὴν βαφὴν τοῦ χάλυβος. Ἀποτέλεσμα τῆς ἀποτόμου ἀποψύξεώς του εἶναι ἡ ἐμφάνισις εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ἑνὸς νέου κρυσταλλικοῦ εἴδους, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται *μαρτενσίτης*. Αὐτὸ εἶναι ἐντελῶς διαφορετικὸν ἀπὸ τὸν περλίτην [σχ. 17 · 3 γ (α)], ὁ ὁποῖος σχηματίζεται κατὰ τὴν ἤρεμον ἀπόψυξιν τοῦ ἰδίου χάλυβος.

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

Συνοπτικῶς ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὠστενίτου εἰς μαρτενσίτην γίνεται ὡς ἑξῆς: Ὅπως γνωρίζομεν (παράγρ. 3 · 2 καὶ 17 · 1), ὁ ὠστε-



(α)



(β)

Σχ. 18 · 2 α.

α) Σχηματικὴ παράστασις μετασχηματισμοῦ τοῦ ὠστενίτου εἰς μαρτενσίτην. Τὸ σχῆμα παριστάνει ἕνα κόκκον ὠστενίτου εἰς θερμοκρασίας, αἱ ὁποῖαι προοδευτικῶς γίνονται μικρότεραι τῆς θερμοκρασίας ἐνάρξεως μετασχηματισμοῦ τοῦ ὠστενίτου εἰς μαρτενσίτην θ_ε (σχ. 18 · 3). Ὅταν συμπληρωθῇ ὁ μετασχηματισμός, μεταξὺ τῶν βελονῶν τοῦ μαρτενσίτου παραμένει ὁ λεγόμενος *ὑπολειπόμενος ὠστενίτης* (λευκαὶ ἐπιφάνειαι). β) Κρυσταλλικὴ δομὴ ἀνθρακούχου χάλυβος μὲ π(C)= = 1,30% βαμμένου εἰς ἁλατοῦχον ὕδωρ καὶ ὑπὸ μεγέθυνσιν × 500. Χαρακτηριστικῶς διακρίνεται ἡ βελονοειδὴς ὑφή της.

νίτης εἶναι στερεὸν διάλυμα παρεμβολῆς ἄνθρακος εἰς γ-σίδηρον (Κεφάλ. 16). Κατὰ τὴν ἀπόψυξιν ὁ γ - σίδηρος μετασχηματίζεται εἰς

α-σίδηρον, πλὴν ὅμως, λόγω τῆς ἀποτόμου ἀποψύξεως, ὁ ἄνθραξ, ποὺ εὑρίσκεται εἰς τὸ πλέγμα τοῦ γ-σιδήρου, δὲν δύναται νὰ ἐξέλθη ἀπὸ τὸ πλέγμα τοῦ α-σιδήρου, ἂν καὶ δὲν διαλύεται εἰς αὐτό. Παραμένει ὁ ἄνθραξ κατὰ συνέπειαν ἀναγκαστικῶς ἐγκεκλεισμένος εἰς τὸν α-σίδηρον (φερρίτην). Ὁ *μαρτενσίτης* ἑπομένως *εἶναι φερρίτης ὑπερκορεσμένος εἰς ἄνθρακα εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος, εὑρισκόμενος ὅμως εἰς κατάστασιν ἀσταθείας*. Ἀναφέρεται χαρακτηριστικῶς, ὅτι ὁ ἐγκεκλεισμένος εἰς τὸν φερρίτην ἄνθραξ δύναται νὰ φθάση καὶ μέχρις 1,50 %, ἐνῶ κατὰ τὴν ἥρεμον ἀπόψυξιν τοῦ χάλυβος δὲν ὑπερβαίνει τὰ 0,025 %.

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

Τοῦτο ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀνάπτυξιν σοβαρῶν ἐσωτερικῶν τάσεων. Κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην αὐξάνεται ὁ ὄγκος τοῦ τεμαχίου.

Λόγω τοῦ μετασχηματισμοῦ τοῦ μαρτενσίτου, ὁ χάλυψ ἀποκτᾶ μεγάλην σκληρότητα, καθὼς ἐπίσης καὶ ὑψηλότερον ὅριον θραύσεως σ_B καὶ ὅριον ἐλαστικότητος σ_E ποὺ συνοδεύονται ὅμως ἀπὸ μικρὰν δυσθραυστότητα καὶ ἀπὸ ἔλλειψιν πλαστικότητος. Ἐνδεικτικῶς 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 ἐξετάσει τοὺς μετασχηματισμοὺς εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ χάλυβος εἰς τὰς ἀκραίας περιπτώσεις, δηλαδὴ κατὰ τὴν ἥρεμον 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 Χρόνου - Θερμοκρασίας - Μετασχηματισμοῦ* [*διάγραμμα Χ - Θ - Μ* (σχ. 18 · 2 β)], ποὺ θὰ μᾶς ἀπασχολήση εὐθὺς ἀμέσως. Καὶ τοῦτο, διότι εἰς τὸ διάγραμμα θερμικῆς ἰσορροπίας τοῦ χάλυβος, ποὺ ἐν ἐκτάσει 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 μὲ ἐνδιαμέσους ταχύτητας ἀποψύξεως προκύπτουν νέα κρυσταλλικὰ εἴδη μεταξὺ περλίτου καὶ μαρτενσίτου, τὰ ὁποῖα ἔχουν μεγάλην σημασίαν κατὰ τὴν βιομηχανικὴν 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 μὲ ὡρισμένας μηχανικὰς ἰδιότητας.

Ὁ καλύτερος τρόπος διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν ἀξίαν τῶν διαγραμμάτων Χ - Θ - Μ εἶναι νὰ παρακολουθήσωμεν τὸν τρόπον, μὲ τὸν ὁποῖον καταρτίζονται. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτόν, ἐκλέγομεν εὐτηκτοειδῆ ἀνθρακοῦχον χάλυβα. Κατασκευάζομεν μικρὰ δοκίμια τοῦ χάλυβος αὐτοῦ καὶ τὰ θερμαίνομεν εἰς θερμοκρασίαν κατὰ 50° C περίπου ὑψηλοτέραν ἀπὸ τὸ ἀνώτερον κρίσιμον σημεῖον (723° C εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν) ἐπὶ ἡμισείαν περίπου ὥραν, ὥστε νὰ ἀποκτήσουν δομὴν ὡστενίτου. Κατόπιν, τὰ δοκίμια ἐμβαπτίζονται εἰς λουτρὸν ἁλάτων προκαθωρισμένης σταθερᾶς θερμοκρασίας θ_1, μικροτέρας τῶν 723° C, ὥστε ταχύτατα νὰ ἀποκτήσουν τὴν θερμοκρασίαν αὐτήν. Εὐθὺς ἀμέσως, καθ' ὡρισμένα χρονικὰ διαστήματα, κάθε δοκίμιον ἀποψύχεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος εἰς ψυχρὸν ὕδωρ ἢ ἁλατοῦχον ὕδωρ. Τὸ δοκίμιον ὑφίσταται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον βαφήν. Μετρεῖται ἡ σκληρότης κάθε δοκιμίου καὶ ἐξετάζεται εἰς τὸ μεταλλογραφικὸν μικροσκόπιον ἡ κρυσταλλικὴ δομή του. Ἔτσι, προσδιορίζομεν διὰ κάθε θερμοκρασίαν θ_1 τὸ σημεῖον, ποὺ ἀρχίζει ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου (σημεῖον M_1) καὶ τὸ σημεῖον, ποὺ τελειώνει ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου (σημεῖον M_2), ὅπως φαίνεται εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 18 · 2 β.

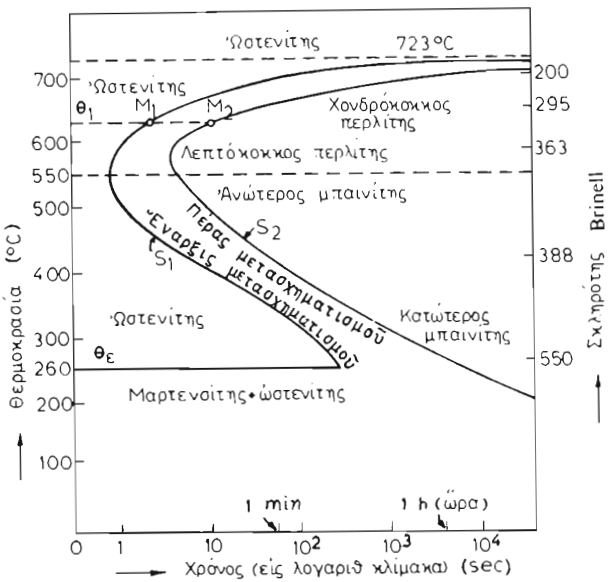
Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον διὰ διαφορετικὰς θερμοκρασίας θ_1 τὸ σημεῖον M_1 διαγράφει τὴν καμπύλην S_1 καὶ τὸ σημεῖον M_2 τὴν καμπύλην S_2. Εἰς κάθε σημεῖον τῆς καμπύλης S_1 ἀρχίζει ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου (100% ὡστενίτης) καὶ εἰς κάθε σημεῖον τῆς καμπύλης S_2 τελειώνει ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου (0% ὡστενίτης).

Τὰ διαγράμματα αὐτά, ὅπως φαίνεται χαρακτηριστικῶς εἰς τὸ σχῆμα 18 · 2 β, ἔχουν μορφὴν S, διὰ κάθε δὲ περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα τοῦ χάλυβος ἀντιστοιχεῖ ἰδιαίτερον διάγραμμα. Εἰς τὸν ὁριζόντιον ἄξονα τοῦ διαγράμματος τίθεται ὁ χρόνος, εἰς λογαριθμικὴν ὅμως κλίμακα. Ἔτσι εἶναι δυνατὸν νὰ τεθοῦν πολὺ μικροὶ χρόνοι, ὅπως δευτερόλεπτα, ἀλλὰ καὶ πολὺ μεγάλοι, ὅπως ἡμέραι ἢ ἑβδομάδες (σχ. 18 · 2 β). Εἰς τὸν κατακόρυφον ἄξονα τοῦ διαγράμματος τίθεται ἡ θερμοκρασία.

Ἀπὸ τὸ διάγραμμα Χ - Θ - Μ τοῦ σχήματος 18 · 2 β τοῦ εὐτηκτοειδοῦς χάλυβος προκύπτουν τὰ ἑξῆς:

1) Εἰς θερμοκρασίας θ_1 μεταξὺ 550° C περίπου καὶ ὀλίγον κάτω τῶν 723° C

σχηματίζεται κατὰ τὴν ἰσόθερμον βαφὴν περλίτης [σχ. 17 · 2 γ (α)], ποὺ γίνεται τόσον περισσότερον λεπτόκοκκος καὶ σκληρότερος, ὅσον ἡ θερμοκρασία θ_1 εἶναι χαμηλοτέρα. Ἔτσι, εἰς θερμοκρασίαν $\theta_1 = 700^0$ C σχηματίζεται χονδρόκοκκος περλίτης μὲ σκληρότητα περίπου 200 Brinell, εἰς $\theta_1 = 650^0$ C σχηματίζεται περλίτης μέσου μεγέθους κόκκων μὲ σκληρότητα 295 Brinell, εἰς δὲ $\theta_1 = 580^0$ C σχηματίζεται λεπτόκοκκος περλίτης μὲ σκληρότητα 363 Brinell.

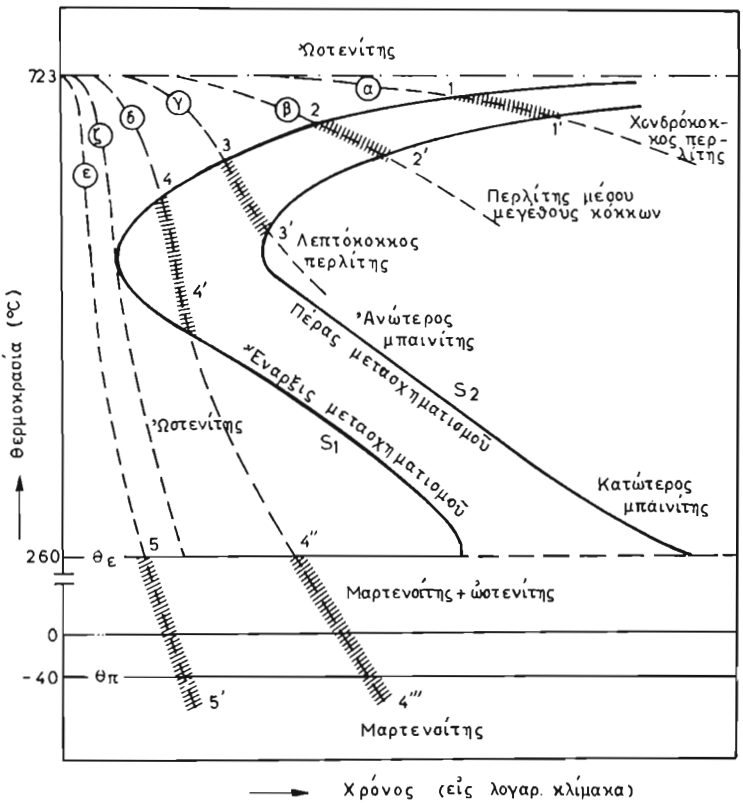


Σχ. 18 · 2 β.
Τὸ διάγραμμα Χ - Θ - Μ ἀνθρακούχου εὐτηκτοειδοῦς χάλυβος.

Εἰς θερμοκρασίας μεταξὺ ὀλίγον κάτω τῶν 550^0 C καὶ ἄνω τῶν 260^0 C (θερμοκρασίας θ_ε ἐνάρξεως σχηματισμοῦ τοῦ μαρτενσίτου διὰ τὸν εὐτηκτοειδῆ χάλυβα, σχ. 19 · 7 α) σχηματίζεται νέον κρυσταλλικὸν εἶδος, ὁ *μπαινίτης*. Ἀποτελεῖται ἀπὸ πλάκας (κρυσταλλίτας) φερρίτου καὶ σεμεντίτου, ὅπως καὶ ὁ περλίτης, μὲ τὴν διαφορὰν ὅμως ὅτι οἱ κρυσταλλῖται τοῦ φερρίτου καὶ σεμεντίτου εἶναι πολὺ μικρῶν διαστάσεων καὶ δὲν εἶναι εὐδιάκριτοι εἰς τὸ μεταλλογραφικὸν μικροσκόπιον. Ὁ μπαινίτης διὰ θερμοκρασίας ὄχι πολὺ κάτω τῶν 550^0 C ὀνομάζεται *ἀνώτερος μπαινίτης*, μὲ σκληρότητα περίπου 388 Brinell διὰ $\theta_1 = 420^0$ C, ἐνῶ διὰ θερμοκρασίαν πλησίον τῶν 260^0 C ὀνομάζεται *κατώτερος μπαινίτης*, μὲ σκληρότητα 550 Brinell διὰ $\theta_1 = 270^0$ C.

18 · 3 Συνδυασμὸς τῶν καμπυλῶν ἀποψύξεως χάλυβος καὶ τοῦ διαγράμματος Χ - Θ - Μ.

Εἰς τὴν πρᾶξιν, ὁ χάλυψ δὲν βάφεται δι' ἰσοθέρμου βαφῆς, ἀλλὰ διὰ συνεχοῦς βαφῆς. Ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν δηλαδή, ὅπου εὑρίσκεται εἰς κατάστασιν ὠστενίτου, ἀποψύχεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ἐντὸς καταλλήλου μέσου. Τὸ μέσον αὐτὸ ἀποψύξεως εἶναι συνήθως ὕδωρ, ἔλαιον ἢ ἀήρ. Ἡ ταχύτης ἀποψύξεως



Σχ. 18 · 3.
Καμπύλαι ἀποψύξεως — Διάγραμμα Χ - Θ - Μ εὐτηκτοειδοῦς ἀνθρακούχου χάλυβος.

αὐξάνεται κατὰ τὴν σειρὰν τῶν συνήθων μέσων βαφῆς: ἀήρ, ἔλαιον, ὕδωρ. Εἰς κάθε μέσον ἀποψύξεως ἀντιστοιχεῖ καὶ ὡρισμένη καμπύλη ἀποψύξεως, ποὺ εἶναι δυνατὸν νὰ παρασταθῇ εἰς τοὺς αὐτοὺς ἄξονας, ὅπως καὶ τὸ διάγραμμα Χ-Θ-Μ, δηλαδὴ εἰς τὸν ἄξονα τοῦ χρόνου καὶ τῆς θερμοκρασίας (σχ. 18 · 3). Ἐδῶ ὑποθέτομεν

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

Ἂς παρακολουθήσωμεν τὰ διαγράμματα τοῦ σχήματος 18 · 3, ποὺ ἀφοροῦν ἐπίσης εἰς εὐτηκτοειδῆ ἀνθρακοῦχον χάλυβα. Αἱ καμπύλαι ἀποψύξεως (α), (β), (γ), (δ), (ε), (ζ) ἀναφέρονται εἰς διαφόρους ταχύτητας καὶ μάλιστα συνεχῶς αὐξανομένας ἀπὸ τὴν καμπύλην (α) μέχρι τὴν καμπύλην (ε).

Ἡ καμπύλη ἀποψύξεως (α) παριστάνει ἀπόψυξιν μὲ 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 ὠστενίτου ἐπὶ μέγα χρονικὸν διάστημα. Ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὠστενίτου ἀρχίζει ἀπὸ τὸ σημεῖον 1 καὶ περατοῦται εἰς τὸ σημεῖον 1΄. Τὸ προϊὸν τοῦ μετασχηματισμοῦ αὐτοῦ εἶναι, ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει, χονδρόκοκκος περλίτης μὲ χαμηλὴν σκληρότητα. Ἐπειδὴ ἡ διαφορὰ θερμοκρασίας μεταξὺ τῶν σημείων 1 καὶ 1΄ εἶναι πολὺ μικρά, ἐπεται ὅτι πολὺ μικρὰ θὰ εἶναι καὶ ἡ διαφορὰ τοῦ μεγέθους κόκκων τοῦ περλίτου κατὰ τὴν ἔναρξιν (σημεῖον 1) καὶ κατὰ τὸ πέρας (σημεῖον 1΄) μετασχηματισμοῦ τοῦ ὠστενίτου. Κάτωθεν τοῦ σημείου 1΄ ἡ ταχύτης ἀποψύξεως δὲν ἔχει καμμίαν πλέον ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς τοῦ χάλυβος. Τὸ τεμάχιον δηλαδὴ δύναται νὰ ἀποψυχθῇ καὶ μὲ πολὺ μεγαλυτέραν ταχύτητα, χωρὶς νὰ παρατηρηθῇ καμμία ἐπὶ πλέον μεταβολὴ εἰς τὴν δομήν του. Τοῦτο ἔχει ἐξαιρετικὴν 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 1΄ νὰ ἐξαχθοῦν ἀπὸ τὸν κλίβανον καὶ νὰ ἀφεθοῦν εἰς τὸν ἐλεύθερον ἀέρα. Ἔτσι, ὁ χρόνος τῆς ἀνοπτήσεως εἶναι δυνατὸν νὰ μειωθῇ κατὰ πολύ.

Ἡ καμπύλη (β) ἀντιστοιχεῖ εἰς μεγαλυτέραν ταχύτητα ἀποψύξεως καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς τυπικὴ διὰ τὴν θερμικὴν κατεργασίαν τῆς *ἐξομαλύνσεως* (παράγρ. 19 · 3). Εἰς τὸ διάγραμμα φαίνεται ὅτι ὁ ὠστενίτης 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 ὅ,τι κατὰ τὴν ἀνόπτησιν, ὁ χάλυψ μετὰ ἀπὸ ἐξομάλυνσιν παρουσιάζει κρυσταλλικὴν δομὴν κάπως ἀνομοιόμορφον, μὲ μικρότερον ὅμως 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. Ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὠστενίτου ἀρχίζει ἀπὸ τὸ σημεῖον 4 καὶ περατοῦται μερικῶς εἰς τὸ σημεῖον 4΄, ὅπου ὡρισμένον ποσοστὸν ὠστενίτου ἔχει μετασχηματισθῇ εἰς λεπτόκοκκον περλίτην, ποὺ περιβάλλεται ἀπὸ τὸν ὠστενίτην, ποὺ ἔχει ἀπομείνει. Εἰς τὸ σημεῖον 4΄΄ (θερμοκρασία θ_ε), ἀφοῦ ἐν τῷ μεταξὺ ἡ θερμοκρασία ἔχει ἀρκετὰ μειωθῇ, ἀρχίζει ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὠστενίτου αὐτοῦ εἰς μαρτενσίτην, εἰς δὲ τὸ σημεῖον 4΄΄΄ (θερμοκρασία θ_π) ὁ ὠστενίτης ἔχει ὁλοσχερῶς μετασχηματισθῇ εἰς μαρτενσίτην.

Ἡ καμπύλη (ε) εἶναι τυπικὴ τῆς *βαφῆς* μὲ μεγάλην ταχύτητα ἀποψύξεως, ὅπως συμβαίνει, ἂν χρησιμοποιηθῆ ὡς μέσον ψύξεως ψυχρὸν ἁλατοῦχον ὕδωρ. Ἡ καμπύλη (ε) δὲν τέμνει καθόλου τὸ διάγραμμα Χ-Θ-Μ. Ὁ χάλυψ, εἰς κατάστασιν ὡστενίτου, μετασχηματίζεται εἰς μαρτενσίτην μεταξὺ τῶν θερμοκρασιῶν $\theta_\varepsilon = 260^0$ C (σημεῖον 5) καὶ $\theta_\pi = -40^0$ C (σημεῖον 5'). Κάτωθεν τῆς θερμοκρασίας θ_π ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ χάλυβος εἶναι μαρτενσίτης.

Ἡ καμπύλη (ζ) ἐφάπτεται εἰς τὴν *μύτην* τοῦ διαγράμματος Χ-Μ-Θ καὶ μᾶς ὁρίζει τὴν λεγομένην *κρίσιμον ταχύτητα ἀποψύξεως*. Δηλαδή, οἱαδήποτε ταχύτης ἀποψύξεως ἴση ἢ μεγαλυτέρα ἀπὸ αὐτὴν μᾶς δίδει μαρτενσίτην.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 19

ΑΙ ΘΕΡΜΙΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΙ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ ΕΙΣ ΤΗΝ ΠΡΑΞΙΝ

Εἰς 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 ἀρχάς, ἐπὶ τῶν ὁποίων βασίζονται αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι. Θὰ μᾶς ἀπασχολήση κυρίως ὁ τρόπος, μὲ τὸν ὁποῖον αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι ἐκτελοῦνται, καθὼς ἐπίσης καὶ τὸ τί ἐπιτυγχάνεται μὲ αὐτάς.

Πρὶν ὅμως ἀρχίσωμεν τὴν ἀνάπτυξιν αὐτήν, κρίνομεν σκόπιμον 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 ὄργανα μετρήσεώς της, τὰς ἀρχὰς λειτουργίας των καὶ τὴν χρῆσιν των.

Ἡ μέτρησις τῆς θερμοκρασίας γίνεται:

α) Μὲ ὀπτικὴν ἐκτίμησιν τοῦ χρωματισμοῦ.

β) Μὲ θερμόμετρα διαστολῆς ὑγροῦ ἢ πιέσεως ἀτμοῦ ἢ ἀερίου.

γ) Μὲ θερμόμετρα ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως.

δ) Μὲ θερμοηλεκτρικὰ πυρόμετρα.

ε) Μὲ πυρόμετρα ἀκτινοβολίας καὶ

στ) μὲ χρησιμοποίησιν τῶν δεικτῶν θερμοκρασίας Seger.

Γενικῶς, διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν ἄνω τῶν 500^0 C χρησιμοποιοῦνται τὰ λεγόμενα *πυρόμετρα*, ἐνῶ διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν κάτω τῶν 500^0 C χρησιμοποιοῦνται τὰ *Θερμόμετρα*.

19 · 1 Μέτρησις τῆς θερμοκρασίας.

1) Θερμομετρικαὶ κλίμακες.

Εἰς πολλὰς χώρας, ἡ κανονικὴ θερμομετρικὴ κλῖμαξ εἶναι ἡ ἑκατοντάβαθμος ἢ κλῖμαξ Κελσίου. Ἐν τούτοις εἰς τὰς ἀγγλοσαξωνικὰς χώρας (Ἀγγλία, Ἀμερικὴ) χρησιμοποιεῖται σχεδὸν ἀποκλειστικῶς ἡ θερμομετρικὴ κλῖμαξ Φαρενάιτ (Fahrenheit).

Αἱ σχέσεις μετατροπῆς τῆς θερμοκρασίας ἐκ τῆς μιᾶς κλίμακος εἰς τὴν ἄλλην εἶναι αἱ ἑξῆς:

$$°C = \frac{5}{9}(°F - 32)$$

$$°F = \frac{9}{5}°C + 32$$

ὅπου: ^0C ἡ θερμοκρασία εἰς βαθμοὺς Κελσίου καὶ ^0F εἰς βαθμοὺς Φαρενάιτ.

2) Μέτρησις τῆς θερμοκρασίας μὲ ὀπτικὴν ἐκτίμησιν τοῦ χρωματισμοῦ.

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

Οἱ χρωματισμοὶ ὀφείλονται εἰς ὀξείδια, τὰ ὁποῖα σχηματίζονται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χάλυβος κατὰ τὴν θέρμανσίν του εἰς ἀντιστοίχους θερμοκρασίας.

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

Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν ἔχομεν μεγαλυτέραν σχετικῶς ἀκρίβειαν διὰ τὸν σίδηρον καὶ τοὺς χάλυβας ἀπὸ 200^0 C μέχρι 350^0 C. Ἡ ἐξέλιξις τῶν χρωματισμῶν εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν θερμοκρασιῶν ἔχει ὡς ἑξῆς:

Κίτρινος βαθὺς	εἰς	220^0 C
Χρυσοκίτρινος	εἰς	245^0 C
Ἐρυθροκαστανόχρους	εἰς	265^0 C
Πορφυροῦς	εἰς	275^0 C
Κυανοῦς ἀνοικτὸς	εἰς	290^0 C
Κυανοῦς βαθὺς	εἰς	300^0 C
Κυανοτεφρόχρους	εἰς	310^0 C
Τεφρόχρους (γκρὶ)	εἰς	325^0 C

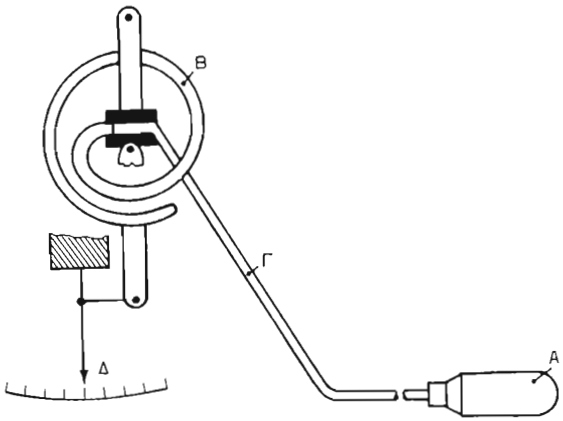
Εἰς περιοχὴν ὑψηλοτέρων θερμοκρασιῶν ὁ χρωματισμὸς μεταβάλλεται ὡς ἀκολούθως:

Ἐλαφρῶς ἐρυθρὸς	εἰς	500^0 C
Σκοτεινὸς ἐρυθρὸς	εἰς	700^0 C
Ἐρυθρὸς - κερασόχρους	εἰς	800^0 C
Ἐρυθρὸς ἀνοικτὸς	εἰς	900^0 C
Κερασόχρους - κόκκινος ἀνοικτὸς	εἰς	1000^0 C
Πορτοκαλόχρους	εἰς	1100^0 C
Κίτρινος σκοτεινὸς	εἰς	1150^0 C
Κίτρινος ἀνοικτὸς	εἰς	1200^0 C
Ἰσχυρῶς λευκόχρους	εἰς	1350^0 C
Λαμπρὸς λευκόχρους	εἰς	1500^0 C

3) Θερμόμετρα διαστολῆς ὑγροῦ. Θερμόμετρα πιέσεως ἀτμοῦ ἢ ἀερίου.

Τὸ θερμόμετρον διαστολῆς ὑγροῦ ἀποτελεῖται ἀπὸ φούσκαν Α (σχ. 19 · 1 α),

τὴν ὁποίαν τοποθετοῦμεν εἰς τὸν χῶρον, τοῦ ὁποίου ἐπιθυμοῦμεν νὰ μετρήσωμεν τὴν θερμοκρασίαν καὶ ἀπὸ σωλῆνα Β. Ὁ σωλὴν αὐτὸς εἰς τὸ ἄκρον του φέρει δείκτην Δ ἢ πέννας καταγραφῆς διὰ τὴν μέτρησιν τῆς θερμοκρασίας. Ἡ φούσκα Α καὶ ὁ σωλὴν Β συνδέονται μεταξὺ των μὲ ἀραχνοειδῆ (πολὺ μικρᾶς διαμέτρου) σωλῆνα Γ.



Σχ. 19·1α.
Θερμόμετρον διαστολῆς ὑγροῦ.

Τὸ ὅλον σύστημα τοῦ θερμομέτρου αὐτοῦ πληρώνεται μὲ κατάλληλον ὑγρὸν ἢ ὑδράργυρον. Μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας εἰς τὴν περιοχὴν τῆς φούσκας Α ἀναγκάζουν τὸ ὑγρὸν νὰ διαστέλλεται ἢ νὰ συστέλλεται, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ διαστέλλεται ἢ νὰ συστέλλεται ὁ σωλὴν Β καὶ ἀντιστοίχως νὰ μετακινῆται ὁ δείκτης Δ.

Χρησιμοποιοῦνται τὰ κατωτέρω ὑγρὰ ἀναλόγως τῆς θερμοκρασίας:

Ὑδράργυρος:	ἀπὸ -40^0 C	μέχρι 510^0 C
Οἰνόπνευμα:	ἀπὸ -80^0 C	μέχρις 71^0 C
Πεντάνιον:	ἀπὸ -200^0 C	μέχρις 29^0 C
Κρεόζωτον:	ἀπὸ -7^0 C	μέχρι 204^0 C

Τὸ θερμόμετρον πιέσεως ἀτμοῦ ἔχει τὴν αὐτὴν διάταξιν μὲ τὸ θερμόμετρον διαστολῆς ὑγροῦ, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἡ φούσκα Α πληροῦται μερικῶς ἀπὸ κατάλληλον ὑγρόν. Τὸ ὑγρὸν ποὺ χρησιμοποιεῖται πρέπει νὰ ἐξατμίζεται εὐκόλως. Μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας τῆς φούσκας προξενοῦν ἀντιστοίχους μεταβολὰς τῆς πιέσεως τοῦ ἀτμοῦ, ποὺ εὑρίσκεται ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ τῆς φούσκας. Αἱ μεταβολαὶ αὐταὶ τῆς πιέσεως μεταφέρονται εἰς τὸν σωλῆνα Β καὶ μετατρέπονται εἰς μετακινήσεις τοῦ δείκτου Δ.

Μὲ τὸ θερμόμετρον πιέσεως ἀτμοῦ καὶ μὲ κατάλληλον ἐκλογὴν τοῦ ὑγροῦ δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν θερμοκρασίας ἀπὸ -50^0 C μέχρι 260^0 C. Χρησιμοποιούμενα ὑγρὰ 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 ἄζωτον. Ἡ περιοχὴ θερμοκρασιῶν, ποὺ μετροῦνται μὲ τὸ θερμόμετρον αὐτό, εἶναι ἀπὸ −268° C μέχρις 650° C.

Γενικῶς, τὰ θερμόμετρα ποὺ ἐξητάσαμεν 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 ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως.

Ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τῶν θερμομέτρων αὐτῶν βασίζεται εἰς τὸ φαινόμενον αὐξήσεως τῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως ἀγωγοῦ μὲ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας.

Ὁ ἀγωγός, ὑπὸ μορφὴν πηνίου, τοποθετεῖται ἐντὸς προστατευτικοῦ σωληνωτοῦ περιβλήματος καὶ οἱ ἀκροδέκται τοῦ πηνίου συνδέονται πρὸς ὠμόμετρον, συνήθως πρὸς γέφυραν Γουΐτστον (Wheatstone). Αἱ μεταβολαὶ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ ἀπὸ κατάλληλον βαθμονόμησιν τοῦ ὀργάνου ἀνταποκρίνονται εἰς μεταβολὰς τῆς θερμοκρασίας. Ἔτσι, εἰς κάθε ἔνδειξιν τοῦ ὠμομέτρου ἀντιστοιχεῖ ὡρισμένη θερμοκρασία. Τὸ πηνίον κατασκευάζεται ἀπὸ σύρμα χαλκοῦ, νικελίου ἢ λευκοχρύσου (πλατίνας). Τὰ θερμόμετρα μὲ πηνίον ἀπὸ χαλκὸν ἢ νικέλιον χρησιμοποιοῦνται διὰ μέτρησιν θερμοκρασιῶν ἀπὸ 65° C μέχρι 260° C, ἐνῶ ὅσα ἔχουν πηνίον ἀπὸ λευκόχρυσον χρησιμοποιοῦνται ἀπὸ −212° C μέχρι 540° C.

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

5) Θερμοηλεκτρικὰ πυρόμετρα.

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

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

α) Τὸ *θερμοηλεκτρικὸν ζεῦγος*, δηλαδὴ δύο σύρματα διαφορετικῶν μετάλλων ἢ κραμάτων, ποὺ ἔχουν συγκολληθῆ, χωρὶς ὅμως νὰ χρησιμοποιηθῆ 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 ὀξείδωσιν καὶ διάβρωσιν.

δ) Τοὺς *συνδετικοὺς ἀγωγούς*.

ε) Κατάλληλον *γαλβανόμετρον* (μιλλιβολτόμετρον) ἢ καταγραφικὸν ὄργανον, πρὸς τὸ ὁποῖον συνδέονται τὰ ἄκρα τοῦ θερμοηλεκτρικοῦ ζεύγους (ψυχρὰ σύνδεσις).

Ἡ ἀρχὴ τοῦ πυρομέτρου αὐτοῦ εἶναι ἡ ἑξῆς:

Ἔστω, ὅτι δύο σύρματα ἀπὸ διαφορετικὰ μέταλλα ἢ κράματα συγκολλῶνται μεταξύ των καὶ κατὰ τὰ δύο των ἄκρα. Ἐὰν ἡ μία σύνδεσις (θερμὴ σύνδεσις) θε-

μανθῆ εἰς θερμοκρασίαν ὑψηλοτέραν τῆς ἄλλης (ψυχρὰ σύνδεσις), τότε εἰς τὸ κλειστὸν ἠλεκτρικὸν κύκλωμα, ποὺ σχηματίζουν τὰ σύρματα, ἀναπτύσσεται ὡρισμένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις (ἠλεκτρικὴ τάσις). Ἐὰν τώρα ἀποκολληθοῦν τὰ σύρματα εἰς τὴν θέσιν τῆς ψυχρᾶς συνδέσεως καὶ συνδεθοῦν εἰς τὰ ὅρια εὐαισθήτου γαλβανομέτρου, ἱκανοῦ νὰ μετρήση χιλιοστὰ τοῦ βόλτ (mV), τότε τοῦτο θὰ μετρήση τὴν συνολικὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τοῦ κυκλώματος, ποὺ ὀφείλεται εἰς τὴν θερμὴν σύνδεσιν. Ἔχει εὑρεθῆ ἐπίσης ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ποὺ μετρεῖται ἀπὸ τὸ γαλβανόμετρον, αὐξάνεται, ὅσον ἡ θερμοκρασία τῆς θερμῆς συνδέσεως αὐξάνεται.

Ἡ ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς φαίνεται παραστατικῶς εἰς τὸ σχῆμα 19 · 1 β.

Διὰ τὴν σύνδεσιν τοῦ θερμοηλεκτρικοῦ ζεύγους μὲ τὸ ὄργανον χρησιμοποιοῦνται συνήθως ἀγωγοὶ ἀπὸ χαλκόν, διότι τὰ σύρματα τῶν περισσοτέρων θερμοηλεκτρικῶν ζευγῶν εἶναι πολὺ ἀκριβὰ καὶ τὸ ὄργανον τοποθετεῖται μακρὰν τοῦ ζεύγους.

Τὰ μέταλλα ἢ κράματα, ποὺ χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰς τὰ θερμοηλεκτρικὰ ζεύγη, καὶ τὰ χαρακτηριστικά των, δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 19 · 1 · 1.

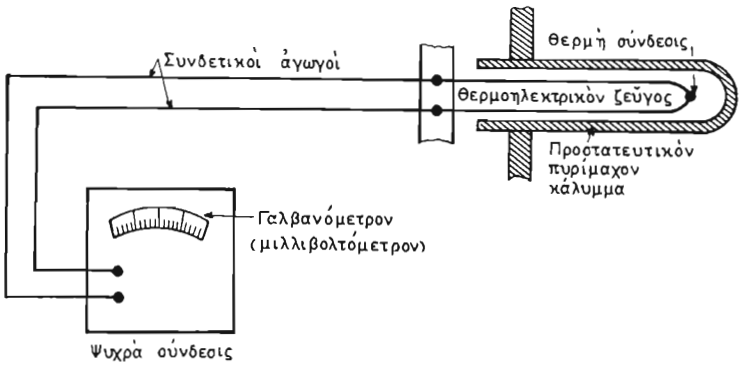
ΠΙΝΑΞ 19 · 1 · 1

Χαρακτηριστικὰ συνήθων θερμοηλεκτρικῶν ζευγῶν

Θερμοηλεκτρικὸν ζεῦγος	Χημικὴ σύνθεσις [%]		Περιοχὴ θερμοκρασίας [°C]	Μεγίστη θερμοκρασία λειτουργίας* [°C]
Χαλκὸς - Κονσταντὰν	Καθαρὸς χαλκὸς Cu	Κονσταντὰν Cu : 60 Ni : 40	−200 ἕως 300	600
Σίδηρο - Κονσταντὰν	Καθαρὸς σίδηρος Fe	Κονσταντὰν Cu : 60 Ni : 40	−200 ἕως 750	1000
Χρωμὲλ - Ἀλουμὲλ	Χρωμὲλ Ni : 90 Cr : 10	Ἀλουμὲλ Ni : 95 Al : 2 Mn : 3	−200 ἕως 1200	1350
Λευκόχρυσος - Λευκόχρυσος, ρόδιον	Καθαρὸς λευκόχρυσος Pt	Λευκόχρυσος-ρόδιον: Pt : 90 Rh : 10	0 ἕως 1450	1700

* Τὸ θερμοηλεκτρικὸν ζεῦγος δύναται νὰ ἐκτεθῆ εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν ἐπὶ μικρὸν χρονικὸν διάστημα

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



Σχ. 19 · 1 β.
Διάταξις ἁπλοῦ θερμοηλεκτρικοῦ πυρομέτρου.

Τὰ ἐνδεικτικὰ ὄργανα τῶν θερμοηλεκτρικῶν πυρομέτρων συνήθως βαθμονομοῦνται εἰς βαθμοὺς Κελσίου ἢ καὶ Φαρενάιτ. Πάντοτε πρέπει νὰ ἔχωμεν κατὰ νοῦν, ὅτι ἡ βαθμονόμησις αὐτὴ ἰσχύει δι' ὡρισμένον θερμοηλεκτρικὸν ζεῦγος καὶ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα (σχ. 19 · 1 β).

6) Πυρόμετρα ἀκτινοβολίας.

Εἰς τὴν πρᾶξιν, συχνὰ χρειάζεται νὰ μετρήσωμεν πολὺ ὑψηλὰς θερμοκρασίας ποὺ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ μετρηθοῦν μὲ τὰ πυρόμετρα ποὺ ἔχομεν ἤδη περιγράψει. Ἐπίσης συχνὰ ἀπαιτεῖται ἡ μέτρησις θερμοκρασιῶν ἐπιφανειῶν, εἰς τὰς ὁποίας δὲν εἶναι δυνατὴ ἡ τοποθέτησις τῶν γνωστῶν θερμοηλεκτρικῶν ζευγῶν.

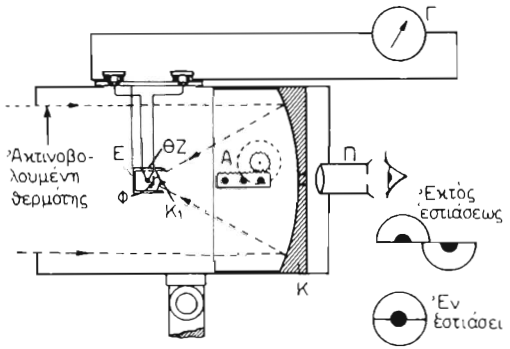
Αἱ δυσκολίαι αὐταὶ ἀντιμετωπίζονται μὲ τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ λεγομένου *πυρομέτρου ἀκτινοβολίας*, τὸ ὁποῖον δὲν χρειάζεται νὰ εὑρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν θερμὴν ἐπιφάνειαν, τῆς ὁποίας πρόκειται νὰ μετρήσωμεν τὴν θερμοκρασίαν. Τὸ πυρόμετρον αὐτὸ βασίζεται: α) Εἰς τὴν ἀρχὴν (Νόμος Stefan - Boltzmann),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

Τυπικὸν πυρόμετρον αὐτοῦ τοῦ εἴδους εἶναι τὸ γνωστὸν πυρόμετρον τοῦ Féry (σχ. 19 · 1 γ). Εἶναι εἶδος τηλεσκοπίου, ποὺ δέχεται τὴν ἀντινοβολουμένην θερμότητα ἀπὸ ὀπὴν τοῦ κλιβάνου καὶ ποὺ μὲ τὴν βοήθειαν κοίλου κατόπτρου Κ

τὴν συγκεντρώνει εἰς θερμοηλεκτρικὸν ζεῦγος ΘΖ. Τὸ θερμοηλεκτρικὸν ζεῦγος εὑρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μὲ μικρὸν φύλλον πλατίνης Φ μαυρισμένον μὲ αἰθάλην, ὥστε ὅλη ἡ θερμότης, ποὺ ἀντανακλᾶται ἀπὸ τὸ κοῖλον κάτοπτρον, νὰ ἀπορροφᾶται 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' εὐθεῖαν ἀκτινοβολουμένην θερμότητα μὲ κατάλληλον «γυαλισμένον» ἐμπόδιον Ε. Κατὰ τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ πυρομέτρου αὐτοῦ τὸ τηλεσκόπιον κατευθύνεται πρὸς τὴν διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν ὑπάρχουσαν ὀπὴν εἰς τὴν θύραν ἢ τὸ τοίχωμα τοῦ κλιβάνου.



Σχ. 19 · 1 γ.

Ἡ ἑστίασις τοῦ κατόπτρου Κ ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Π, ποὺ προσβλέπει εἰς τὰ δύο κάτοπτρα K_1, ποὺ ἀνακλοῦν τὴν εἰκόνα τῆς ὀπῆς.

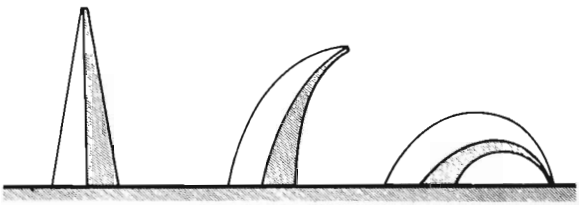
Τὸ κοῖλον κάτοπτρον Κ ρυθμίζεται μὲ τὸν ἀτέρμονα καὶ ὁδοντωτὸν τροχὸν Α, μέχρις ὅτου συμπέσουν τὰ δύο ἡμίση τοῦ εἰδώλου (τῆς ὀπῆς), ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 19 · 1 γ.

7) Δεῖκται θερμοκρασίας τοῦ Seger.

Οἱ δεῖκται αὐτοὶ εἶναι τριγωνικαὶ ὀρθαὶ πυραμίδες ἀπὸ ὑλικά, ποὺ τήκονται εἰς ὡρισμένην γνωστὴν διὰ τὸ καθένα θερμοκρασίαν. Αἱ πυραμίδες αὐταὶ παραμορφώνονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 19 · 1 δ. Κατασκευάζονται ἀπὸ μίγματα καολίνου, ἀνθρακικοῦ νατρίου, ὀξειδίου τοῦ σιδήρου καὶ ἄλλων.

Ἡ σύνθεσις τῶν πυραμίδων ἐπιτρέπει, ὥστε νὰ τήκωνται διαδοχικῶς ἀνὰ 10^0, 20^0, ἢ 50^0 C. Ἐπάνω εἰς πυρίμαχον πλάκα καὶ εἰς κατάλληλον θέσιν πρὸς παρατήρησιν ἐντὸς τοῦ κλιβάνου τοποθετοῦμεν ἀριθμὸν πυραμίδων μὲ σημεῖα τήξεως πλησίον τῆς θερμοκρασίας, τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ μετρήσωμεν. Ἡ 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 (50^0 C περίπου) ἐκείνης, ἡ ὁποία προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γραμμὴν NS ἢ A_3 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 ὡρισμένον χρονικὸν διάστημα διὰ νὰ ἀποκτήση ὁμοιόμορφον θερμοκρασίαν καὶ

γ) εἰς ἤρεμον ἀπόψυξίν του, συνήθως ἐντὸς τοῦ ἰδίου τοῦ κλιβάνου ἀνοπτήσεως. Ἡ ἀπόψυξις συνεχίζεται μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

Ὁ ἀνωπτημένος χάλυψ θεωρεῖται ὅτι ἀνταποκρίνεται πρὸς τὸν χάλυβα *φυσιολογικῆς καταστάσεως*, ὅπως λέγομεν, δηλαδὴ ὅπως λαμβάνεται μὲ ἤρεμον ἀπόψυξιν ἀπὸ τῆς ρευστῆς του καταστάσεως, χωρὶς νὰ ὑποστῆ περαιτέρω οὐδεμίαν θερμικὴν ἢ μηχανικὴν κατεργασίαν.

Ἡ ἀνόπτησις ἔχει σκοπόν:

— Νὰ καταστήση τὸν χάλυβα *μαλακόν, ὁμοιογενῆ* καὶ *λεπτόκοκκον*.

— Νὰ τὸν ἀπαλλάξη ἀπὸ τυχὸν *ἐσωτερικὰς τάσεις* καὶ

— νὰ βελτιώση τὴν *κατεργαστικότητά* του.

Λέγοντες *κατεργαστικότητα* μετάλλου ἢ κράματος, ἐννοοῦμεν τὸ πόσον εὐκόλως δύναται τὸ μέταλλον ἢ κρᾶμα νὰ ὑποστῆ κατεργασίαν μὲ κοπήν, δηλαδὴ μὲ τόρνευσιν, πλάνισμα, φραιζάρισμα κ.λπ.

Δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι ἡ ἀνόπτησις προσδίδει ἐν γένει εἰς τὸν χάλυβα τὴν περίπου *φυσιολογικήν του κατάστασιν*, ἡ ὁποία ἔχει ἀλλάξει ἐξ αἰτίας μηχανικῶν ἢ θερμικῶν κατεργασιῶν ἢ ἄλλων λόγων (θερμηλασία, χύτευσις, βαφή, ὑπερθέρμανσις κ.λπ). Καὶ τοῦτο, ἐφ' ὅσον ἡ ἀλλαγὴ αὐτὴ δὲν ἔλαβε μορφὴν ἀτυχήματος, ὅπως π.χ. συμβαίνει κατὰ τὴν καῦσιν τοῦ χάλυβος, ὅπως θὰ ἀναφέρωμεν κατωτέρω. Ἔτσι, ὁ βαμμένος εὐτηκτοειδὴς χάλυψ, ποὺ ἀποκτᾶ κρυσταλλικὴν δομὴν μαρτενσίτου (παράγρ. 18 · 2), εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπανέλθῃ μετὰ ἀπὸ ἀνόπτησιν εἰς τὴν φυσιολογικήν του δομήν, δηλαδὴ εἰς τὴν δομὴν τοῦ περλίτου.

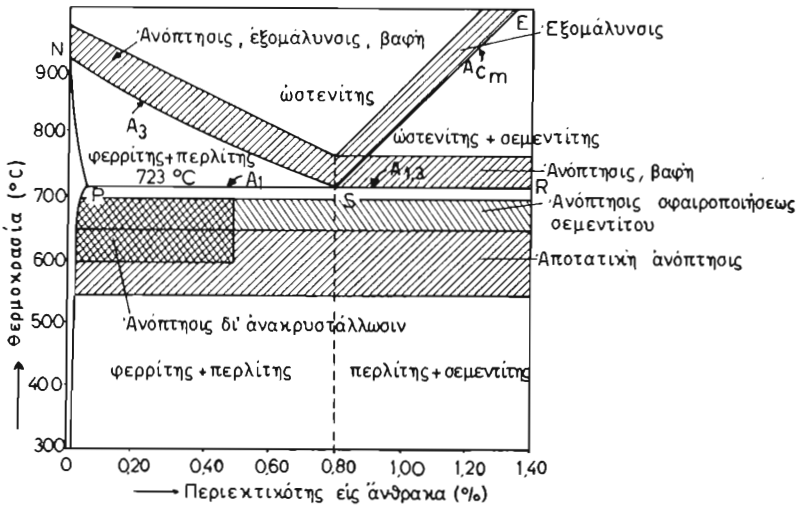
Ἐπίσης, ὁ χυτοχάλυψ, ποὺ συνήθως γίνεται χονδρόκοκκος, ἂν χυτευθῇ εἰς τύπους (καλούπια) ἄμμου, λόγω τῆς μικρᾶς ταχύτητος ἀποψύξεως γίνεται λεπτόκοκκος καὶ μὲ καλυτέρας μηχανικὰς ἰδιότητας μετὰ ἀπὸ ἀνόπτησιν.

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

1) Θέρμανσις τοῦ χάλυβος.

Οἱ ὑποευτηκτοειδεῖς χάλυβες [π(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 εἶναι 0,30 %, ἡ θερμοκρασία ἀνοπτήσεως θὰ εἶναι περίπου 890⁰ C, ἐνῶ, ἂν εἶναι 0,60 %, ἡ ἀνόπτησις θὰ πρέπει νὰ γίνῃ εἰς 830⁰ C. Οἱ ὑπερευτηκτοειδεῖς χάλυβες [π(C) ⩾ 0,80 %] θὰ ἔπρεπε 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 εἶναι πολὺ ὑψηλαὶ καὶ ὁ χάλυψ γίνεται χονδρόκοκκος, πρᾶγμα ποὺ εἶναι δυσμενὲς διὰ τὰς μηχανικάς του ἰδιότητας. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἡ θερμοκρασία ἀνοπτήσεως τῶν χαλύβων αὐτῶν εἶναι περίπου κατὰ 50⁰ C ἀνωτέρα τῶν 723⁰ C (θερμοκρασία εὐτηκτοειδοῦς σημείου), δηλαδὴ κατὰ προσέγγισιν 770⁰ 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, ἐξομαλύνσεως καὶ βαφῆς τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων (Τὸ διάγραμμα εἶναι 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 ὑπ' ὄψει μας τὰ ἀκόλουθα:

α) Ἀπότομος θέρμανσις προκαλεῖ ταχεῖαν διαστολὴν τῆς ἐπιφανείας τοῦ τεμαχίου, ἰδιαιτέρως εἰς τεμάχια μεγάλης διατομῆς, ἐνῶ ὁ πυρὴν τοῦ τεμαχίου, λόγω σοβαρᾶς διαφορᾶς θερμοκρασίας, διαστέλλεται ὀλιγώτερον. Ἡ μεγάλη αὐτὴ διαφορὰ διαστολῆς προκαλεῖ τὴν ἀνάπτυξιν ἰσχυρῶν ἐσωτερικῶν τάσεων, αἱ ὁποῖαι εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα στρέβλωσιν τοῦ τεμαχίου ἢ ἀκόμη καὶ θραῦσιν του. Πρέπει κατὰ συνέπειαν ἡ ταχύτης θερμάνσεως νὰ εἶναι χαμηλή, κυρίως ὅταν θερμαίνωμεν βαμμένα τεμάχια. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι ἀπαραίτητος προθέρμανσις πρὸς ἀποφυγὴν στρεβλώσεων καὶ ρωγμῶν.

β) Ὁ χρόνος θερμάνσεως πρέπει νὰ εἶναι τόσος, ὅσος χρειάζεται διὰ νὰ

ἀποκτήση τὸ τεμάχιον ὁμοιόμορφον θερμοκρασίαν εἰς ὅλην του τὴν μᾶζαν, καθὼς ἐπίσης καὶ κρυσταλλικὴν δομὴν ὡστενίτου.

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 ἕως 30 min διὰ κάθε 10 mm πάχους διατομῆς.

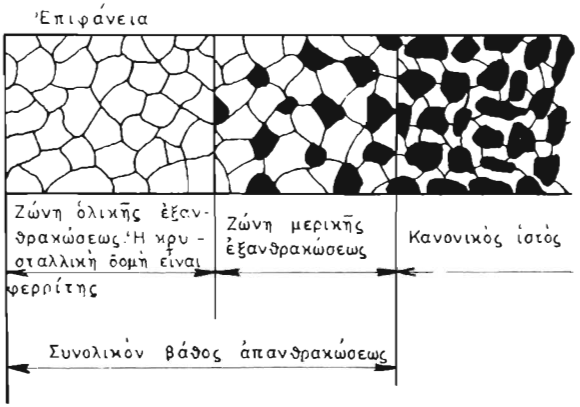
γ) Κατὰ τὴν θέρμανσιν τεμαχίων ἐκ χάλυβος εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, ἡ ἐπιφάνειά των ὀξειδώνεται (σχηματίζεται σκωρία) ταχέως μὲ δυσμενῆ ἀποτελέσματα διὰ τὴν μετέπειτα χρῆσιν τῶν τεμαχίων. Τὴν ὀξείδωσιν δυνάμεθα νὰ ἀποφύγωμεν ὡς ἑξῆς:

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

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

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

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



Σχ. 19·2 β.
Σχηματικὴ παράστασις κρυσταλλικῆς δομῆς ἐξηνθρακωμένου χάλυβος.

Ὑπὸ τὰς ἰδίας συνθήκας θερμάνσεως εἶναι δυνατὸν νὰ καῇ ὁ ἄνθραξ τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος τῶν τεμαχίων ἐν ὅλῳ ἢ ἐν μέρει καὶ εἰς ὡρισμένον βάθος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι ὁ χάλυψ *ἐξανθρακώνεται*. Εἰς τὸ σχῆμα 19·2 β φαίνεται ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος ἐξηνθρακωμένου χάλυβος. Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς ἐξανθρακώσεως τοῦ χάλυβος λαμβάνονται ἀνάλογα μέτρα, ὅπως καὶ πρὸς ἀποφυγὴν τῆς ὀξειδώσεως. Ἡ ὀξείδωσις καὶ ἡ ἐξανθράκωσις γίνονται συγχρόνως. Ἐὰν ἡ ταχύτης ὀξειδώσεως εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα

ἐξανθρακώσεως, τότε σχηματίζεται ἐπιφανειακῶς λεπτὸν στρῶμα ὀξειδίου τοῦ σιδήρου καὶ κάτωθεν αὐτοῦ ὁ χάλυψ ἔχει τὴν κανονικήν του σύνθεσιν. Ἐὰν συμβαίνῃ τὸ ἀντίθετον, δηλαδὴ ἂν ἡ ταχύτης ἐξανθρακώσεως εἶναι μεγαλυτέρα, τότε ὁ χάλυψ χάνει ἐπιφανειακῶς τὸν ἄνθρακά του καὶ παραμένει ὡς φερρίτης.

δ) Ἐὰν τὰ πρὸς ἀνόπτησιν τεμάχια θερμανθοῦν εἰς θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τῆς θερμοκρασίας ἀνοπτήσεως, ὅπως τὴν ἔχομεν ὁρίσει, τότε ὁ ἱστός των γίνεται *χονδρόκοκκος* καὶ συνεπῶς *εὔθραυστος* καὶ μάλιστα τόσον περισσότερον, ὅσον ἡ θερμοκρασία αὐτὴ εἶναι ὑψηλοτέρα καὶ ὁ χρόνος παραμονῆς των εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν μακρότερος. Τότε λέγομεν ὅτι ὁ χάλυψ *ὑπερθερμαίνεται*. Τὰ ἀποτελέσματα τῆς ὑπερθερμάνσεως ἐξαφανίζονται μὲ τὴν θερμικὴν κατεργασίαν τῆς *ἀναγεννήσεως τῶν κόκκων*. Κατ' αὐτὴν ὁ ὑπερθερμανθεὶς χάλυψ ὑφίσταται βαφήν, καὶ ἀκολούθως ἀνόπτησιν μίαν ἢ 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 ὅρια τῶν κόκκων σχηματίζεται εὔθραυστον ὀξείδιον τοῦ σιδήρου. Τὸ μέγεθος τῶν κόκκων αὐξάνεται πάρα πολὺ καὶ ὁ χάλυψ γίνεται ἐξαιρετικῶς εὔθραυστος καὶ ἀκατάλληλος πρὸς χρῆσιν.

2) Ἀπόψυξις τοῦ χάλυβος.

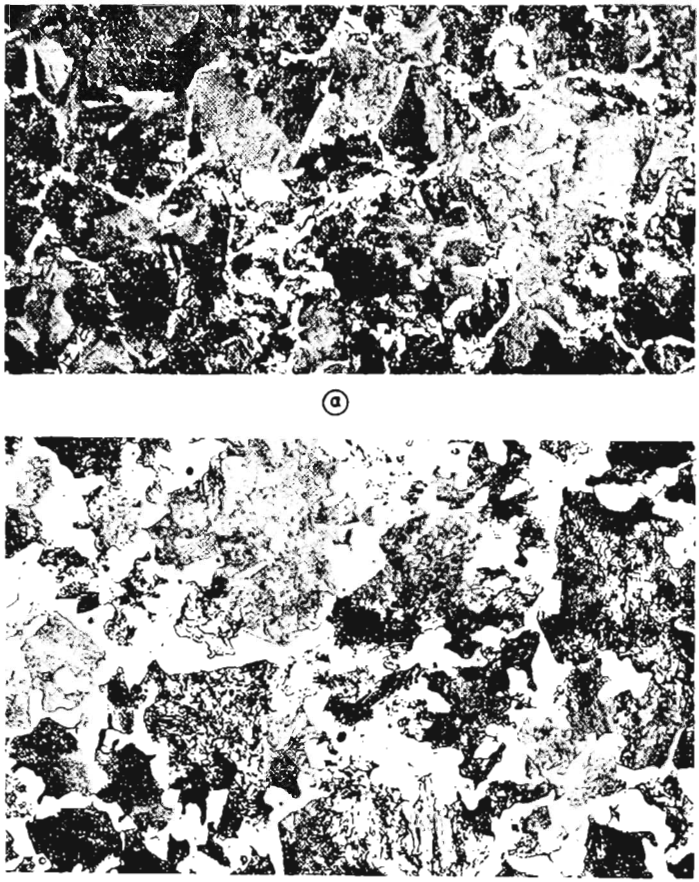
Τὰ τεμάχια μετὰ τὴν παραμονή των ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἀνοπτήσεως ἀφήνονται νὰ ἀποψυχθοῦν βραδύτατα ἐντὸς τῆς ἰδίας καμίνου μέχρι συνήθως τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

Γενικῶς ἡ ἀνόπτησις εἶναι θερμικὴ κατεργασία, ἡ ὁποία χρειάζεται μέγα χρονικὸν διάστημα διὰ νὰ ἐκτελεσθῇ καὶ κατὰ συνέπειαν τὸ κόστος της εἶναι ὑψηλόν. Ἡ μείωσις τοῦ χρόνου ἀποψύξεως εἶναι δυνατή, ἂν τὰ πρὸς ἀνόπτησιν τεμάχια ἐξαχθοῦν ἀπὸ τὴν κάμινον ἀνοπτήσεως μετὰ τὸ σημεῖον 1' (σχ. 18 · 3, παράγρ. 18 · 3) καὶ ἀφεθοῦν εἰς τὸν ἐλεύθερον, ἤρεμον ἀέρα πρὸς πλήρη ἀπόψυξιν.

19 · 3 Ἐξομάλυνσις.

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

18·3]. Λόγω τῆς μεγαλυτέρας ταχύτητος ἀποψύξεως, ὁ χάλυψ μετὰ τὴν ἐξομάλυνσιν εἶναι περισσότερον λεπτόκοκκος.



Σχ. 19·3.

Κρυσταλλικὴ δομὴ ἀνθρακούχου χάλυβος μὲ π(C) = 0,60% μὲ μεγέθυνσιν · 500: (α) Μετὰ ἐξομάλυνσιν: Λεπτοὶ κόκκοι περλίτου περιβαλλόμενοι ἀπὸ πλέγμα φερρίτου (λευκὸν χρῶμα). (β) Μετὰ ἀνόπτησιν: Χονδροὶ κόκκοι περλίτου μετὰ κόκκων φερρίτου (λευκὸν χρῶμα). Ὀλιγώτερον ὁμοιογενὴς ὁ κρυσταλλικὸς ἱστός.

Εἰς τὸ σχῆμα 19·3 δίδονται μικροφωτογραφίαι τοῦ ἰδίου

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

ΠΙΝΑΞ 19 · 3 · 1

Μηχανικαὶ ἰδιότητες ἀνθρακούχων χαλύβων μετὰ ἀνόπτησιν καὶ ἐξομάλυνσιν

	Περιεκτικότης εἰς ἄνθρακα [%]	Ὅριον διαρροῆς σ_Δ [kp/mm²]	Ὅριον θραύσεως σ_B [kp/mm²]	Ἐπιμήκυνσις θραύσεως A [%]	Σκληρότης Brinell H_B [kp/mm²]
Μετὰ ἀνόπτησιν	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 ἐξομάλυνσιν	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 ἐξομάλυνσις 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 ἰδιότητας.

δ) Νὰ βελτιώσῃ τὴν κατεργαστικότητα, ἰδιαιτέρως τῶν χαλύβων ποὺ ἔχουν χαμηλὴν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα καὶ

ε) νὰ ἀφαιρέσῃ τυχὸν ἐσωτερικὰς τάσεις.

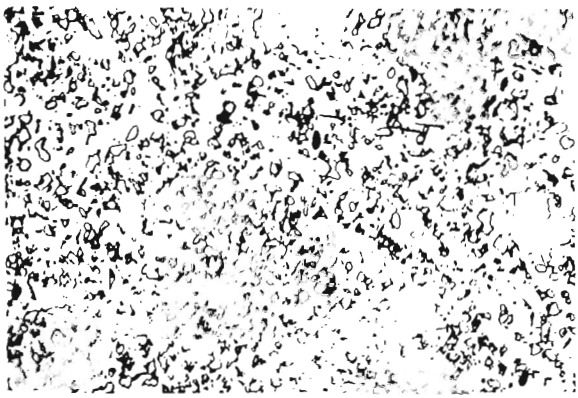
Χρησιμοποιεῖται κυρίως εἰς τεμάχια, ποὺ ἔχουν ὑποστῆ θερμηλασίαν (Κεφάλ. 13) πρὸ τῆς μηχανικῆς των κατεργασίας, καθὼς ἐπίσης καὶ εἰς χυτοχαλύβδινα ἢ ὑπερθερμανθέντα τεμάχια.

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

βων, ὅπου ἀκολουθεῖται ἡ γραμμὴ SE. Ἐπίσης ἡ θέρμανσις τῶν τεμαχίων γίνεται ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἀνόπτησιν, λαμβάνονται δὲ τὰ αὐτὰ προφυλακτικὰ μέτρα. Ἡ ἐξομάλυνσις ἐνίοτε ἀκολουθεῖται ἀπὸ ἀνόπτησιν εἰς 600^0 C ἕως 680^0 C πρὸς ἐλάττωσιν τῆς σκληρότητος κυρίως χαλύβων μὲ μεγάλην περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα.

19 · 4 Ἀνόπτησις σφαιροποιήσεως σεμεντίτου.

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



Σχ. 19 · 4.

Ἀνθρακοῦχος χάλυψ μὲ π(C) = 0,94% μετὰ ἀνόπτησιν σφαιροποιήσεως σεμεντίτου μὲ μεγέθυνσιν × 500. Ὁ σφαιροποιημένος σεμεντίτης εἰς βάθος (φόντο) φερρίτου.

Ἡ κατεργασία συνίσταται εἰς παρατεταμένην θέρμανσιν τοῦ χάλυβος εἰς θερμοκρασίαν ὀλίγον κάτω τῶν 723^0 C (κατώτερον κρίσιμον σημεῖον), συνήθως μεταξὺ 650^0 C καὶ 700^0 C (σχ. 19 · 2 α). Μετὰ τὴν θέρμανσιν ἀκολουθεῖ ἤρεμος ἀπόψυξις.

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

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

Ἡ κρυσταλλικὴ αὐτὴ μορφὴ προσδίδει εἰς τὸν χάλυβα καλὴν κατεργαστικότητα καὶ καλὴν ἐπίσης πλαστικότητα. Τὸ πλεῖστον τῶν χαλύβων ἐργαλείων, μετὰ τὴν θερμηλασίαν πρὸς διαμόρφωσιν τῆς ἐπιθυμητῆς μορφῆς ὑφίσταται 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 ἐξαφανίσῃ τὰ ἀποτελέσματα τῆς σκληρώσεως τοῦ χάλυβος μετὰ συνήθως ἀπὸ ψυχρηλασίαν (Κεφάλ. 10). Ἐφαρμόζεται εἰς χάλυβας μὲ μικρὰν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα. Ἐκτελεῖται εἰς θερμοκρασίαν ἀπὸ 600^0 C ἕως 700^0 C (σχ. 19 · 2 α), δηλαδὴ ἀνωτέραν ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν ἀνακρυσταλλώσεως, ποὺ διὰ τὸν καθαρὸν σίδηρον εἶναι 480^0 C περίπου καὶ ὁπωσδήποτε χαμηλοτέραν τοῦ κατωτέρου κρισίμου σημείου (723^0 C, γραμμὴ PS τοῦ σχ. 19 · 2 α).

Ὁ μηχανισμὸς τῆς ἀνακρυσταλλώσεως ἀνεπτύχθη λεπτομερῶς εἰς τὸ Κεφάλαιον 12.

Τὸ τεμάχιον θερμαίνεται ἐπὶ ἀρκετὸν χρόνον, ὥστε ἡ ὅλη μᾶζα του νὰ ἀποκτήσῃ ὁμοιόμορφον 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 550^0 C καὶ 650^0 C (σχ. 19 · 2 α) καὶ βραδεῖαν ἀπόψυξιν μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

Σκοπὸς τῆς θερμικῆς αὐτῆς κατεργασίας εἶναι ἡ ἐξάλειψις 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

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ποὺ δημιουργοῦν 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 ὑψηλῆς περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα) θερμαίνεται εἰς θερμοκρασίαν ὀλίγον ὑψηλοτέραν (κατὰ περίπου 40^0 C) ἐκείνης, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν γραμμὴν NS ἢ A_3 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 ὑψηλὴν σκληρότητα καὶ χαμηλὴν δυσθραυστότητα.

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

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

A. **Θέρμανσις τοῦ χάλυβος.**

Ὁ χάλυψ θερμαίνεται πρὸς βαφήν, ἀφοῦ προηγουμένως ἀνοπτηθῇ, 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 εἶναι ἐπικίνδυνοι κατὰ τὴν βαφὴν καὶ δυνατὸν νὰ προκαλέσουν καὶ ρωγμὰς ἀκόμη εἰς τὸ τεμάχιον.

Οἱ ὑποευτηκτοειδεῖς χάλυβες [π(C) $<$ 0,80 %] θερμαίνονται κατὰ 40^0 C ἄνωθεν τοῦ ἀνωτέρου κρισίμου σημείου των (γραμμὴ NS ἢ A_3 τοῦ διαγράμματος τοῦ σχ. 19 · 2 α). Κατὰ τὴν βαφὴν τῶν ὑπερευτη-

κτοειδῶν χαλύβων δὲν ἀκολουθοῦμεν τὴν γραμμὴν SE ἢ A_{cm} τοῦ διαγράμματος τῆς θερμικῆς ἰσορροπίας (σχ. 19 · 2 α). Δι' ὅλας τὰς περιεκτικότητας εἰς ἄνθρακα $\pi(C) \geqslant 0{,}80\,\%$, ἡ θερμοκρασία βαφῆς εἶναι σταθερὰ καὶ ἴση περίπου μὲ 760^0 C (723^0 C + 40^0 C περίπου).

Θέρμανσις ἄνω τῆς γραμμῆς SE θὰ εἶχεν ὡς ἐπακόλουθον αὔξησιν τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων τοῦ ὡστενίτου μὲ τὴν γνωστὴν χειροτέρευσιν τῶν μηχανικῶν ἰδιοτήτων τοῦ χάλυβος. Ἄλλο 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 ἁλάτων (παράγρ. 19 · 10).

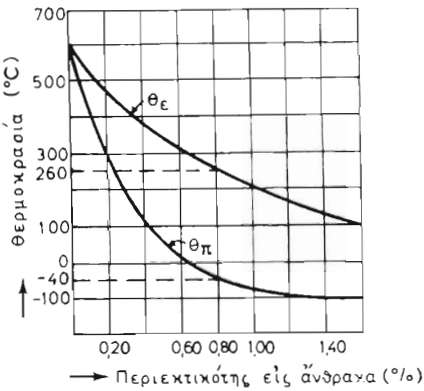
Ὅταν ὁ χάλυψ ἐκτεθῇ εἰς ὀξειδωτικὴν ἀτμόσφαιραν κατὰ τὴν εἰς τὸν κλίβανον θέρμανσίν του, σχηματίζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειάν του στρῶμα ἀπὸ σκωρίαν. Τὸ στρῶμα αὐτὸ τῆς σκωρίας εἶναι θερμομονωτικὸν καὶ κατὰ συνέπειαν κατὰ τὴν ἀπόψυξιν τοῦ τεμαχίου ἐλαττώνει τὸν ρυθμὸν ροῆς τῆς θερμότητος ἀπὸ τὸ τεμάχιον πρὸς τὸ λουτρὸν βαφῆς. Ἔτσι, εἶναι 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 ἀναφερθῇ καὶ διὰ τὴν ἀνόπτησιν.

Β. Ἀπόψυξις τοῦ χάλυβος.

Ὅπως μέχρι τώρα ἔχομεν ἀναφέρει, σπουδαῖος παράγων διὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῆς βαφῆς εἶναι ἡ ταχύτης ἀποψύξεως τοῦ τεμαχίου ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας τῆς βαφῆς (ὁ χάλυψ εἰς κατάστασιν ὡστενίτου) μέχρι τῆς θερμοκρασίας θ_π, ποὺ ὁλοκληρώνεται ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην (σχ. 18 · 3).

Αἱ θερμοκρασίαι ἐνάρξεως θ_ε καὶ πέρατος θ_π μετασχηματισμοῦ τοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων ἐξαρτῶνται ἐκ τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητός των, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ

σχῆμα 19 · 7 α. Ὁ εὐτηκτοειδὴς ἀνθρακοῦχος χάλυψ [π(C) = 0,80 %] ἔχει θερμοκρασίαν $\theta_\varepsilon = 260^0$ C καὶ $\theta_\pi = -40^0$ C, ὅπως προκύπτει ἐκ τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 19 · 7 α. Ὁ αὐτὸς χάλυψ ἀποψυχόμενος εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος, π.χ. τῶν 20^0 C, ἀποκτᾶ κρυσταλλικὴν δομὴν μαρτενσίτου μὲ ὡρισμένον ποσοστὸν ὑπολειπομένου ὡστενίτου (σχ. 18 · 2 α). Ὁ ὡστενίτης αὐτὸς παραμένει, διότι ἡ θερμοκρασία ἀποψύξεως τῶν 20^0 C εἶναι μεγαλυτέρα τῆς $\theta_\pi = -40^0$ C καὶ συνεπῶς ὁ ὡστενίτης δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ μετασχηματισθῆ πλήρως εἰς μαρτενσίτην.



Σχ. 19 · 7 α.
Σχέσις μεταξὺ θερμοκρασιῶν θ_ε, θ_π καὶ περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων.

Διὰ νὰ ἔχωμεν πλήρη βαφήν, πρέπει ἡ ταχύτης ἀποψύξεως νὰ ἀκολουθῆ τὴν καμπύλην ζ τοῦ σχήματος 18 · 3 (καμπύλη κρισίμου ταχύτητος βαφῆς), ἢ νὰ εὑρίσκεται πρὸς τὰ ἀριστερά της, ὅπως π.χ. ἡ καμπύλη ε.

Μὲ μικροτέραν ταχύτητα ἀποψύξεως θὰ ἔχωμεν μερικὴν βαφήν, ὅπως π.χ. εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς καμπύλης δ, ὁπότε σχηματίζεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος πλὴν τοῦ μαρτενσίτου καὶ λεπτόκοκκος περλίτης (παράγρ. 18 · 3).

Ἡ ταχύτης ἀποψύξεως ἐξαρτᾶται:

α) Ἀπὸ τὸ μέσον ψύξεως, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ λουτρὸν βαφῆς (φυσικαὶ ἰδιότητες καὶ θερμοκρασία), εἰς τὸ ὁποῖον ἐμβαπτίζεται τὸ πρὸς βαφὴν τεμάχιον διὰ νὰ ἀποψυχθῆ.

β) Ἀπὸ τὸν βαθμὸν ἀναταράξεως τοῦ λουτροῦ βαφῆς, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ κατὰ πόσον τὸ λουτρὸν βαφῆς εὑρίσκεται εἰς ἠρεμίαν ἢ ἀναταράσσεται καὶ

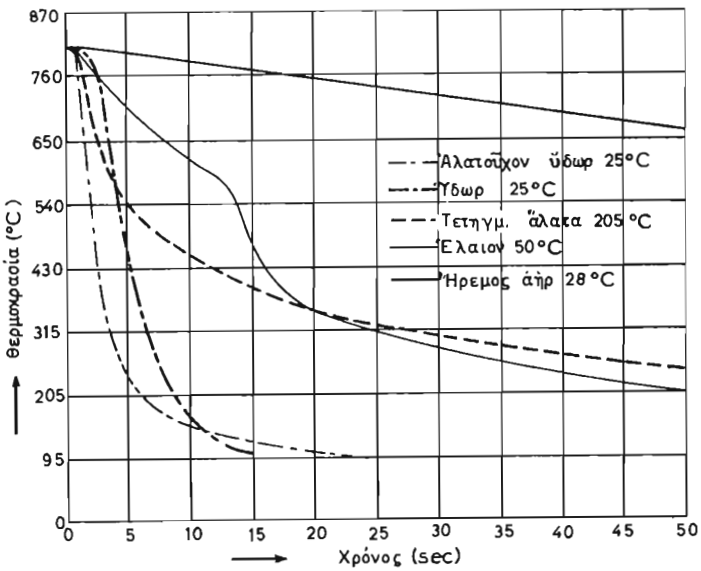
γ) ἀπὸ τὸ μέγεθος τῆς διατομῆς τοῦ τεμαχίου ποὺ βάφεται, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ κατὰ πόσον τὸ τεμάχιον εἶναι λεπτὸν ἢ χονδρόν.

Γ. **Λουτρὰ βαφῆς.**

Ὡς λουτρὰ βαφῆς χρησιμοποιοῦνται βιομηχανικῶς τὰ ἀκόλουθα, μὲ ἐλαττουμένην κατὰ σειρὰν *δραστικότητα*. (*Δραστικότητα* λουτροῦ βαφῆς ὀνομάζομεν τὴν δυνατότητα ποὺ ἔχει τοῦτο νὰ ἀναπτύξῃ μεγάλην ἢ μικροτέραν ταχύτητα ἀποψύξεως εἰς τεμάχιον ὡρισμένων διαστάσεων καὶ σχήματος, ὅπως π.χ. εἰς κυλινδρικὸν τεμάχιον διαμέτρου 25 mm καὶ μήκους 100 mm):

— Ἁλατοῦχον ὕδωρ (διάλυμα ὕδατος καὶ 10% χλωριούχου νατρίου).
— Ὕδωρ.
— Τετηγμένα ἅλατα.
— Διαλύματα ὕδατος - ἐλαίου.
— Ἔλαια.
— Ἀὴρ ἐν ἠρεμίᾳ.

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 μήκους 75 mm διὰ διάφορα λουτρὰ βαφῆς.

Ἐὰν τὴν δραστικότητα τοῦ ὕδατος ὡς λουτροῦ βαφῆς εὑρισκομένου ἐν ἠρεμίᾳ καὶ εἰς θερμοκρασίαν 20° C ἐκφράσωμεν μὲ τὴν μονάδα (δηλαδὴ ὡς 1,0), τότε

ὁ Πίναξ 19 · 7 · 1 μᾶς δίδει τὴν σχετικὴν δραστικότητα ἄλλων λουτρῶν βαφῆς καὶ δι' ὡρισμένον βαθμὸν ἀναταράξεως ὡς πρὸς αὐτό. Ἀπὸ τὸν Πίνακα 19 · 7 · 1 βλέπομεν π.χ. ὅτι τὸ ἀλατοῦχον ὕδωρ ἐν ἠρεμίᾳ ἔχει περίπου 7 φορὰς μεγαλυτέραν δραστικότητα βαφῆς ἀπὸ τὸ ἔλαιον καὶ 2 φορὰς ἀπὸ τὸ ὕδωρ. Ἐπίσης τὸ ὕδωρ, μὲ μέγαν βαθμὸν ἀναταράξεως ὡς λουτρὸν βαφῆς ἔχει δραστικότητα 4 φορὰς μεγαλυτέραν ἀπὸ ὅ,τι, ὅταν εὑρίσκεται ἐν ἠρεμίᾳ.

ΠΙΝΑΞ 19 · 7 · 1

Σχετικὴ δραστικότης λουτρῶν βαφῆς διὰ διάφορον βαθμὸν ἀναταράξεως τοῦ λουτροῦ

Βαθμὸς ἀναταράξεως λουτροῦ	Ἀλατοῦχον ὕδωρ	Ὕδωρ	Ἔλαιον	Ἀήρ
Ἐν ἠρεμίᾳ	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 εἶναι χαμηλοτέρα ὁπωσδήποτε ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν πέρατος τοῦ μετασχηματισμοῦ τοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην (θ_π), διὰ νὰ ἔχωμεν πλήρη βαφήν.

Γενικῶς, μὲ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ λουτροῦ βαφῆς ἡ ταχύτης ἀποψύξεως μειοῦται διὰ τὸ ὕδωρ καὶ τὸ ἀλατοῦχον ὕδωρ. 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 ὄγκος του. Ἐπὶ πλέον, εἰς πολλὰς περιπτώσεις, εἰσάγονται εἰς τὸ λουτρὸν ψυκτικὰ στοιχεῖα διὰ τὸν ἔλεγχον τῆς θερμοκρασίας του. Ἐπίσης, εἶναι 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.

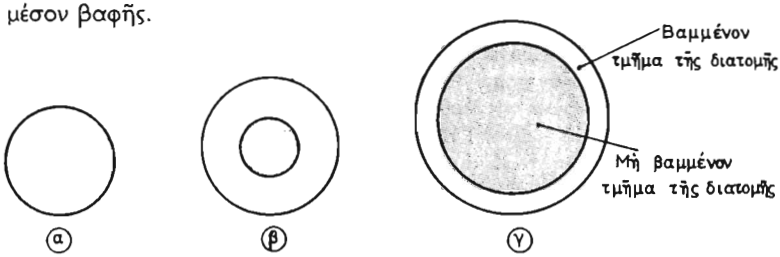
Δ. Ἐπίδρασις τοῦ μεγέθους τοῦ τεμαχίου.

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

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

ταχύτητος ἀποψύξεως, ἱστὸν μπαινίτου ἢ περλίτου, δηλαδὴ δὲν βάφεται. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζομεν *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 βαφὴν ἐλαττώνεται ταχέως, ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ τεμαχίου πρὸς τὸν πυρῆνα του. Τοῦτο δύναται νὰ ἀποφευχθῆ εἰς τὴν πρᾶξιν μὲ προσθήκην ξένων στοιχείων εἰς τὸν ἀνθρακοῦχον χάλυβα, ὁπότε 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 βαφῆ εἰς ὅλην του τὴν μᾶζαν, ἀκόμη καὶ ἐντὸς ἐλαίου, τὸ ὁποῖον εἶναι ἧπιον 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 ὁ πυρήν. γ) Μεγάλη διατομὴ → βαμμένη μόνον ἡ ἐπιφανειακὴ στιβάς, μὴ βαμμένον τὸ ὑπόλοιπον τοῦ τεμαχίου.

Ὅπως εἶναι φυσικόν, καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὑπάρχει ἕνα ὅριον μεγέθους διατομῆς τοῦ τεμαχίου· ἂν ὑπερβῶμεν τὸ ὅριον αὐτό, ἡ βαφὴ δὲν θὰ εἶναι πλήρης εἰς ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ τεμαχίου.

Ἐνδεικτικῶς ἀναφέρεται ὅτι ἀνθρακοῦχος χάλυψ μὲ π(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 εἶναι κατὰ πολὺ μαλακώτερον μετὰ τὴν βαφὴν καὶ εἰς τὴν ἐπιφάνειάν του καὶ εἰς τὸν πυρῆνα του ἐν σχέσει πρὸς τὸ τεμάχιον μὲ τὴν μικροτέραν διάμετρον τῶν 50 mm.

Ε. Ἀτυχήματα κατὰ τὴν βαφήν.

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

Εἰς τὰ βαφόμενα ὅμως τεμάχια παρατηροῦνται χαρακτηριστικὰ ἀτυχήματα, ποὺ κυρίως συμβαίνουν κατὰ τὴν ἀπόψυξιν καὶ ἐκ τῶν ὁποίων τὰ συνηθέστερα εἶναι τὰ ἑξῆς:

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

β) *Ἀνεπαρκὴς βαφή*, ὁπότε τὸ τεμάχιον δὲν ἀποκτᾷ τὴν σκληρότητα, ποὺ πρέπει νὰ ἀποκτήσῃ μετὰ ἀπὸ τὴν βαφήν· ἡ ἀνεπαρκὴς βαφὴ ἐλέγχεται μὲ μέτρησιν τῆς σκληρότητός του. Ὀφείλεται δὲ εἰς δύο κατὰ βάσιν αἰτίας:

— Εἰς δραστικότητα τοῦ λουτροῦ βαφῆς, μικροτέραν ἀπὸ ἐκείνην ποὺ χρειάζεται, ὅπως π.χ. ἐὰν τὸ λουτρὸν εἶναι ἀκάθαρτον καὶ

— εἰς θέρμανσιν εἰς κατωτέραν θερμοκρασίαν ἀπὸ τὴν ὡρισμένην θερμοκρασίαν βαφῆς διὰ κάθε χάλυβα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι δυνατὸν ἡ βαφὴ νὰ εἶναι ἐντελῶς ἀνεπαρκής. Διὰ τοῦτο χρειάζεται σχολαστικὸς ἔλεγχος τῆς θερμοκρασίας μὲ κατάλληλον πυρόμετρον.

Καὶ εἰς περιπτώσεις ἀνεπαρκοῦς βαφῆς ἀπαιτεῖται ἐπανάληψις τῆς βαφῆς, κατὰ κανονικὸν ὅμως τρόπον.

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

Ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει (παράγρ. 18 · 2), ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην κατὰ τὴν βαφὴν ἀκολουθεῖται ἀπὸ ἐξόγκωσιν τοῦ τεμαχίου, ἡ ὁποία δὲν εἶναι ὁμοιόμορφος λόγω τῆς διαφορᾶς θερμοκρασίας μεταξὺ ἐπιφανείας καὶ πυρῆνος, ἰδιαιτέρως εἰς τεμάχια μὲ μεγάλην διατομήν. Ἐπειδὴ ὁ μετασχηματισμὸς αὐτὸς γίνεται ταχέως καὶ εἰς χαμηλὴν θερμοκρασίαν ($\theta_ε$, $\theta_π$ 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 ἄλλαι, αἱ ὁποῖαι 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 εἶναι ἀρκετὴ νὰ τὰς ἐξαλείψῃ (ἀπαιτεῖται ἀνόπτησις τοῦ τεμαχίου πρὸ τῆς βαφῆς).

Ἐὰν αἱ ἐσωτερικαὶ τάσεις εἶναι ὑπερβολικαί, τότε προκαλοῦνται ρωγμαὶ εἰς τὸ τεμάχιον. Ἐὰν εἶναι μικροτέρου μεγέθους, τότε παρατηροῦνται στρεβλώσεις, ποὺ ἀλλάσσουν τὰς διαστάσεις τοῦ τεμαχίου.

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

Διὰ νὰ ἀποφεύγωνται ὑπερβολικαὶ τάσεις λαμβάνονται τὰ ἑξῆς 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 ὅσα ἀνεπτύξαμεν προηγουμένως, δημιουργοῦνται μεγαλύτεραι ἐσωτερικαὶ τάσεις.

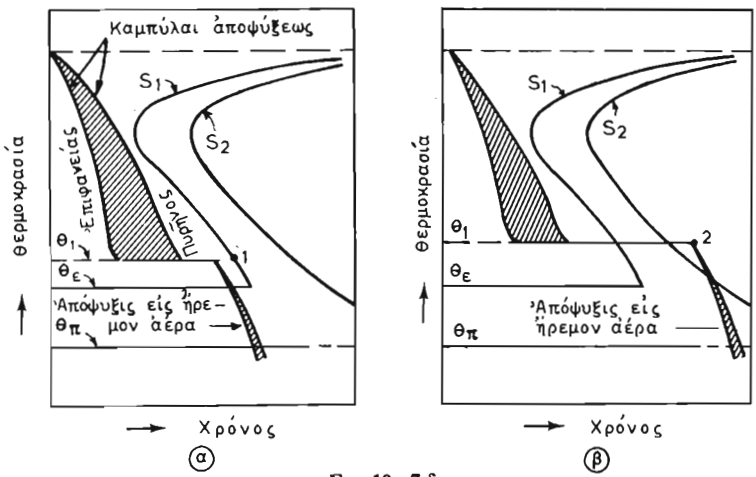
— Ἐκλέγομεν χαλυβόκραμα μὲ μικρὰν κρίσιμον ταχύτητα βαφῆς καὶ

— ἐφαρμόζομεν τὴν λεγομένην *κλιμακωτὴν βαφήν*, μὲ τὴν ὁποίαν 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 ἅλατος θερμοκρασίας θ_1 μεγαλυτέρας ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν θ_ε [σχ. 19 · 7 δ (α)]. Εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν τὸ τεμάχιον παραμένει τόσον, ὥστε νὰ μὴ προφθάση νὰ ἀρχίση ὁ μετασχη-



Σχ. 19 · 7 δ.

α) Κλιμακωτὴ μαρτενσιτικὴ βαφή. β) Κλιμακωτὴ μπαινιτικὴ βαφὴ (παράστασις εἰς διαγράμματα παρόμοια μὲ ἐκεῖνα 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 ἀποψυχθῆ μεταξὺ τῶν θερμοκρασιῶν θ_ε καὶ θ_π. Μὲ τὸ εἶδος αὐτὸ τῆς βαφῆς, τὸ τεμάχιον

ἀποκτᾶ ὁμοιόμορφον θερμοκρασίαν θ_1 εἰς κατάστασιν ὅμως ὠστενίτου καὶ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἡ ἐπιφάνεια καὶ ὁ πυρὴν τοῦ τεμαχίου μετασχηματίζονται συγχρόνως εἰς μαρτενσίτην, δηλαδὴ τὸ τεμάχιον βάφεται ὁμοιομόρφως.

Ζ. **Κλιμακωτὴ μπαινιτικὴ βαφή.**

Ἡ θερμικὴ αὐτὴ κατεργασία ἐκτελεῖται, ὅπως καὶ ἡ προηγουμένη, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὸ τεμάχιον παραμένει εἰς τὴν θερμοκρασίαν θ_1 ἐπὶ τόσον χρόνον, ὅσος χρειάζεται διὰ νὰ μετασχηματισθῇ ὁλοσχερῶς ὁ ὠστενίτης εἰς μπαινίτην ἢ λεπτόκοκκον περλίτην ἀναλόγως τῆς θερμοκρασίας θ_1 [σημεῖον 2, πέρα τῆς καμπύλης S_2 τοῦ σχήματος 19 · 7 δ (β)]. Ὅπως βλέπομεν, πρόκειται περὶ ἰσοθέρμου βαφῆς, ὅπως διεξοδικῶς τὴν ἀνελύσαμεν εἰς τὴν παράγραφον 18 · 2 (σχ. 18 · 2 β)

Ἡ θερμοκρασία θ_1 εὑρίσκεται συνήθως μεταξὺ 450^0 C καὶ θ_ε, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ χάλυβος. Ἡ ἀπόψυξις μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος γίνεται εἰς ἤρεμον ἀέρα.

Ἡ κλιμακωτὴ μπαινιτικὴ βαφὴ μᾶς δίδει τὴν δυνατότητα νὰ λάβωμεν χάλυβα μὲ παρομοίας μηχανικὰς ἰδιότητας πρὸς ἐκεῖνον, ὁ ὁποῖος προκύπτει μετὰ ἀπὸ βαφὴν καὶ ἐπαναφοράν (παράγρ. 19 · 8). Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ἡ δραστικὴ βαφὴ τοῦ χάλυβος μὲ τὰ δυσμενῆ της ἐπακόλουθα. Χρησιμοποιεῖται ἐπιτυχῶς εἰς τεμάχια μὲ πολύπλοκα σχήματα, ποὺ εὐκόλως στρεβλώνονται ἢ ἀποκτοῦν ρωγμὰς κατὰ τὴν συνήθη βαφήν.

19 · 8 Ἐπαναφορά.

Ἐπαναφορὰν ἔχομεν, ὅταν ὁ χάλυψ, μετὰ ἀπὸ βαφήν:

α) Ἀναθερμανθῇ εἰς ὡρισμένην ἑκάστοτε θερμοκρασίαν *(θερμοκρασίαν ἐπαναφορᾶς)*, χαμηλοτέραν ὁπωσδήποτε τοῦ κατωτέρου κρισίμου σημείου, δηλαδὴ τῶν 723^0 C καὶ ἀνωτέραν συνήθως τῆς θερμοκρασίας ἐνάρξεως σχηματισμοῦ τοῦ μαρτενσίτου θ_ε (σχ. 19 · 7α).

β) Παραμείνῃ εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον καὶ

γ) ἀποψυχθῇ εἰς τὸν ἐλεύθερον ἤρεμον ἀέρα μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

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

Α. **Μετασχηματισμὸς τοῦ μαρτενσίτου κατὰ τὴν ἐπαναφοράν.**

Ὁ βαμμένος χάλυψ ἐπαναφέρεται διὰ τοὺς ἑξῆς λόγους:

α) Ὅπως ἤδη 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 μὲ ὑψηλὰς τιμὰς τοῦ ὁρίου θραύσεως καὶ τοῦ ὁρίου ἐλαστικότητος (Κεφάλ. 6). Ἔχει ἀσήμαντον πλαστικότητα καὶ ἀπαράδεκτον δυσθραυστότητα. Ἐπίσης αἱ παραμένουσαι ἐσωτερικαὶ τάσεις εἶναι ὑψηλαί. Ὁ χάλυψ συνεπῶς εἰς τὴν κατάστασιν αὐτὴν εἶναι ἀκατάλληλος διὰ βιομηχανικὴν χρῆσιν, ἐκτὸς περιπτώσεων, εἰς τὰς ὁποίας ἀπαιτεῖται μόνον ἐξαιρετικὴ σκληρότης τοῦ τεμαχίου.

β) Ὁ μαρτενσίτης, ὁ ὁποῖος, ὅπως εἴδομεν εἰς τὴν παράγραφον 18 · 2, εἶναι φερρίτης (α-σίδηρος) ὑπερκορεσμένος εἰς ἄνθρακα, καὶ ὁ ὑπολειπόμενος ὡστενίτης εὑρίσκονται, ὅπως λέγομεν, εἰς *κατάστασιν ἀσταθείας* εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος. Ἔχουν συνεπῶς τάσιν νὰ ἐπανέλθουν εἰς *κατάστασιν εὐσταθείας*, πρᾶγμα ποὺ ἐκδηλώνεται εὐθὺς ὡς ἡ θερμοκρασία τοῦ χάλυβος ὑψωθῇ καὶ λάβῃ ὡρισμένας τιμάς, ὅπως θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Ἔχει παρατηρηθῇ ὅτι κατὰ τὴν ἀναθέρμανσιν βαμμένου ἀνθρακούχου ἐν γένει χάλυβος ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας τῶν 100^0 C περίπου μέχρι τῶν 723^0 C (κρίσιμον σημεῖον A_1) γίνονται προοδευτικῶς τεσσάρων εἰδῶν μετασχηματισμοὶ εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομήν του, οἱ ἑξῆς:

— Ἀποχωρίζονται τὰ ἐπὶ πλέον ἄτομα τοῦ ἄνθρακος, ποὺ ἀναγκαστικῶς παραμένουν εἰς τὸ πλέγμα τοῦ μαρτενσίτου.

— Διασπᾶται ὁ ὑπολειπόμενος ὡστενίτης.

— Σχηματίζεται σεμεντίτης εἰς μικροσκοπικὰ τεμαχίδια καὶ

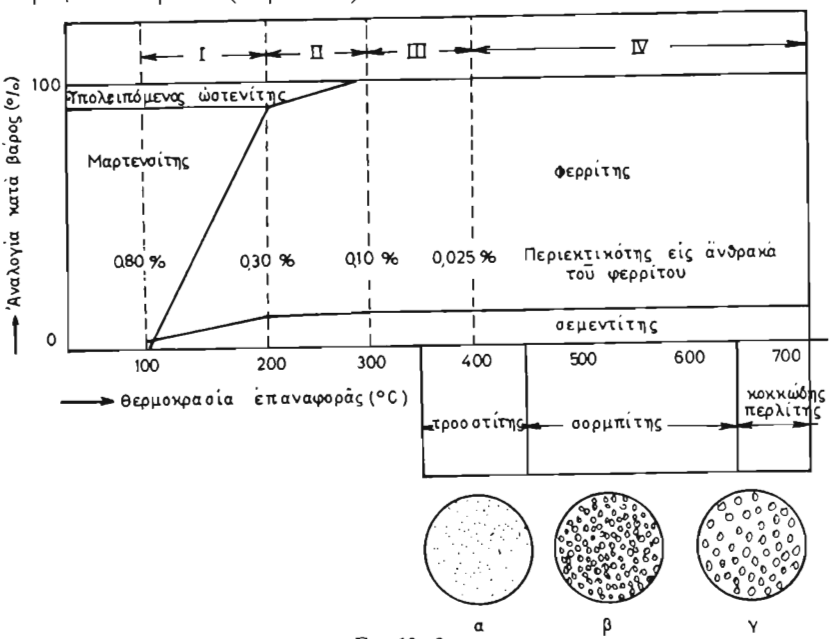
— συσσωματώνεται ὁ σεμεντίτης καὶ αὐξάνεται τὸ μέγεθος τῶν κόκκων.

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

1) Ἀναθέρμανσις ἀπὸ 100^0 C μέχρι 200^0 C (περιοχὴ I — σχ. 19 · 8 α).

Σχηματίζονται ὑπομικροσκοπικὰ τεμαχίδια καρβιδίων (χημικὴ ἕνωσις σιδήρου-ἄνθρακος), ποὺ δὲν ἔχουν ἀκόμη ἀκριβῶς τὴν χημικὴν σύνθεσιν τοῦ σεμεντίτου (Fe_3C), καὶ εἶναι ἀόρατα διὰ τοῦ μεταλλογραφικοῦ μικροσκοπίου. Τὰ καρβίδια αὐτὰ σχηματίζονται ἐκ τῶν ἀτόμων τοῦ ἄνθρακος, τὰ ὁποῖα προοδευτικῶς ἐξέρχονται ἀπὸ τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ μαρτενσίτου, ὅπου εἶχον ἐγκλεισθῇ 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 κατὰ τὴν ἐπαναφοράν του. Ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ τροοστίτου, σορμπίτου καὶ κοκκώδους περλίτου φαίνεται σχηματικῶς εἰς τοὺς κύκλους α, β καὶ γ ἀντιστοίχως.

Ὁ χάλυψ εἰς τοὺς 200° C ἀποτελεῖται ἀπὸ φερρίτην, ὁ ὁποῖος διατηρεῖ ἀκόμη εἰς τὸ πλέγμα του ἄνθρακα ἐπὶ πλέον τοῦ κανονικοῦ (0,30 % ἀντὶ 0,025 %), ἀπὸ ὑπομικροσκοπικὰ τεμαχίδια καρβιδίων καὶ ἀπὸ τὸν ὑπολειπόμενον ὠστενίτην. 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

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

Εἰς τοὺς 200^0 C ἔχει μερικῶς ἀπαλλαγῆ ἀπὸ τὰς παραμενούσας ἐσωτερικὰς τάσεις.

2) Ἀναθέρμανσις ἀπὸ 200^0 C μέχρι 300^0 C (περιοχὴ II — σχ. 19 · 8 α).

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

3) Ἀναθέρμανσις ἀπὸ 300^0 μέχρι 400^0 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 400^0 C περίπου ὁ φερρίτης ἀποκτᾶ τὸ κανονικόν του κρυσταλλικὸν πλέγμα.

4) Ἀναθέρμανσις ἀπὸ 400^0 C μέχρις 723^0 C (περιοχὴ IV - σχ. 19 · 8 α).

Ὁ σεμεντίτης συσσωματώνεται καὶ κατὰ συνέπειαν αὐξάνεται τὸ μέγεθος τῶν κόκκων του. Εἰς τοὺς 500^0 C περίπου τὰ τεμαχίδια τοῦ σεμεντίτου γίνονται ὁρατὰ διὰ τοῦ μεταλλογραφικοῦ μικροσκοπίου.

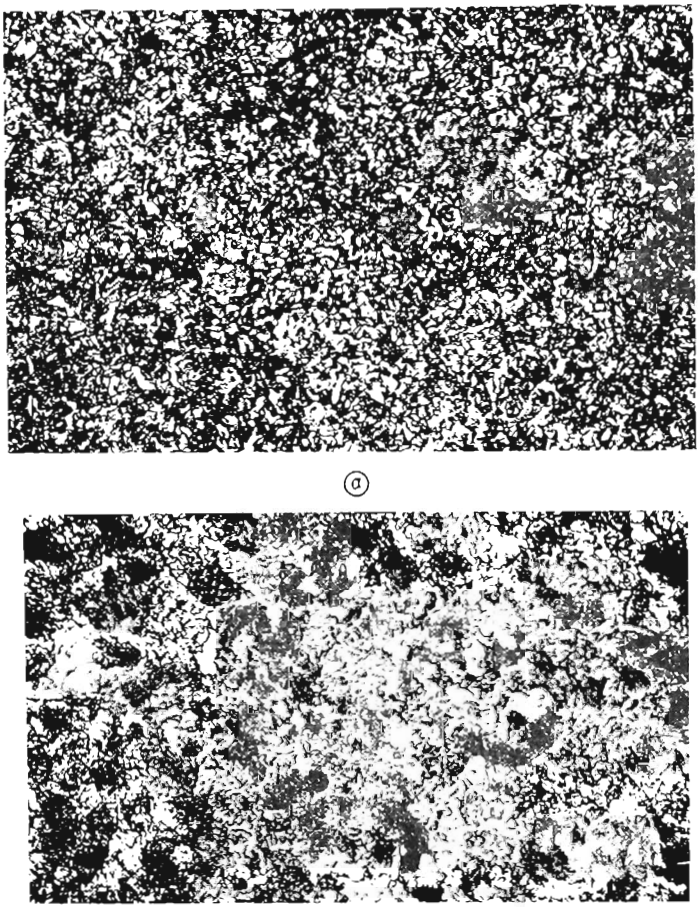
Ὅταν ἡ θερμοκρασία ἐπαναφορᾶς φθάση εἰς τοὺς 700^0 C περίπου, τότε ὁ χάλυψ ἀποκτᾶ κρυσταλλικὴν δομὴν κοκκώδους περλίτου, δηλαδὴ μὲ τὸν σεμεντίτην ὑπὸ μορφὴν σφαιριδίων.

Ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ βαμμένου ἀνθρακούχου χάλυβος μετὰ ἀπὸ ἐπαναφορὰν ἀπὸ 350^0 C ἕως 450^0 C ὀνομάζεται *τροοστίτης*, ἐνῶ μετὰ ἀπὸ ἐπαναφορὰν ἀπὸ 450^0 C μέχρις 650^0 C ὀνομάζεται *σορμπίτης*.

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

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

Εἰς τὸ σχῆμα 19 · 8 β φαίνεται ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ ἀνθρακούχου χάλυβος μὲ περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα 0,60 % μετὰ ἀπὸ ἐπαναφορὰν εἰς διαφόρους θερμοκρασίας.



Σχ. 19 · 8 β.

α) Βαμμένος ἀνθρακοῦχος χάλυψ μὲ 0,60% ἄνθρακα μετὰ ἐπαναφορὰν εἰς 400° C ἐπὶ μίαν ὥραν. Κρυσταλλικὴ δομὴ τροοστίτου. Αἱ λευκαὶ περιοχαὶ εἶναι φερρίτης. Αἱ μαῦραι περιοχαὶ ὑπομικροσκοπικὰ τεμαχίδια σεμεντίτου. Μεγέθυνσις · 250

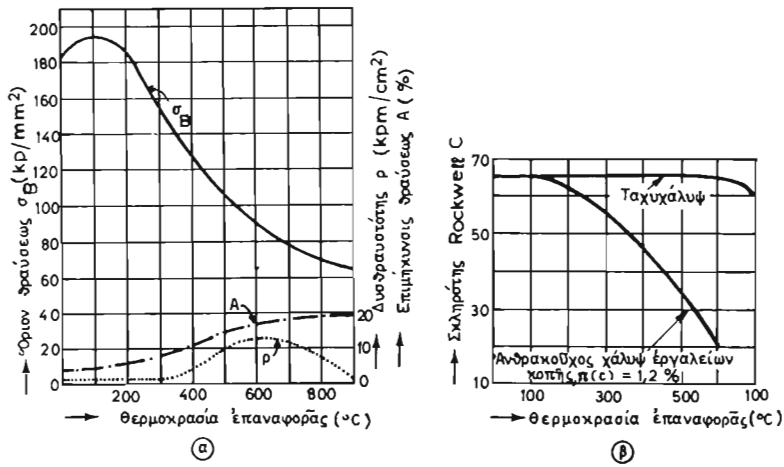
β) Βαμμένος ἀνθρακοῦχος χάλυψ μὲ 0,60% ἄνθρακα μετὰ ἐπαναφορὰν εἰς 600° C ἐπὶ μίαν ὥραν. Κρυσταλλικὴ δομὴ σορμπίτου. Αἱ περιοχαὶ φερρίτου πλέον εὐδιάκριτοι καὶ μεγαλύτεραι. Αἱ μαῦραι περιοχαὶ δεικνύουν συσσωματωμένον σεμεντίτην εἰς μητρικὸν βάθος (φόντο) φερρίτου. Μεγέθυνσις 250.

Β. Μεταβολαὶ εἰς τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ βαμμένου χάλυβος μετὰ ἐπαναφοράν.

Ὁ βαμμένος χάλυψ, ὡς γνωστόν, χαρακτηρίζεται ἀπὸ ὑψηλὴν σκληρότητα καὶ ἀπὸ ἐξαιρετικῶς χαμηλὴν δυσθραυστότητα καὶ πλαστικότητα.

Μετὰ τὴν ἐπαναφοράν, αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες τοῦ βαμμένου χάλυβος μεταβάλλονται σημαντικῶς. Γενικῶς, δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν, ὅτι ἡ σκληρότης καὶ ἡ ἀντοχή του εἰς ἐφελκυσμὸν ἐλαττώνονται, ἐνῶ ἡ πλαστικότης καὶ ἡ δυσθραυστότης του αὐξάνονται.

Εἰς τὸ σχῆμα 19 · 8 γ φαίνεται πῶς μεταβάλλονται αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες ἀνθρακούχων χαλύβων συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς.



Σχ. 19 · 8 γ.

α) Μεταβολὴ τῶν μηχανικῶν ἰδιοτήτων (σ_B, A% καὶ ρ) ἀνθρακούχου χάλυβος μὲ π(C) = 0,45% συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς. β) Μεταβολὴ τῆς σκληρότητος ἀνθρακούχου χάλυβος μὲ π(C) = 1,20% συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς.

Τὸ ὅριον θραύσεως λαμβάνει μεγίστην τιμὴν εἰς θερμοκρασίαν περίπου 100° C διὰ τὸν ἐξεταζόμενον χάλυβα [σχ. 19 · 8 γ(α)] καὶ κατόπιν ἀρχίζει προοδευτικῶς νὰ ἐλαττώνεται μὲ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς. Τοῦτο ἐξηγεῖται ἀπὸ τὸ γεγονὸς ὅτι μὲ τὴν ἀνα-

θέρμανσιν τοῦ χάλυβος, ἔστω καὶ εἰς τὴν χαμηλὴν θερμοκρασίαν τῶν 100^0 C, ἀπαλείφονται ἰσχυραὶ ἐσωτερικαὶ τάσεις, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦν δυσμενῆ ἐπίδρασιν ἐπὶ τοῦ ὁρίου 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 600^0 C περίπου εἰς τὴν περίπτωσίν μας). Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἀποδώσωμεν εἰς τὸ ὅτι ἡ αὔξησις τῶν κόκκων τοῦ σεμεντίτου, ὅπως ἐξηγήσαμεν προηγουμένως, ἔχει εὐνοϊκὴν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς δυσθραυστότητος μέχρις ἑνὸς 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 π(C) = 1,20 % μέχρι 250^0 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 εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν πρᾶξιν εἰς δύο κυρίως περιπτώσεις:

α) *Εἰς 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 160^0 C ἕως 200^0 C, ὅταν δὲν ὑπόκεινται εἰς κρούσεις καὶ εἰς 200^0 C ἕως 300^0 C, ὅταν κατὰ τὴν λειτουργίαν των ὑπόκεινται εἰς κρούσεις, ὅπως π.χ. εἶναι αἱ μῆτραι (καλούπια), οἱ στιγεῖς (ζουμπάδες) καὶ ἄλλα.

β) *Εἰς τὴν ἐπιβελτίωσιν τοῦ χάλυβος.*

Τὰ χρησιμοποιούμενα εἰς τὴν πρᾶξιν ποικίλα στοιχεῖα μηχανῶν διὰ νὰ ἐκτελέσουν τὸν προορισμόν των, πρέπει νὰ ἔχουν ὡρισμένας μηχανικὰς ἰδιότητας. Ἰδιαιτέρως, εἰς πολλὰς περιπτώσεις ἀπαιτεῖται τὸ τεμάχιον νὰ ἔχῃ πλὴν τῆς ἀπαιτουμένης μηχανικῆς ἀντοχῆς καὶ ἱκανοποιητικὴν δυσθραυστότητα, ὅταν μάλιστα τοῦτο καταπονῆται

καὶ εἰς κροῦσιν. Ὁ συνδυασμὸς αὐτὸς μηχανικῶν ἰδιοτήτων ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν λεγομένην *ἐπιβελτίωσιν* τοῦ χάλυβος.

Ἡ ἐπιβελτίωσις εἶναι σύνθετος θερμικὴ κατεργασία. Συνίσταται εἰς βαφήν, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ ἐπαναφορά, εἰς μεγάλην ὅμως θερμοκρασίαν, ὥστε ὁ χάλυψ νὰ ἀποκτήσῃ κρυσταλλικὴν δομὴν σορμπίτου [σχ. 19 · 8 β (β)].

Εἰς τὸ σχῆμα 19 · 8 γ (α) παρατηροῦμεν, ὅτι δι' ἀνθρακοῦχον χάλυβα μὲ π(C) = 0,45 % εἰς τὴν περιοχὴν θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς ἀπὸ περίπου 500° C μέχρις 700° C ἔχομεν ηὐξημένην δυσθραυστότητα. Εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν θερμοκρασίας θὰ πρέπει νὰ γίνῃ 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 ἁλατολούτρων (λουτρῶν τετηγμένων ἁλάτων). Τὰ ἐλαιόλουτρα δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἰς τὴν κατωτέραν περιοχὴν θερμοκρασιῶν (μέχρι περίπου 250° C), ἐνῶ τὰ ἁλατόλουτρα εἰς τὴν ἀνωτέραν περιοχὴν θερμοκρασιῶν ἀνοπτήσεως. Γενικῶς, τὰ λουτρὰ (ἐλαίου ἢ ἁλάτων) παρουσιάζουν τὸ πλεονέκτημα τῆς ὁμοιομόρφου 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 κλίβανον ἐπαναφορᾶς μὲ ἐξηναγκασμένην κυκλοφορίαν τοῦ ἀέρος διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως καταλλήλων ἀνεμιστήρων. Ὁ ἀὴρ θερμαίνεται συνήθως μὲ τρόπον ἠλεκτρικὸν καὶ διέρχεται μέσω εἰδικῶν κανίστρων, εἰς τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται τὰ τεμάχια. Καὶ ὁ τρόπος αὐτὸς θερμάνσεως δίδει ὁμοιόμορφον 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.

Ὅπως εἴδομεν εἰς τὰ προηγούμενα, ἡ θερμοκρασία ἐπαναφορᾶς ἔχει μεγάλην σημασίαν διὰ τὸν μετασχηματισμὸν τοῦ μαρτενσίτου καὶ κατὰ συνέπειαν ἐξ αὐτῆς ἐξαρτῶνται σημαντικῶς αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες, ποὺ ἀποκτᾶ ὁ χάλυψ μετὰ τὴν ἐπαναφοράν. Θὰ πρέπει, κατὰ συνέπειαν, νὰ δίδεται ἐξαιρετικὴ σημασία εἰς τὸν μὲ ἀκρίβειαν ἔλεγχον τῆς θερμοκρασίας. Πρὸς τοῦτο, συνηθέστερον, χρησιμοποιοῦνται θερμοηλεκτρικὰ πυρόμετρα, δυνατὸν ὅμως νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ πυρόμετρα ἀκτινοβολίας.

Μικροτέραν ἀκρίβειαν μᾶς δίδει ἡ μέθοδος μετρήσεως τῆς θερμοκρασίας δι' ὀπτικῆς ἐκτιμήσεως τοῦ χρωματισμοῦ. Ἡ μέθοδος αὐτὴ ἀναπτύσσεται εἰς τὴν παράγραφον 19 · 1, ὅπου καὶ ἀναφέρονται οἱ χρωματισμοί, τοὺς ὁποίους λαμβάνει ἀνθρακοῦχος χάλυψ ἢ πτωχὸν χαλυβόκραμα θερμαινόμενον ἀπὸ 220° C ἕως 325° C.

Τονίζεται ἰδιαιτέρως, ὅτι κατὰ τὴν ἐκτίμησιν τῆς θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς, ἐντὸς τῶν ὁρίων ποὺ ἀνεφέραμεν, πρέπει νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψει, ὅτι οἱ χρωματισμοὶ αὐτοὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς ἀναφερομένας θερμοκρασίας κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ λεπτοῦ στρώματος ὀξειδίου καὶ ἐπὶ χρόνον 2 ἢ 3 min μόνον. Ἐὰν ἡ παρατήρησις τοῦ χρωματισμοῦ γίνῃ μετὰ μακρότερον χρόνον, τότε ὁ παρατηρούμενος χρωματισμὸς θὰ ἀντιστοιχῇ εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν.

Σημαντικὴν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῶν μηχανικῶν ἰδιοτήτων τοῦ χάλυβος μετὰ τὴν ἐπαναφορὰν ἀσκεῖ καὶ ὁ χρόνος παραμονῆς του εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἐπαναφορᾶς. Γενικῶς δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν, ὅτι τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιτευχθῇ εἴτε μὲ θέρμανσιν τοῦ τεμαχίου ἐπὶ βραχύτερον χρόνον εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν ἐπαναφορᾶς εἴτε μὲ θέρμανσίν του ἐπὶ μακρότερον χρόνον εἰς χαμηλοτέραν θερμοκρασίαν ἐπαναφορᾶς. Ἐπὶ παραδείγματι, διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν εἰς ἀνθρακοῦχον χάλυβα μὲ π(C) = 0,80% σκληρότητα 45 Rockwell C, θὰ πρέπει νὰ τὸν ἐπαναφέρωμεν:

εἰς θερμοκρασίαν 400° C	ἐπὶ 10 h,
εἰς θερμοκρασίαν 450° C	ἐπὶ 20 min καὶ
εἰς θερμοκρασίαν 500° C	ἐπὶ 3 min

Ἐδῶ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θέρμανσις ἐπὶ βραχὺ χρονικὸν διάστημα (ἐπὶ 3 min) παρουσιάζει δυσκολίας εἰς τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου αὐτοῦ μὲ ἀκρίβειαν. Ἡ παρατεταμένη θέρμανσίς του (ἐπὶ 10 ὥρας) εἶναι ἀσύμφορος, διότι τὸ κόστος τῆς κατεργασίας γίνεται ὑψηλόν. Ἡ βελτίστη, συνεπῶς, λύσις εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι ἡ ἐπαναφορὰ τοῦ χάλυβος εἰς θερμοκρασίαν 450° C ἐπὶ 20 min.

19 · 9 Ἐπιφανειακὴ σκλήρωσις τῶν χαλύβων.

Α. Γενικά.

Πολλὰ τεμάχια κατὰ τὴν λειτουργίαν των ἀπαιτεῖται νὰ ἔχουν σκληρὰν ἐπιφάνειαν, ποὺ νὰ ἀντέχῃ εἰς τὴν φθοράν, καὶ συγχρόνως πυρῆνα μὲ ἱκανοποιητικὴν ἀντοχὴν καὶ δυσθραυστότητα. Τυπικὸν παράδειγμα τεμαχίου αὐτοῦ τοῦ· εἴδους εἶναι ὁ πεῖρος, ποὺ 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 νὰ εἶναι κατεσκευασμένος ἀπὸ χάλυβα μὲ μεγάλην δυσθραυστότητα. Συγχρόνως, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ πείρου χρειάζεται νὰ ἔχῃ μεγάλην σκληρότητα,

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

διὰ νὰ μὴ φθείρεται λόγω τῆς τριβῆς μὲ τὸ ἔδρανον τοῦ διωστῆρος.

Ὁ συνδυασμὸς ἀντοχῆς καὶ δυσθραυστότητος τοῦ πυρῆνος ἀφ' ἑνὸς καὶ σκληρότητος τῆς ἐπιφανείας ἀφ' ἑτέρου ἐπιτυγχάνεται μὲ μίαν ἀπὸ τὰς ἑξῆς μεθόδους:

α) Τὴν *ἐνανθράκωσιν*, θερμοχημικὴν κατεργασίαν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἐπιφανειακὴ στιβὰς (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 ἑπόμενα.

β) Τὴν *ἐναζώτωσιν*, θερμοχημικὴν ἐπίσης κατεργασίαν, κατὰ τὴν ὁποίαν προστίθεται εἰς τὴν ἐπιφανειακὴν στιβάδα τοῦ τεμαχίου ἄζωτον, ποὺ σχηματίζει πολὺ σκληρὰς χημικὰς ἑνώσεις 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 ὁποίαν ἡ ἐπιφανειακὴ στιβὰς τοῦ τεμαχίου ἐμποτίζεται συγχρόνως μὲ ἄνθρακα καὶ ἄζωτον. Ἡ ἐνδοκυάνωσις ἀκολουθεῖται ἀπὸ κατάλληλον βαφήν.

δ) Τὴν *φλογοβαφὴν* καὶ τὴν *βαφὴν δι' ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς*. Κατ' αὐτάς, τὸ τεμάχιον ἐκ χάλυβος, ὁ ὁποῖος ἐπιδέχεται βαφήν, συνήθως μὲ $\pi(C) \geqslant 0,35\%$, βάφεται ἐπιφανειακῶς εἰς ἐλεγχόμενον βάθος.

Ὅπως εἶναι ἑπόμενον, 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 ἁπλῶς βάφονται αὐτὰ εἰς ἐλεγχόμενον βάθος.

Β. Ἐνανθράκωσις.

Ἡ ἐνανθράκωσις βασίζεται εἰς τὴν ἀρχήν, συμφώνως πρὸς τὴν ὁποίαν ὁ χάλυψ εἰς κατάστασιν *ὠστενίτου ἐμποτίζεται* ἀπὸ ἄτομα ἄνθρακος εἰς θερμοκρασίας συνήθως ἀπὸ 910^0 C ἕως 950^0 C. Ἀποτέλεσμα 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 ὁποῖον δυνατὸν νὰ εἶναι στερεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον. Κατωτέρω θὰ περιγράψωμεν τὸν τρόπον, κατὰ τὸν ὁποῖον γίνεται ἡ ἐνανθράκωσις, ἀναλόγως τοῦ ἐνανθρακωτικοῦ μέσου ποὺ χρησιμοποιοῦμεν.

1) Στερεὰ ἐνανθρακωτικὰ μέσα.

Τὰ πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμάχια τοποθετοῦνται μετὰ τοῦ ἐνανθρακωτικοῦ μέσου ἐντὸς καταλλήλου πυριμάχου μεταλλικοῦ δοχείου, συνήθως ἀπὸ χάλυβα ἀντοχῆς εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας [παράγρ. 21 · 4 (Β)]. Τὰ τεμάχια δὲν πρέπει νὰ ἐφάπτωνται, ἀλλὰ νὰ ἀπέχουν μεταξύ των κατὰ 30 ἕως 50 mm. Τὸ κιβώτιον μετὰ τοῦ περιεχομένου του κλείεται ἀεροστεγῶς καὶ εἰσάγεται εἰς κατάλληλον κλίβανον, συνήθως τύπου μερίδος (παράγρ. 19 · 10). Ἡ θερμοκρασία τοῦ κλιβάνου διατηρεῖται ἀρχικῶς εἰς 700° C. Θερμαίνεται ἀκολούθως μέχρι τῆς θερμοκρασίας ἐνανθράκώσεως (910° ἕως 950° C). Εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν τὰ τεμάχια παραμένουν ἐπὶ ὡρισμένον χρονικὸν διάστημα, τὸ ὁποῖον ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ἐπιθυμητὸν βάθος ἐνανθρακώσεως.

Ὡς στερεὸν ἐνανθρακωτικὸν μέσον χρησιμοποιεῖται συνήθως μῖγμα εἰς κόνιν ἀποτελούμενον ἀπὸ 60% ἕως 90% ξυλάνθρακα καὶ ἀπὸ 40% ἕως 10% ἀνθρακικὸν βάριον ($BaCO_3$) ἀντιστοίχως. Εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ καὶ ἀνθρακικὸν νάτριον ($NaCO_3$) ἀντὶ τοῦ ἀνθρακικοῦ βαρίου. Ὅπως θὰ ἀναπτύξωμεν κατωτέρω τὸ μῖγμα αὐτὸ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς ἐνανθρακώσεως ἀποδίδει μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος (CO), τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ καὶ τὸ πραγματικῶς ἐνανθρακωτικὸν μέσον.

Ἀπὸ τὸ σχηματιζόμενον μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος εἰς τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν τῆς ἐνανθρακώσεως καὶ παρουσίᾳ τοῦ σιδήρου ἀποδεσμεύονται ἄτομα ἄνθρακος, συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν (1) μὲ σύγχρονον παραγωγὴν διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος (CO_2):

$$2CO \rightarrow C + CO_2 \qquad (1)$$

Ὁ παραγόμενος ἄνθραξ εἰς ἀτομικὴν κατάστασιν (χωρὶς νὰ ἔχῃ ἀκόμη σχηματισθῇ τὸ μόριόν του) διεισδύει εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος τοῦ χάλυβος, πού, ὅπως ἀνεφέραμεν, εὑρίσκεται εἰς κατάστασιν ὠστενίτου. Ἐν τῷ μεταξύ, τὸ ἀνθρακικὸν βάριον ἀντιδρᾷ μὲ ἄτομα ἄνθρακος ἐκ τοῦ χρησιμοποιουμένου ξυλάνθρακος (ἐνανθρακωτικοῦ μέσου) καὶ ἀποδεσμεύει περισσότερον μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος, ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν (2):

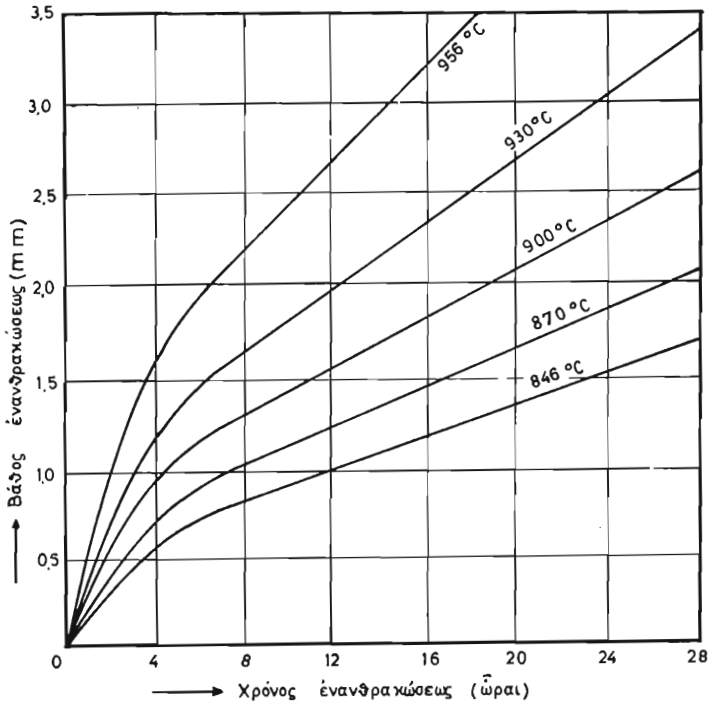
$$BaCO_3 + C \rightarrow BaO + 2CO \qquad (2)$$

Τὸ ἀνθρακικὸν βάριον ἀναγεννᾶται ἐκ τῆς ἀντιδράσεως τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος καὶ τοῦ ὀξειδίου τοῦ βαρίου, ποὺ ἀποδεσμεύονται κατὰ τὰς ἀντιδράσεις (1) καὶ (2), ὡς ἀκολούθως:

$$BaO + CO_2 \rightarrow BaCO_3 \qquad (3)$$

Μετὰ τὴν συμπλήρωσιν τῆς ἐνανθρακώσεως τὰ τεμάχια ἀποσύρονται ἀπὸ τὸν κλίβανον καὶ ἀφήνονται νὰ ἀποψυχθοῦν ἠρέμως εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ἢ βάφονται, ἀναλόγως τοῦ εἴδους τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν, ποὺ θὰ ἀκολουθήσουν τὴν ἐνανθράκωσιν, ὅπως θὰ ἀναφέρωμεν εἰς τὰ ἑπόμενα.

Τὸ βάθος ἐνανθρακώσεως ἐξαρτᾶται 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 ἄνθρακα 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.

Ἀπὸ τὸ σχῆμα 19 · 9 α συνάγομεν ὅτι τὸ βάθος ἐνανθρακώσεως αὐξάνεται μὲ αὔξησιν τοῦ χρόνου καὶ τῆς θερμοκρασίας ἐνανθρακώσεως. Ἔτσι, εἰς χρόνον

ἐνανθρακώσεως 8 ὡρῶν π.χ. ἀντιστοιχεῖ βάθος ἐνανθρακώσεως 1,05 mm 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 ὡρῶν ἀντιστοιχεῖ βάθος ἐνανθρακώσεως 1,10 mm, ἐνῶ εἰς χρόνον ἐνανθρακώσεως 15 ὡρῶν καὶ διὰ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ἐνανθρακώσεως ἀντιστοιχεῖ βάθος ἐνανθρακώσεως 1,75 mm.

Ἄξιον παρατηρήσεως εἶναι ἐπίσης τὸ γεγονός, ὅτι ἡ εἰς ἄνθρακα περιεκτικότης τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος τοῦ ἐνανθρακωμένου τεμαχίου ἐλαττώνεται ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας του πρὸς τὸν πυρῆνα. Ἔτσι, εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχωμεν διαδοχικῶς ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας πρὸς τὸν πυρῆνα τοῦ τεμαχίου κρυσταλλικὴν δομὴν ὑπερευτηκτοειδοῦς χάλυβος (περλίτην + σεμεντίτην), εὐτηκτοειδοῦς χάλυβος (περλίτην) καὶ ὑποευτηκτοειδοῦς (φερρίτην – περλίτην), μέχρις ὅτου φθάσωμεν εἰς τὴν κανονικὴν δομὴν τοῦ χάλυβος μετὰ τὴν ἐνανθρακωμένην στιβάδα.

Ἡ ἐνανθράκωσις μὲ στερεὰ ἐνανθρακωτικὰ μέσα παρουσιάζει τὸ σοβαρὸν μειονέκτημα ὅτι τὸ συνολικὸν κόστος ἐκτελέσεώς της εἶναι ὑψηλὸν ἐν συγκρίσει ἰδιαιτέρως πρὸς τὴν ἐνανθράκωσιν μὲ ἀέρια μέσα. Καὶ τοῦτο, κυρίως, λόγω τοῦ μακροῦ χρόνου ποὺ 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 ποὺ συναντᾶται εἰς τὴν πρᾶξιν, ὅπως θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

2) Ὑγρὰ ἐνανθρακωτικὰ μέσα.

Ἡ ἐνανθράκωσις τῶν τεμαχίων εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν γίνεται ἐντὸς λουτροῦ τετηγμένων ἁλάτων εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς ἐνανθρακώσεως. Τὸ μῖγμα ἁλάτων, ποὺ χρησιμοποιεῖται συνήθως, ἀποτελεῖται ἀπὸ 20% ἕως 50% κυανιοῦχον νάτριον ($NaCN$), ἀπὸ ἀνθρακικὸν νάτριον μέχρι 40% καὶ ἀπὸ χλωριοῦχον νάτριον ($NaCl_2$) ἢ χλωριοῦχον βάριον ($BaCl_2$).

Τὰ πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμάχια, τοποθετούμενα ἐντὸς καταλλήλου καλάθου ἀπὸ συρμάτινον πλέγμα, ἐμβαπτίζονται ἐντὸς τοῦ λουτροῦ ἐπὶ ὡρισμένου χρονικὸν διάστημα, τὸ ὁποῖον ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ἐπιθυμητὸν βάθος ἐνανθρακώσεως.

Ἐκ τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων, αἱ ὁποῖαι γίνονται – δὲν κρίνομεν σκόπιμον νὰ τὰς ἀναφέρωμεν – ἀποδεσμεύεται μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος, τὸ ὁποῖον ἐνεργεῖ, μὲ τὸν τρόπον ποὺ ἀνεφέραμεν προηγουμένως. Ἀποδεσμεύεται ἐπίσης καὶ ἄζωτον τὸ ὁποῖον, εἰς μικρὰν ὅμως ἔκτασιν, προσδίδει σκληρότητα εἰς τὴν ἐπιφανειακὴν στιβάδα τῶν τεμαχίων, ὅπως ἀκριβῶς συμβαίνει κατὰ τὴν ἐναζώτωσιν. Ἡ μέθοδος αὐτὴ ἐπιφανειακῆς σκληρώσεως ἀναφέρεται ὡς *ἐνδοκυάνωσις*. Ἀκολουθεῖται ἀπὸ καταλλήλους θερμικὰς κατεργασίας.

Τὰ ὑγρὰ μέσα ἐνανθρακώσεως ἔχουν σοβαρὰ πλεονεκτήματα. Ἐπιτρέπουν εὔκολον καὶ ἀκριβῆ ἔλεγχον τῆς θερμοκρασίας. Ἐπιτυγχάνεται δι' αὐτῶν ὁμοιόμορφος καὶ ταχεῖα θέρμανσις τῶν πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμαχίων. Ἔτσι, λαμβάνομεν ἐνανθρακωμένην ἐπιφανειακὴν στιβάδα ὁμοιόμορφον καὶ μὲ τὸ αὐτὸ βάθος.

3) Ἀέρια ἐνανθρακωτικὰ μέσα.

Τὸ εἶδος αὐτὸ τῆς ἐνανθρακώσεως ἐκτελεῖται εἰς κλιβάνους ἀεροστεγεῖς, τύπου μερίδος ἢ συνεχοῦς ροῆς (παράγρ. 19 · 10). Ἡ θερμοκρασία ἐνανθρακώσεως κυμαίνεται μεταξὺ 850° C καὶ 930° C. Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐνανθρακώσεως τὸ ἐνεργὸν ἐνανθρακωτικὸν μέσον εἶναι τὸ μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος, ποὺ παράγεται συμφώνως πρὸς τὴν ἀντίδρασιν (4). Τοῦτο διασπᾶται εἰς ἄνθρακα ἀτομικῆς καταστάσεως καὶ εἰς διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν (1), ὅπως ἀνεπτύξαμεν προηγουμένως.

Ὁ χάλυψ, εἰς κατάστασιν ὠστενίτου, ἐμποτίζεται εἰς ὡρισμένον βάθος ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας του μὲ τὸν παραγόμενον ἄνθρακα, ἐνῶ τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος ἀντιδρᾷ μετὰ τοῦ ὑδρογονάνθρακος. Παράγεται ἔτσι μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:

$$CO_2 + CH_4 \rightarrow 2CO + 2H_2 \qquad (4)$$

Τὸ μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος διασπᾶται εἰς ἄνθρακα καὶ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος κ.ο.κ.

Τὰ σπουδαιότερα ἀπὸ τὰ ἐν χρήσει ἀέρια μέσα ἐνανθρακώσεως εἶναι οἱ ὑδρογονάνθρακες μεθάνιον (CH_4) καὶ προπάνιον (C_3H_8). Σημειωτέον, ὅτι τὰ ἀέρια αὐτὰ πρέπει νὰ εἶναι ἀπολύτως καθαρά, διότι ἄλλως αἱ ἀκαθαρσίαι, ποὺ περιέχουν, ἐναποτίθενται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν τεμαχίων καὶ ἐμποδίζουν τὴν κανονικὴν ἐκτέλεσιν τῆς ἐνανθρακώσεως.

Τὸ εἶδος αὐτὸ ἐνανθρακώσεως παρουσιάζει σοβαρὰ πλεονεκτήματα εἰς περιπτώσεις ἐνανθρακώσεως μεγάλου ἀριθμοῦ τεμαχίων, εἰς μικρὸν ὅμως βάθος. Καὶ τοῦτο, διότι τὸ βάθος ἐλέγχεται μὲ ἀκρίβειαν καὶ εὐκολίαν, ἐπιτυγχάνεται δὲ σημαντικὸν κέρδος εἰς ἐργατικά, θερμικὴν ἐνέργειαν καὶ χῶρον. Δίδεται ἐπίσης ἡ δυνατότης τῆς ἀπ' εὐθείας, μετὰ τὴν ἐνανθράκωσιν, βαφῆς τῶν τεμαχίων (ἀπὸ τὸν κλίβανον ἐνανθρακώσεως εἰς τὸ λουτρὸν βαφῆς).

4) Θερμικαὶ κατεργασίαι μετὰ τὴν ἐνανθράκωσιν.

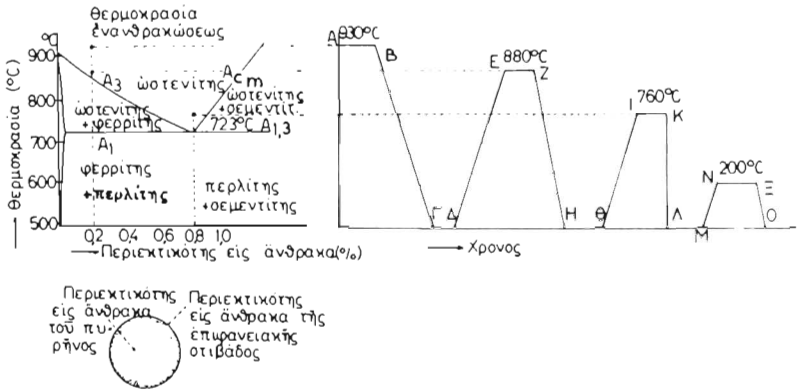
Ἀνεφέραμεν προηγουμένως ὅτι ἡ ἐνανθράκωσις τεμαχίου καταλλήλου χάλυβος, δημιουργεῖ ἐπιφανειακὴν στιβάδα πλουσίαν εἰς ἄνθρακα [συνήθως μὲ $\pi(C) > 0{,}80\,\%$], ἐνῶ συγχρόνως ὁ πυρὴν τοῦ τεμαχίου διατηρεῖ τὴν κανονικήν του εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητα [συνήθως $\pi(C) \leqslant 0{,}20\,\%$].

Ἡ παρατεταμένη θέρμανσις τοῦ χάλυβος, εἰς κατάστασιν ὠστενίτου, εἰς τὴν ὑψηλὴν 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 ἄλλου καὶ πρὸς τὸν ἀντικειμενικὸν σκοπὸν τῆς ἐνανθρακώσεως ποὺ ἐθέσαμεν, νὰ εἶναι τὸ

τεμάχιον πολὺ σκληρὸν εἰς τὴν ἐπιφάνειάν του καὶ δύσθραυστον εἰς τὸν πυρῆνα του. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται μὲ σειρὰν θερμικῶν κατεργασιῶν, ποὺ ἐκτελοῦνται μετὰ τὴν ἐνανθράκωσιν ὡς ἑξῆς:

Μετὰ τὴν ἐνανθράκωσιν (γραμμὴ Α - Β τοῦ σχ. 19·9β), τὰ τεμάχια ἀποψύχονται ἠρέμως (Β - Γ). Διὰ τὴν αὔξησιν τῆς δυσθραυστότητος τοῦ πυρῆνος (ἐκλέπτυνσις τῶν κόκκων), τὰ τεμάχια θερμαίνονται εἰς θερμοκρασίαν ὀλίγον ὑψηλοτέραν τοῦ ἀνωτέρου κρισίμου σημείου A_3 τοῦ διαγράμματος θερμικῆς ἰσορροπίας τοῦ σχήματος 17·2α [διὰ $\pi(C) = 0{,}20\%$ π.χ. εἰς θερμοκρασίαν περίπου 880^0 C] κατὰ τὴν γραμμὴν Δ - Ε. Παραμένουν εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον (Ε - Ζ), ὅπου ὁ χονδρόκοκκος ἰστὸς φερρίτου - περλίτου γίνεται λεπτόκοκκος ὠστενίτης. Ἀκολουθεῖ βαφὴ ἢ ἐξομάλυνσις τῶν τεμαχίων (Ζ - Η). Ἔτσι, ἐπιτυγχάνεται τελικῶς λεπτόκοκκος πυρὴν τῶν τεμαχίων.



Σχ. 19·9β.
Θερμικαὶ κατεργασίαι χάλυβος μετὰ ἐνανθράκωσιν.

Μετὰ τὴν θερμικὴν αὐτὴν κατεργασίαν, ἡ ἐπιφανειακὴ στιβὰς τῶν τεμαχίων ἐξακολουθεῖ νὰ ἔχῃ χονδρόκοκκον ἰστόν, λόγω τῆς θερμάνσεώς των εἰς 880^0 C. Ἡ θερμοκρασία αὐτὴ εἶναι πολὺ ὑψηλὴ ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀνώτερον κρίσιμον σημεῖον (723^0 C) διὰ τὴν εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητα τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος [$\pi(C) > 0{,}80\%$].

Διὰ νὰ ἀποκτήσῃ ἡ ἐπιφανειακὴ στιβὰς μεγάλην σκληρότητα καὶ λεπτόκοκκον ἰστόν, θερμαίνομεν τὰ τεμάχια εἰς 760^0 C περίπου

(Θ - Ι). Εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν παραμένουν ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον (Ι - Κ), ὅπου ὁ χονδρόκοκκος ἰστὸς τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος μετασχηματίζεται εἰς λεπτόκοκκον ὠστενίτην. 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 200^0 C περίπου (Μ - Ν) καὶ ἀποψύχονται ἠρέμως (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 ὁποῖαι ἀνεπτύχθησαν λόγω τῆς βαφῆς. Τοῦτο εἶναι δυνατὸν νὰ ἐφαρμοσθῇ μὲ ἱκανοποιητικὰ 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 ἠρέμως ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν τῆς ἐνανθρακώσεως. Ἀκολούθως θερμαίνονται εἰς 760^0 C καὶ βάφονται εἰς ὕδωρ. Ἡ βαφὴ αὐτὴ ἀφήνει τὸν πυρῆνα ἀρκετὰ μαλακὸν καὶ δύσθραυστον, ἐνῶ σκληρύνει τὴν ἐπιφανειακὴν στιβάδα, ἡ ὁποία καθίσταται λεπτόκοκκος, λόγω τῆς χαμηλῆς θερμοκρασίας τῆς κατεργασίας (760^0 C). Τὰ πλεονεκτήματα τοῦ τρόπου αὐτοῦ θερμικῆς κατεργασίας ἐνανθρακωμένων τεμαχίων εἶναι προφανῆ. Ὁ συνολικὸς χρόνος κατεργασίας περιορίζεται σημαντικῶς. Ἐπίσης, 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

ἑξῆς, ἀφοῦ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὸν τρόπον καὶ τὰς συνθήκας λειτουργίας τῶν πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμαχίων:

— Τὸ εἶδος τοῦ χάλυβος ἐνανθρακώσεως, δηλαδὴ ἂν πρόκειται περὶ χάλυβος ἀνθρακούχου ἢ χαλυβοκράματος.

— Τὴν θερμοκρασίαν καὶ τὸν χρόνον ἐνανθρακώσεως.

— Τὸ μέσον ἐνανθρακώσεως, καθὼς ἐπίσης καὶ τὰς ἀναλογίας τῶν συστατικῶν του, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ὅσων ἐνεπτύξαμεν εἰς τὰ προηγούμενα.

— Τὰς θερμικὰς κατεργασίας, ποὺ θὰ ἀκολουθήσουν τὴν ἐνανθράκωσιν.

γ) Εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις ἀπαιτεῖται μέρος ἢ μέρη τῆς ἐπιφανείας τοῦ τεμαχίου νὰ μὴ ἐνανθρακωθοῦν, νὰ παραμείνουν δηλαδὴ μαλακά. Τὰ μέρη αὐτὰ συνήθως ἐπικαλύπτονται ἠλεκτρολυτικῶς μὲ λεπτὸν στρῶμα χαλκοῦ, πάχους 0,010 ἕως 0,075 mm, διότι ὁ ἄνθραξ 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 μῖγμα πυριμάχου πηλοῦ, ἄμμου, ἀμιάντου καὶ ὑδρυάλου. Ἡ μέθοδος αὐτὴ εἶναι ἁπλῆ, πλὴν ὅμως δὲν προφυλάσσει ὁλοσχερῶς τὴν καλυφθεῖσαν ἐπιφάνειαν τοῦ τεμαχίου ἀπὸ τὴν προσβολὴν τοῦ ἐνανθρακωτικοῦ ἀερίου. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι κατὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ τεμαχίου δημιουργοῦνται ρωγμαὶ εἰς τὸ προφυλακτικὸν αὐτὸ στρῶμα, μέσω τῶν ὁποίων διεισδύει τὸ ἐνανθρακωτικὸν ἀέριον.

— Κατὰ τὴν ἐνανθράκωσιν μὲ στερεὰ μέσα ἐνανθρακώσεως, ὁ ἔλεγχος τοῦ βάθους ἐνανθρακώσεως πρακτικῶς γίνεται ὡς ἑξῆς:

Εἰς τὸ κιβώτιον ἐνανθρακώσεως ἀνοίγονται 2 ἕως 3 ὀπαί. Διὰ τῶν ὀπῶν αὐτῶν εἰσάγονται εἰς τὸ κιβώτιον ἀντίστοιχοι δοκιμαστικαὶ ράβδοι, διαμέτρου 5 ἕως 6 mm καὶ μήκους 200 ἕως 300 mm, ἀπὸ τὸν αὐτὸν χάλυβα, ὅπως καὶ τὰ πρὸς ἐνανθράκωσιν τεμάχια. Αἱ ράβδοι αὐταὶ τοποθετοῦνται οὕτως, ὥστε κατὰ τὸ μεγαλύτερόν των μῆκος νὰ εὑρίσκωνται ἐντὸς τοῦ κιβωτίου ἐνανθρακώσεως, μὲ τὰ ἄκρα των ὅμως ἐκτὸς τοῦ κιβωτίου. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποσύρωνται, χωρὶς νὰ παρίσταται ἀνάγκη ἀνοίγματος τοῦ κιβωτίου. Ὅταν ὁ καθωρισμένος χρόνος ἐνανθρακώσεως παρέλθῃ, ἀποσύρεται μία δοκιμαστικὴ ράβδος, βάφεται εἰς ὕδωρ καὶ κατόπιν θραύεται. Ἡ ἐπιφάνεια θραύσεως τῆς ράβδου δεικνύει ἐμφανῶς τὸ βάθος τῆς ἐνανθρακωμένης στιβάδος τοῦ τεμαχίου. Τὸ βάθος τῆς στιβάδος αὐτῆς μετρεῖται, μὲ μικρὰν ὅμως, ὅπως εἶναι φυσικόν, ἀκρίβειαν. Ἐὰν τὸ μετρούμενον βάθος ἐνανθρακώσεως ἀνταποκρίνεται πρὸς τὸ ζητούμενον, ἡ ἐνανθράκωσις θεωρεῖται ὅτι ἔχει περατωθῇ. Ἐὰν τὸ βάθος ἐνανθρακώσεως εἶναι μικρότερον, τότε ἡ κατεργασία συνεχίζεται καὶ μετὰ ἀπὸ ὡρισμένον χρόνον ἀποσύρεται δευτέρα δοκιμαστικὴ ράβδος πρὸς ἔλεγχον τοῦ βάθους ἐνανθρακώσεως.

— Προκειμένου ἡ ἐνανθράκωσις νὰ γίνῃ ἐντὸς ὑγροῦ μέσου ἐνανθρακώσεως, δηλαδὴ εἰς λουτρὸν τετηγμένων ἁλάτων, τὰ τεμάχια προθερμαίνονται εἰς 600°C ἕως 700° C. Ἀκολούθως ἐμβαπτίζονται εἰς τὸ λουτρόν, ποὺ ἔχει θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τῆς καθωρισμένης θερμοκρασίας ἐνανθρακώσεως. Ἡ ἀνύψωσις αὐτὴ τῆς θερμοκρασίας εἶναι τόση, ὅση χρειάζεται, ὥστε τὰ τεμάχια θερμαινόμενα νὰ ἀποκτήσουν τὴν

θερμοκρασίαν ἐνανθρακώσεως. Τὰ τεμάχια παραμένουν εἰς τὸ λουτρόν, μέχρις ὅτου ἀποκτήσουν τὸ ἐπιθυμητὸν βάθος ἐνανθρακώσεως.

— Τὰ κυανιοῦχα ἅλατα, ποὺ χρησιμοποιοῦνται εἰς μίγματα ὑγρῶν μέσων ἐνανθρακώσεως, εἶναι ἐξαιρετικῶς δηλητηριώδη. Διὰ τοῦτο πρέπει νὰ λαμβάνεται κάθε προφύλαξις, ὥστε νὰ μὴ ἐξέρχωνται ἀτμοὶ ἀπὸ τὸ λουτρόν. Πρέπει ἀπαραιτήτως νὰ ὑπάρχῃ σύστημα ἀπαγωγῆς τῶν ἀτμῶν, ποὺ περιλαμβάνει κατάλληλον ἀνεμιστῆρα, φίλτρον καὶ κυκλῶνα μὲ καταιονισμὸν ὕδατος. Ἐπίσης τὰ κυανιοῦχα ἅλατα δὲν πρέπει κατ'οὐδένα τρόπον νὰ ἔρχωνται εἰς ἐπαφὴν μὲ ἀνοικτὸν τραῦμα.

Ἀπαγορεύεται αὐστηρῶς ἡ λῆψις τροφῆς ὑπὸ τοῦ προσωπικοῦ εἰς τὸν χῶρον, ὅπου χρησιμοποιοῦνται κυανιοῦχα ἅλατα.

Πρέπει ἀπαραιτήτως νὰ χρησιμοποιοῦνται ἐλαστικὰ χειρόκτια (γάντια) κατὰ τὴν ζύγισιν τῶν κυανιούχων ἁλάτων, τὴν τοποθέτησίν των εἰς τὸ λουτρόν, τὴν ἐμβάπτισιν τῶν τεμαχίων ἐντὸς τοῦ λουτροῦ καὶ τὴν μεταφοράν των πρὸς βαφήν.

Πρὸς ἀποφυγὴν ἐκτοξεύσεως τετηγμένων ἁλάτων πρέπει αἱ τσιμπίδες, τὰ τεμάχια, καθὼς ἐπίσης καὶ κάθε τί, ποὺ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰ ἅλατα, νὰ εἶναι ἀπολύτως στεγνά.

Μετὰ τὸ πέρας τῆς ἐργασίας ἡ κατὰ τὸ διάλειμμα διὰ φαγητόν, τὸ προσωπικὸν πρέπει νὰ πλύνῃ πολὺ καλὰ τὰς χεῖρας του μὲ σάπωνα.

Δὲν πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦνται τσιμπίδες, ποὺ προηγουμένως εἶχον χρησιμοποιηθῆ εἰς ἄλλου εἴδους 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 *ἐξουδετέρωσιν* καὶ πολὺ καλὸν πλύσιμον. Μὲ τὴν ἐξουδετέρωσιν τὰ τεμάχια καθίστανται μὴ δηλητηριώδη. Ἡ ἐξουδετέρωσις ἐκτελεῖται ἐντὸς δοχείων, ποὺ περιέχουν διάλυσιν 3% ἕως 5% θειικοῦ σιδήρου ἐπὶ 5 ἕως 10 min. Τὸ πλύσιμον γίνεται εἰς θερμὸν ὕδωρ 60° C ἕως 80° C καὶ ἐπὶ 5 περίπου min.

— Κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῆς ἐνανθρακώσεως δημιουργοῦνται ὡρισμένα ἐλαττώματα εἰς τὰ τεμάχια. Τὰ συνηθέστερον συναντώμενα εἶναι τὰ ἑξῆς:

α) Τὸ βάθος ἐνανθρακώσεως δὲν εἶναι ἐκεῖνο ποὺ προβλέπεται. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς λανθασμένον προσδιορισμὸν καὶ μέτρησιν κυρίως τοῦ χρόνου ἐνανθρακώσεως. Ἐὰν τὸ βάθος ἐνανθρακώσεως εἶναι μικρόν, τὸ ἐλάττωμα αὐτὸ εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποκατασταθῆ μὲ ἐπανάληψιν τῆς ἐνανθρακώσεως. Ἐὰν ὅμως τὸ βάθος εἶναι μέγα, τότε τὸ τεμάχιον εἶναι ἄχρηστον.

β) Ἡ σκληρότης ποὺ ἐπιτυγχάνεται εἶναι χαμηλή. Τὸ ἐλάττωμα αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὴν χρησιμοποίησιν πτωχοῦ μέσου ἐνανθρακώσεως. Εἶναι δυνατὴ ἡ ἐπανόρθωσις μὲ ἐπανάληψιν τῆς ἐνανθρακώσεως.

γ) Ἡ σκληρότης τοῦ τεμαχίου εἶναι ἀνομοιόμορφος, ὑπάρχουν δηλαδὴ σκληραὶ καὶ μαλακαὶ περιοχαὶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας του. Βασικὴ αἰτία τοῦ ἐλαττώματος αὐτοῦ εἶναι ἡ παρουσία σκωρίας, λίπους, ἐλαίου ἢ ἄλλων ξένων σωμάτων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ τεμαχίου, ἀποτέλεσμα πλημμελοῦς καθάρσεως πρὸ τῆς ἐνανθρακώσεως.

Γ. **Ἐναζώτωσις.**

Εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ κεφαλαίου αὐτοῦ ἀνεφέραμεν τί εἶναι ἡ ἐναζώτωσις. Ἡ ἐναζώτωσις ὁμοιάζει 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 αὐτὸ εἶναι τὸ μονοξείδιον τοῦ ἄνθρακος (ἐκ τοῦ ὁποίου λαμβάνομεν τὸν ἄνθρακα, ὅπως ἐν ἐκτάσει ἀνελύσαμεν προηγουμένως), κατὰ τὴν ἐναζώτωσιν εἶναι τὸ ἄζωτον, N.

Ἐναζώτωσιν ὑφίστανται χάλυβες μὲ εἰδικὴν σύνθεσιν [παράγρ. 21 · 2 (Β)], διότι ἡ σκλήρωσις, ποὺ ἐπιτυγχάνεται μετὰ ἀναζώτωσιν, ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σχηματισμοῦ σκληρῶν ἐνώσεων τοῦ ἀζώτου μετὰ τοῦ ἀργιλίου, τοῦ χρωμίου καὶ τοῦ βαναδίου.

Ἡ ἐναζώτωσις ἐκτελεῖται ὡς ἑξῆς:

Τὰ τεμάχια παραμένουν εἰς θερμοκρασίαν 500^0 C ἕως 540^0 C (θερμοκρασία ἐναζωτώσεως) ἐπὶ μακρὸν χρόνον, συνήθως ἐπὶ 40 ἕως 100 ὥρας, ἐντὸς ἀεροστεγοῦς θαλάμου καταλλήλου κλιβάνου, εἰς τὸν ὁποῖον διοχετεύεται ἀμμωνία(NH_3, ἀέριον). Ὁ χρόνος παραμονῆς τῶν τεμαχίων εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἐναζωτώσεως ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ἐπιθυμητὸν βάθος ἐναζωτώσεως. Τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν ἐναζώτωσιν ἄζωτον λαμβάνεται ἐκ τῆς ἀμμωνίας κατὰ τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν:

$$NH_3 \rightarrow 3H + N$$

Μέρος τοῦ παραγομένου ἀζώτου, εἰς ἀτομικὴν κατάστασιν, διεισδύει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χάλυβος καὶ σχηματίζει τὸ πολὺ σκληρὸν σιδηρονιτρίδιον (Fe_4H), καθὼς ἐπίσης καὶ σκληρὰς χημικὰς ἑνώσεις 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 ἰδιότητας (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 δυνατὸν ἡ λείανσις (ρεκτιφιάρισμα) τῶν τεμαχίων, μετὰ τὴν ἐναζώτωσιν. Ἂν ὅμως παρίσταται ἀνάγκη νὰ ἐκτελεσθῇ λείανσις, τὸ βάθος της δὲν θὰ πρέπει νὰ εἶναι μεγαλύτερον τοῦ 0,05 mm, διὰ νὰ μὴ ἐλαττωθῇ ἀπαραδέκτως ἡ σκληρὰ στιβὰς τοῦ τεμαχίου.

1) Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα ἐναζωτώσεως.

α) Ἀποφεύγονται ρωγμαὶ ἢ 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 εἶναι ἀρκετὰ καλή, ὅταν ἡ ἐναζωτωμένη ἐπιφάνεια ἀφήνεται ὡς ἔχει, π.χ. χωρὶς νὰ στιλβωθῇ. Ἐπίσης καὶ ἡ ἀντοχή των εἰς κόπωσιν εἶναι ἀρκετὰ καλή.

δ) Ἡ σκληρότης τῶν ἐναζωτωμένων τεμαχίων διατηρεῖται εἰς ὑψηλὰς σχετικῶς θερμοκρασίας (μέχρι περίπου 500^0 C), ἐνῶ τῶν ἐνανθρακωμένων τεμαχίων ἀρχίζει νὰ πίπτῃ ἀπὸ τοὺς 200^0 C μόνον.

ε) Τὸ κόστος τῆς ἐναζωτώσεως εἶναι χαμηλόν, ἂν ὁ ἀριθμὸς τῶν πρὸς ἐναζώτωσιν τεμαχίων εἶναι πολὺ μεγάλος. Καὶ τοῦτο, διότι αἱ δαπάναι τῶν ἐγκαταστάσεων ἐναζωτώσεως εἶναι ὑψηλότεραι ἀπὸ ἐκείνας τῆς ἐνανθρακώσεως, δι' αὐτὸ καὶ ἡ ἐναζώτωσις συμφέρει μόνον δι' ἐναζώτωσιν πολλῶν ὁμοίων τεμαχίων.

στ) Τὸ βάθος ἐναζωτώσεως εἶναι μικρότερον ἀπὸ τὸ βάθος ἐνανθρακώσεως διὰ τὸν αὐτὸν χρόνον θερμάνσεως.

ζ) Ὑπερθέρμανσις ἐναζωτωμένου τεμαχίου ἔχει ὡς συνέπειαν τὴν ὁλοσχερῆ καταστροφὴν τῆς σκληρᾶς ἐπιφανειακῆς στιβάδος. Χρειάζεται κατὰ συνέπειαν ἐπανάληψις τῆς ἐναζωτώσεως. Εἰς παρομοίαν περίπτωσιν ἐνανθρακωμένου τεμαχίου ἐφαρμόζεται μόνον κατάλληλος θερμικὴ κατεργασία καὶ ὄχι ἐκ νέου ἐνανθράκωσις.

Δ. **Φλογοβαφή.**

Ἡ μέθοδος αὐτὴ ἐπιφανειακῆς σκληρώσεως συνίσταται εἰς ταχεῖαν θέρμανσιν τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος εἰς θερμοκρασίαν ὑψηλοτέραν τοῦ ἀνωτέρου κρισίμου σημείου (A_3) συνήθως μὲ οὐδετέραν φλό-

για ὀξυγόνου - ἀσετυλίνης. Ἡ θέρμανσις ἀκολουθεῖται ἀπὸ ταχεῖαν ἀπόψυξιν (βαφήν) μὲ ἐκτόξευσιν ὕδατος. Ἔτσι, 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 ὑποστοῦν φλογοβαφήν, κατασκευάζονται ἀπὸ ἀνθρακοῦχον χάλυβα ἢ ἀπὸ χαλυβόκραμα, μὲ περιεκτικότητα ὅμως εἰς ἄνθρακα ἀνωτέραν τοῦ 0,35 %, διὰ νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ βαφή των.

Ἐπειδὴ κατὰ τὴν φλογοβαφὴν πρέπει ἡ θέρμανσις καὶ ἡ ἀπόψυξις νὰ γίνωνται μὲ ὡρισμένην ταχύτητα, συνήθως χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ μηχανήματα. Τεμάχια σχήματος κυλινδρικοῦ τοποθετοῦνται μεταξὺ τῶν κέντρων τόρνου. Ὁ τόρνος διαμορφώνεται καταλλήλως, ὥστε νὰ φέρῃ προφύσια ὀξυγόνου καὶ ἀσετυλίνης διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ τεμαχίου καὶ προφύσιον ἐκτοξεύσεως ὕδατος διὰ τὴν ἀπόψυξίν του.

Βασικῶς χρησιμοποιοῦνται τρία εἴδη φλογοβαφῆς (σχ. 19·9 γ). Κατὰ τὸ πρῶτον εἶδος [σχ. 19·9 γ (α)], ὁ κύριος ἄξων τοῦ τόρνου περιστρέφεται, ὥστε εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ πρὸς φλογοβαφὴν τεμαχίου νὰ ἀναπτυχθῇ ταχύτης περίπου 2 mm ἀνὰ sec. Ἡ ἐπιφάνεια θερμαίνεται μὲ φλόγα ὀξυγόνου καὶ ἀσετυλίνης ἀπὸ κεφαλὴν K_1, ποὺ διαμορφώνεται κατὰ τρόπον, ὥστε νὰ καλύπτῃ ὁλόκληρον τὸ μῆκος τῆς ἐπιφανείας, ποὺ πρόκειται νὰ ὑποστῇ φλογοβαφήν. Ὁλόκληρος ἡ ἐπιφάνεια τοῦ τεμαχίου σκληρώνεται εἰς μίαν μόνον περιστροφὴν τοῦ ἄξονος. Σοβαρὸν μειονέκτημα τοῦ εἴδους αὐτοῦ φλογοβαφῆς εἶναι ἡ δημιουργία μαλακῆς λωρίδος, πλάτους ἀρκετῶν mm μεταξὺ τῆς λωρίδος ποὺ σκληρώνεται πρώτη καὶ ἐκείνης ποὺ σκληρώνεται τελευταία ὀφειλομένης εἰς ἐπαναφοράν (παράγρ. 19·8).

Τὸ δεύτερον εἶδος φλογοβαφῆς [σχ. 19·9 γ (β)] περιλαμβάνει θέρμανσιν καὶ ταχεῖαν ἀπόψυξιν διαδοχικῶν τμημάτων τῆς ἐπιφανείας (βαφὴ κατὰ ζώνας). Ἡ φλογοβαφὴ αὐτὴ ἔχει τὸ μειονέκτημα τοῦ σχηματισμοῦ στενῆς μαλακῆς ἑλικοειδοῦς ζώνης ἐπὶ τοῦ τεμαχίου.

Κατὰ τὸ τρίτον εἶδος φλογοβαφῆς [σχ. 19·9 γ (γ)], ἡ πρὸς σκλήρωσιν ἐπιφάνεια θερμαίνεται ταχέως ἀπὸ κυκλικὴν κεφαλὴν K_2 μὲ πολλὰ προφύσια ὀξυγόνου-ἀσετυλίνης κινουμένην κατὰ μῆκος τοῦ ταχέως περιστρεφομένου ἄξονος. Διατίθεται παρομοία κυκλικὴ κεφαλὴ διὰ τὴν ἐκτόξευσιν τοῦ ὕδατος ἀποψύξεως. Ἡ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον φλογοβαφὴ δίδει βαμμένην ἐπιφάνειαν μὲ ὁμοιόμορφον σκληρότητα.

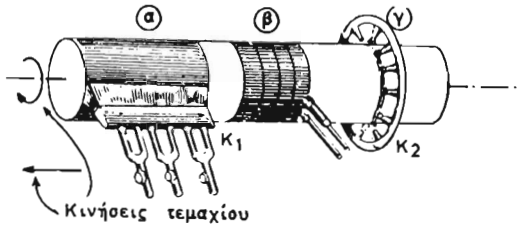
Γενικῶς, τὸ βάθος τῆς βαμμένης ἐπιφανειακῆς στιβάδος, ποὺ ἐπιτυγχάνεται κατὰ τὰς ἐφαρμογάς, κυμαίνεται ἀπὸ 5 μέχρι 10 mm.

Ἡ φλογοβαφή, πέρα τῆς ἁπλότητος, παρουσιάζει καὶ τὴν δυνατότητα ἐφαρμογῆς της εἰς ὀγκώδη σφυρήλατα ἢ χυτοχαλύβδινα τεμάχια, ποὺ εἶναι δύσκολον ἢ ἀδύνατον νὰ βαφοῦν μὲ οἱονδήποτε ἄλλον τρόπον. Διὰ τὸν λόγον αὐτόν, ἡ φλογοβαφὴ εὑρίσκει εὐρεῖαν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν βιομηχανίαν μηχανημάτων.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

Μειονεκτήματα τῆς φλογοβαφῆς εἶναι ἡ ἀναπόφευκτος ὑπερθέρμανσις τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος, ὡς καὶ ἡ δυσκολία ρυθμίσεως τοῦ βάθους βαφῆς μὲ ἀκρίβειαν.

Πρὸ τῆς φλογοβαφῆς τὰ τεμάχια πρέπει νὰ ὑποστοῦν τὰς θερμικὰς κατεργασίας ποὺ χρειάζονται, διὰ νὰ ἀποκτήσουν τὰς ἐπιθυμητὰς μηχανικὰς ἰδιότητας. Συνήθως ἐκτελεῖται ἐξομάλυνσις (παράγρ. 19 · 3).



Σχ. 19 · 9 γ.
Σχηματικὴ παράστασις τῶν ἐν χρήσει εἰδῶν φλογοβαφῆς.

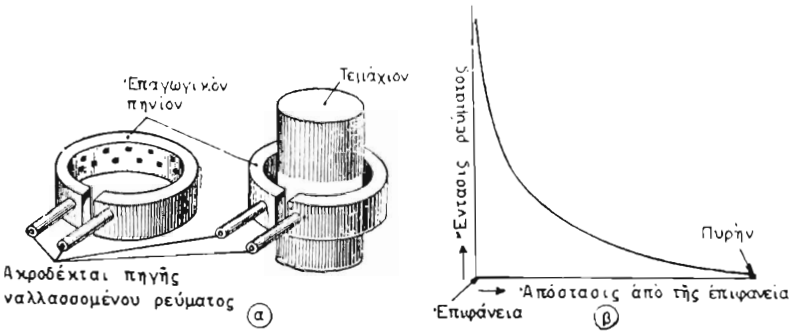
Ε. **Βαφὴ δι' ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς.**

Τὴν θέρμανσιν τοῦ τεμαχίου δι' ἐπιφανειακὴν σκλήρωσιν δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν καὶ δι' ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς, ὅπως θὰ ἀναφέρωμεν κατωτέρω. Ἡ θέρμανσις ἀκολουθεῖται, ὅπως καὶ κατὰ τὴν φλογοβαφήν, ἀπὸ ταχεῖαν ἀπόψυξιν. Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν ἐπιτυγχάνομεν ὑψηλὴν ποιότητα τοῦ βαμμένου μέρους τοῦ τεμαχίου. Σοβαρὸν ἐπίσης πλεονέκτημα εἶναι ὅτι ἡ κατεργασία αὐτὴ προσφέρεται δι' αὐτοματισμόν, δηλαδὴ διὰ παραγωγὴν μεγάλου ἀριθμοῦ τεμαχίων χωρὶς κινήσεις διὰ τῆς χειρός.

Ἡ θέρμανσις δι' ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς βασίζεται εἰς τὴν γνωστὴν ἀρχήν: *Ἐὰν μεταλλικὸν τεμάχιον, συνήθως μεγάλου πάχους, τοποθετηθῇ ἐντὸς μεταβαλλομένου μαγνητικοῦ πεδίου, τότε προκαλοῦνται εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ τεμαχίου δινορρεύματα (ρεύματα ποὺ ἔχουν μορφὴν δίνης).* Ἀποτέλεσμα τῆς δημιουργίας τῶν δινορρευμάτων εἶναι ἡ ἀντίστοιχος ἀνάπτυξις θερμότητος (Νόμος τοῦ Joule τῆς Ἠλεκτροτεχνίας) καὶ ἐξ αὐτῆς ἡ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας τοῦ τεμαχίου.

Κυλινδρικὰ τεμάχια θερμαίνονται τοποθετούμενα ἐντὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου [σχ. 19·9 δ (α)], τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα δημιουργεῖ τὸ μεταβαλλόμενον μαγνητικὸν πεδίον, ποὺ χρειάζεται διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῶν δινορρευμάτων, ὅπως προηγουμένως ἀνεφέραμεν. Περίεργον

φαινόμενον εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι ἡ ἀνομοιόμορφος κατανομὴ τῶν δινορρευμάτων εἰς τὴν διατομὴν τοῦ τεμαχίου ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας πρὸς τὸν πυρῆνα του [σχ. 19·9 δ (β)]. Καὶ μάλιστα, τόσον ἀνομοιόμορφος εἶναι ἡ κατανομὴ των, ὅσον ἡ συχνότης τῆς ἐφαρμοζομένης ἐναλλασσομένης τάσεως εἶναι ὑψηλοτέρα. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζομεν *ἐπιδερμικόν*, διότι, ὅπως εἶναι προφανές, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔχει τὴν μεγίστην της τιμὴν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ τεμαχίου. Ἡ ἀνομοιομορφία 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 ἀνυψώνεται ταχέως, ἐνῶ ὁ πυρήν του παραμένει ψυχρὸς ἢ θερμαίνεται ὀλίγον, λόγω τῆς μεταδόσεως τῆς θερμότητος δι' ἀγωγῆς ἀπὸ τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος πρὸς τὸν πυρῆνα.



Σχ. 19·9 δ.

α) Διάταξις ἐπαγωγικοῦ πηνίου καὶ κυλινδρικοῦ τεμαχίου πρὸς θέρμανσιν κατὰ τὴν ἐπιφανειακὴν βαφὴν δι' ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς. β) Διάγραμμα κατανομῆς δινορρευμάτων κατὰ τὴν θέρμανσιν τεμαχίων δι' ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς μὲ ὑψηλὴν συχνότητα.

Διὰ τὴν τροφοδότησιν τῶν ἐπαγωγικῶν πηνίων χρησιμοποιοῦνται γεννήτριαι ὑψηλῆς συχνότητος (μέχρι περίπου 10 000 c/sec) ἢ ταλαντωταὶ μὲ τὸν ἀπαιτούμενον ἐνισχυτὴν ἰσχύος 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 ἕως 2,00 mm χρησιμοποιεῖται διὰ τεμάχια, ποὺ χρειάζεται νὰ ἀντέχουν εἰς φθοράν, 4,00 ἕως 8,00 mm διὰ τεμάχια, ποὺ πρέπει νὰ ἀντέχουν εἰς σύνθλιψιν καὶ 10 mm καὶ ἄνω διὰ κυλίνδρους ἐλάστρων.

Ἡ ἐπιφανειακὴ βαφὴ δι' ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς δυσκόλως ἐφαρμόζεται εἰς τεμάχια πολυπλόκου σχήματος. Εἰς ἁπλᾶ ὅμως τεμάχια καὶ διὰ μαζικὴν παραγωγήν, χρησιμοποιεῖται μὲ ἱκανοποιητικὰ ἀποτελέσματα ἀπὸ ἀπόψεως κόστους καὶ ποιότητος.

Ἐφαρμόζεται σήμερον εὐρύτατα διὰ τὴν ἐπιφανειακὴν σκλήρωσιν ὀδοντωτῶν τροχῶν, ἐκκεντροφόρων ἀξόνων, ἐκκέντρων, ὀλισθητήρων 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 ἑξῆς χαρακτηριστικά:

1) Ὡς πρὸς τὸν τρόπον χρήσεως.

Ὡς πρὸς τὸν τρόπον χρησεώς 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. Ἔτσι, ὁ κλίβανος τύπου παρτίδος, ὁ ὁποῖος εὐρύτατα χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν πρᾶξιν, δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ δι' ἀνόπτησιν, ἐπαναφορὰν καὶ ἐνανθράκωσιν, καθὼς ἐπίσης καὶ πρὸς θέρμανσιν τεμαχίων διὰ βαφὴν ἢ ἐξομάλυνσιν.

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 ἑξῆς:

Ὁ κλίβανος τροφοδοτεῖται μὲ ὡρισμένον ἀριθμὸν τεμαχίων (παρτίδα), τὰ ὁποῖα θερμαίνονται εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, παραμένουν ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν καὶ ἀκολούθως ὑπόκεινται εἰς ὡρισμένην θερμικὴν κατεργασίαν. Παραμένουν π.χ. εἰς τὸν κλίβανον διὰ νὰ ἀποψυχθοῦν μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος ἢ ἀποσύρονται ἀπὸ τὸν κλίβανον διὰ νὰ ὑποστοῦν βαφὴν ἢ ἐξομάλυνσιν καὶ ἀκολουθεῖ κατόπιν ἡ θερμικὴ κατεργασία τῆς ἑπομένης παρτίδος. Πρέπει νὰ σημειώσωμεν ἐδῶ, ὅτι κάθε παρτίς, ποὺ εἰσάγεται εἰς τὸν κλίβανον, συνήθως διαφέρει ὡς πρὸς ἄλλην παρτίδα κατὰ τὸ μέγεθος, τὸ βάρος, τὸ εἶδος τοῦ χάλυβος, ἀλλὰ καὶ κατὰ τὸ εἶδος τῆς ἀπαιτουμένης θερμικῆς κατεργασίας. Χαρακτηριστικὸν τῶν κλιβάνων αὐτῶν, εἰς τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖται ποικιλία θερμικῶν κατεργασιῶν, εἶναι τὸ ὑψηλὸν κόστος λειτουργίας των. Εἰς τμήματα θερμικῶν κατεργασιῶν, ὅπου ὑπάρχουν πολλοὶ κλίβανοι αὐτοῦ τοῦ εἴδους, εἶναι οἰκο-

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

νομικώτερον νὰ χρησιμοποιοῦνται ὡρισμένοι κλίβανοι δι' ἀνόπτησιν, ἄλλοι διὰ βαφὴν ἢ ἐξομάλυνσιν κ.λπ.

Τυπικὸν παράδειγμα κλιβάνων τύπου παρτίδος εἶναι οἱ κλίβανοι τοῦ σχήματος 19 · 10 α.

Ὁ κλίβανος τοῦ σχήματος 19 · 10 α (α) χρησιμοποιεῖ ὡς καύσιμον ἄνθρακα. Ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐρύχωρον θάλαμον **Α** μὲ θολωτὴν ὀροφὴν **Β**, ἡ ὁποία φέρει ὀπὴν διὰ τὴν εἴσοδον τοῦ πυρομέτρου πρὸς μέτρησιν τῆς θερμοκρασίας. Ἐπὶ 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. Ὁ θάλαμος συγκοινωνεῖ μὲ τὴν ἑστίαν ἢ τὰς ἑστίας (ὁ κλίβανος δύναται νὰ διαθέτῃ καὶ περισσοτέρας τῆς μιᾶς ἑστίας) διὰ θυρίδος **Γ**, διὰ τῆς ὁποίας εἰσέρχονται τὰ θερμὰ ἀέρια εἰς τὸν θάλαμον τοῦ κλιβάνου. Τὰ ἀέρια αὐτὰ ἀπάγονται πρὸς τὴν καπνοδόχον δι' ἄλλης θυρίδος **Δ**. Διὰ τῆς θυρίδος **Ε** γίνεται ἡ τροφοδότησις μὲ ἄνθρακα, ὁ ὁποῖος καίεται εἰς τὴν ἑστίαν **Ζ**. Ἡ προκύπτουσα ἀπὸ τὴν καῦσιν τέφρα συλλέγεται εἰς τὴν τεφροδόχον **Θ**. Ὁ κλίβανος ἐσωτερικῶς φέρει πυρίμαχον ἐπένδυσιν ἐκ τούβλων. Φέρει ἐπίσης ἐξωτερικῶς τῆς πυριμάχου ἐπενδύσεως καὶ κατάλληλον στρῶμα πρὸς θερμικὴν μόνωσίν του.

Ὁ κλίβανος τοῦ σχήματος 19 · 10 α (β) χρησιμοποιεῖται πρὸς θερμικὴν κατεργασίαν τεμαχίων μικροῦ μεγέθους. Ἡ εἰσαγωγὴ τῶν τεμαχίων εἰς τὸν κλίβανον γίνεται συνήθως μὲ τὰς χεῖρας. Διὰ βαρύτερα ὅμως τεμάχια ἢ κιβώτια ἐνανθρακώσεως εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ ἁπλοῦν ἀνυψωτικὸν μηχάνημα. Διὰ τὴν εὔκολον εἰσαγωγὴν καὶ ἐξαγωγὴν 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 εὐκολίαν ἡ φόρτωσις καὶ ἐκφόρτωσις.

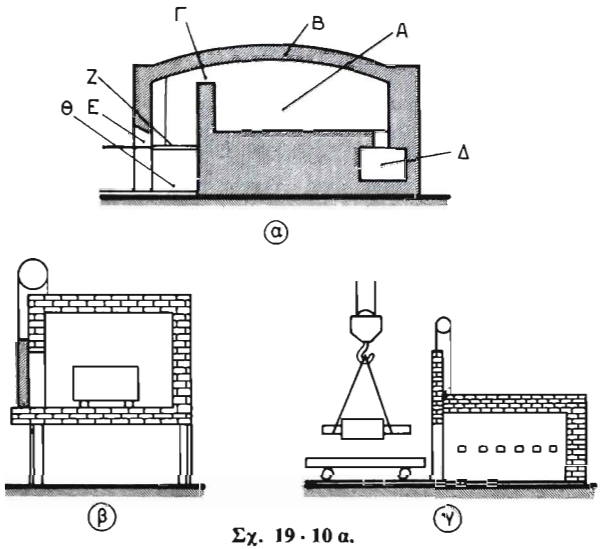
Ἡ θερμικὴ κατεργασία τεμαχίων μεγάλου μήκους ἐκτελεῖται εἰς εἰδικοὺς κλιβάνους, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 19 · 10 β. Τὸ τεμάχιον ἢ τὰ τεμάχια εἰσάγονται εἰς τὸν κλίβανον καταλλήλως ἀναρτώμενα. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, μὲ τὴν κατακόρυφον θέσιν, ποὺ λαμβάνουν, ἀποφεύγεται ἡ στρέβλωσίς των, ποὺ θὰ ἦτο ἀναπόφευκτος, ἂν τὰ τεμάχια ἐλάμβανον ὁριζοντίαν θέσιν.

Οἱ κλίβανοι *συνεχοῦς ροῆς* λειτουργοῦν πάντοτε ὑπὸ συνθήκας σταθερᾶς θερμοκρασίας. Χρησιμοποιοῦνται δηλαδὴ πάντοτε διὰ τὴν θέρμανσιν τεμαχίων, τοῦ αὐτοῦ εἴδους, τὰ ὁποῖα ὑπόκεινται εἰς τὴν αὐτὴν θερμικὴν κατεργασίαν, π.χ. ἀνόπτησιν, βαφὴν ἢ ἐπαναφοράν. Οἱ κλίβανοι αὐτοὶ συνεπῶς εἶναι αὐστηρῶς ἐξειδικευμένοι. Εἶναι τυπικοὶ ἐργοστασίων μαζικῆς παραγωγῆς. Κατὰ τὴν λειτουργίαν των, τὰ τεμάχια εἰσάγονται ἀπὸ τὴν μίαν πλευρὰν καὶ ἐξάγονται ἀπὸ τὴν ἀπέναντι πλευράν, μετακινούμενα μέσω τοῦ κλιβάνου διὰ μηχανικῶν μέσων.

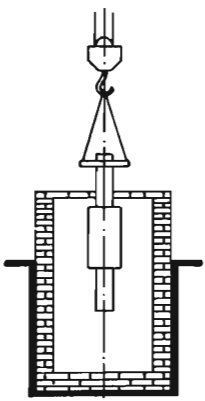
Οἱ ἐν χρήσει κλίβανοι συνεχοῦς ροῆς περιλαμβάνουν:

α) Τοὺς κλιβάνους *περιστρεφομένου δαπέδου* [σχ. 19 · 10 γ (α)], ποὺ στρέφονται βραδέως περὶ κατακόρυφον ἄξονα.

β) Τοὺς κλιβάνους *ὠθήσεως* (ἢ μὲ *ὠθητὴν*) [σχ. 19 · 10 γ (β)], ὅπου τὰ πρὸς θερμικὴν κατεργασίαν τεμάχια ὠθοῦνται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα, μέσω



Σχ. 19 · 10 α.
Σχηματικὴ παράστασις κλιβάνων θερμικῶν κατεργασιῶν τύπου παρτίδος.



Σχ. 19 · 10 β.
Σχηματικὴ παράστασις κλιβάνου τύπου παρτίδος διὰ θερμικὴν κατεργασίαν τεμαχίων μεγάλου μήκους.

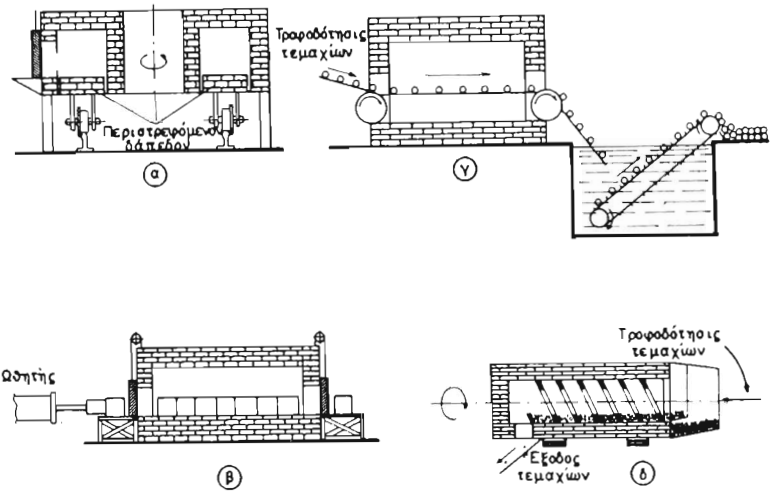
τοῦ θαλάμου τοῦ κλιβάνου μὲ εἰδικὸν ὑδραυλικὸν μηχανισμόν. Ὁ μηχανισμὸς αὐτὸς ἔχει σχεδιασθῆ κατὰ τρόπον, ὥστε τὰ τεμάχια νὰ ὠθοῦνται περιοδικῶς, καὶ εἰς ὡρισμένην ἀπόστασιν τὸ καθένα. Τὰ μεγάλα τεμάχια τοποθετοῦνται ἀπ' εὐθείας ἐπὶ τοῦ δαπέδου, ἐνῶ τὰ μικρὰ τοποθετοῦνται εἰς κατάλληλα κιβώτια. Οἱ κλίβανοι αὐτοῦ τοῦ εἴδους δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν δι' ἀνόπτησιν, ἐπαναφορὰν καὶ βαφὴν ἢ ἐξομάλυνσιν.

γ) Τοὺς κλιβάνους *μεταφορικῆς ταινίας* [σχ. 19 · 10 γ (γ)], εἰς τοὺς ὁποίους ἡ ταινία μετακινεῖται συνεχῶς μὲ πολὺ χαμηλὴν ταχύτητα, κατασκευάζεται δὲ συνήθως χυτὴ ἀπὸ πυρίμαχον χάλυβα, ὁ ὁποῖος ἀντέχει εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας [παράγρ. 21 · 4 (Β)].

Τὰ πρὸς κατεργασίαν τεμάχια τοποθετοῦνται ἀπ' εὐθείας ἐπὶ τῆς ταινίας, ἐξερχόμενα δὲ ἀπὸ τὸν κλίβανον περισυλλέγονται εἰς κιβώτια ἢ ἐμβαπτίζονται ἀναλόγως εἰς κατάλληλον λουτρόν. Συνήθως οἱ κλίβανοι αὐτοὶ χρησιμοποιοῦνται διὰ βαφὴν ἢ ἐπαναφοράν.

δ) Τοὺς *περιστροφικοὺς* κλιβάνους [σχ. 19 · 10 γ (δ)], πού στρέφονται μὲ μικρὰν ταχύτητα περὶ ὁριζόντιον ἄξονα. Τὰ τεμάχια διέρχονται ἀπὸ τὸν θάλαμον τοῦ

κλιβάνου μὲ τὴν βοήθειαν κοχλιωτικῆς μεταφορικῆς ταινίας. Οἱ κλίβανοι αὐτοῦ τοῦ εἴδους χρησιμοποιοῦνται διὰ βαφὴν καὶ ἐπαναφορὰν μικρῶν τεμαχίων, καθὼς ἐπίσης καὶ δι' ἐνανθράκωσιν μὲ ἀέρια μέσα. Τὰ θερμὰ ἀέρια ἐνανθρακώσεως κυκλοφοροῦν γύρω ἀπὸ τὰ τεμάχια διὰ τῆς συνεχοῦς περιστροφῆς τοῦ κλιβάνου.



Σχ. 19·10γ.

Κλίβανοι θερμικῶν κατεργασιῶν συνεχοῦς ροῆς: α) Κλίβανος περιστρεφομένου δαπέδου. β) Κλίβανος ὠθήσεως. γ) Κλίβανος μεταφορικῆς ταινίας. δ) Περιστροφικὸς κλίβανος.

3) Ὡς πρὸς τὴν πηγὴν τῆς παρεχομένης θερμότητος.

Οἱ κλίβανοι θερμικῶν κατεργασιῶν διακρίνονται ὡς ἐξῆς ὡς πρὸς τὸ εἶδος τῆς πηγῆς τῆς παρεχομένης θερμότητος:

α) Εἰς κλιβάνους *στερεοῦ, ὑγροῦ* ἢ *ἀερίου* καυσίμου. Εἰς τὰ σύγχρονα τμήματα θερμικῶν κατεργασιῶν οἱ κλίβανοι στερεοῦ καυσίμου ἔχουν σχεδὸν ἐγκαταλειφθῆ. Μειονεκτοῦν κατὰ τὸ ὅτι ἡ σχεδίασις καὶ κατασκευή των εἶναι πολύπλοκος, ὁ ἔλεγχος τῆς θερμοκρασίας των εἶναι πολὺ δύσκολος καὶ δὲν προσφέρονται δι'αὐτοματισμόν. Οἱ κλίβανοι ἀερίου καυσίμου εἶναι οἱ περισσότερον ἀποδοτικοὶ τῆς κατηγορίας αὐτῆς. Ἡ σχεδίασίς των εἶναι πολὺ ἁπλῆ, ἐλέγχεται ἡ θερμοκρασία των εὐκόλως καὶ συνεπῶς δὲν παρουσιάζουν δυσκολίας κατὰ τὴν λειτουργίαν των.

Εἰς τοὺς κλιβάνους καυσίμου, ἡ θερμότης μεταδίδεται ἐκ τῶν θερμῶν ἀερίων πρὸς τὰ θερμαινόμενα τεμάχια δι' ἀκτινοβολίας καὶ κατ' εὐθεῖαν δι' ἀγωγῆς.

β) Εἰς ἠλεκτρικοὺς κλιβάνους, οἱ ὁποῖοι εἶναι πολὺ ἁπλοῖ εἰς τὴν σχεδίασιν, διότι δὲν διαθέτουν θάλαμον καύσεως, καπναγωγοὺς οὔτε καπνοδόχον. Ἡ θερμο-

κρασία μετρεῖται μὲ εὐκολίαν καὶ ἀκρίβειαν. Ὁ ἔλεγχός της δύναται νὰ γίνῃ πλήρως καὶ εὐκόλως μὲ ἐφαρμογὴν συστημάτων αὐτοματισμοῦ.

Εἰς τοὺς ἠλεκτρικοὺς κλιβάνους μὲ μεταλλικὰ θερμαντικὰ στοιχεῖα, ἡ μετάδοσις τῆς θερμότητος εἰς τὰ τεμάχια γίνεται μόνον δι' ἀκτινοβολίας. Κατὰ συνέπειαν οἱ ἠλεκτρικοὶ κλίβανοι θερμαίνονται κάπως βραδύτερον ἐν σχέσει πρὸς τοὺς κλιβάνους καυσίμου. Ἐπίσης, εἰς χαμηλοτέρας θερμοκρασίας ἡ θέρμανσις τῶν τεμαχίων εἶναι ἀνομοιόμορφος. Πρὸς ἀποφυγὴν τῶν μειονεκτημάτων αὐτῶν τῶν ἠλεκτρικῶν κλιβάνων, χρησιμοποιοῦνται ἀνεμιστῆρες διὰ τὴν κυκλοφορίαν τοῦ θερμοῦ ἀέρος εἰς τὸν θάλαμον τοῦ κλιβάνου.

Ὁ θερμικὸς βαθμὸς ἀποδόσεως τῶν ἠλεκτρικῶν κλιβάνων εἶναι πολὺ ὑψηλός, διότι δὲν ἔχομεν ἀπωλείας θερμότητος, ὅπως π.χ. μὲ τὰ ἐξερχόμενα καυσαέρια, πρᾶγμα ποὺ συμβαίνει εἰς τοὺς κλιβάνους καυσίμου. Χαρακτηριστικὸν εἶναι τὸ παράδειγμα, ὅτι ὁ θερμικὸς βαθμὸς ἀποδόσεως ἠλεκτρικοῦ κλιβάνου τύπου παρτίδος διὰ βαφὴν καὶ ἐξομάλυνσιν κυμαίνεται εἰς τὴν περιοχὴν ἀπὸ 65% μέχρις 75%, ἐνῶ ὁ θερμικὸς βαθμὸς ἀποδόσεως ἀντιστοίχου κλιβάνου καυσίμου κυμαίνεται ἀπὸ 15% μέχρις 20% μόνον.

Ἐπίσης ὁ θερμικὸς βαθμὸς ἀποδόσεως κλιβάνων συνεχοῦς ροῆς κυμαίνεται εἰς τὴν περιοχὴν ἀπὸ 70% ἕως 80% δι' ἠλεκτρικοὺς κλιβάνους ἐναντι 15% ἕως 25% διὰ κλιβάνους καυσίμου.

4) Ὡς πρὸς τὸ εἶδος τοῦ μέσου ἐκτελέσεως τῆς θερμικῆς κατεργασίας.

Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς θερμικῆς κατεργασίας εἶναι δυνατόν, ἀναλόγως τῆς περιπτώσεως, νὰ χρειάζεται ὡρισμένον μέσον διὰ νὰ γίνῃ αὐτή. Τὰ μέσα αὐτὰ εἶναι:

α) Ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ.

β) Προστατευτικὴ ἀτμόσφαιρα ἀερίου.

γ) Εἰδικὴ ἀτμόσφαιρα ἀερίου (ὡς π.χ. κατὰ τὴν ἐνανθράκωσιν δι' ἀερίων μέσων ἢ τὴν ἐναζώτωσιν).

δ) Λουτρὰ τετηγμένων ἁλάτων.

ε) Λουτρὰ ὀρυκτελαίων (λουτρὰ ἐπαναφορᾶς).

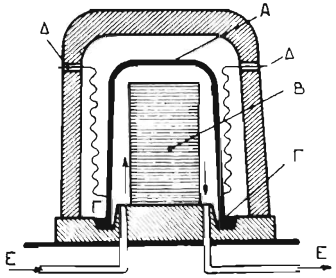
στ) Κόνις (ὅπως κατὰ τὴν ἐνανθράκωσιν διὰ στερεῶν μέσων).

Πρὸς θέρμανσιν τεμαχίων ἐντὸς προστατευτικῆς ἀτμοσφαίρας ἢ πρὸς ἐνανθράκωσιν, ἐναζώτωσιν ἢ ἐνδοκυάνωσιν χρησιμοποιεῖται ὁ κλίβανος χωνευτηρίου, τύπου κώδωνος (σχ. 19 · 10 δ). Βασικῶς περιλαμβάνει τὸ χωνευτήριον Α ἐκ πυριμάχου ὑλικοῦ εἰς σχῆμα κώδωνος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ἀφαιρῆται διὰ τὴν ἑκάστοτε τοποθέτησιν τῶν πρὸς κατεργασίαν τεμαχίων Β. Τὸ χωνευτήριον φράσσεται εἰς τὴν βάσιν του μὲ κατάλληλον πυρίμαχον πηλὸν Γ. Ἡ θέρμανσίς του ἐπιτυγχάνεται μὲ ἠλεκτρικὰς ἀντιστάσεις Δ. Πρὸς δημιουργίαν τῆς ἐπιθυμητῆς ἀτμοσφαίρας ἐντὸς τοῦ χωνευτηρίου κυκλοφορεῖ κατάλληλον ἀέριον διὰ τῶν σωληνώσεων Ε. Σοβαρὸν μειονέκτημα τῶν κλιβάνων αὐτῶν εἶναι ἡ μικρὰ διάρκεια ζωῆς τοῦ χωνευτηρίου.

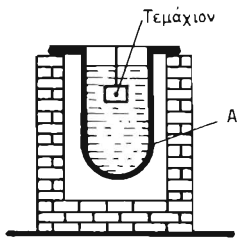
Λουτρὰ τετηγμένων ἁλάτων.

Ἔχομεν ἀναφέρει, ὅτι διὰ τὴν θέρμανσιν τῶν τεμαχίων πρὸς ἐπαναφοράν, βαφὴν ἢ ἐνανθράκωσιν μὲ ὑγρὰ μέσα ἐνανθρακώσεως, χρησιμοποιοῦνται λουτρὰ

τετηγμένων ἁλάτων. Τὰ λουτρὰ αὐτὰ ἔχουν τὸ πλεονέκτημα ὅτι δὲν ὀξειδώνουν οὔτε ἐξανθρακώνουν τὰ τεμάχια, πυρώνουν ὁμοιομόρφως, εἶναι κατάλληλα διὰ συνεχῆ ἐργασίαν καὶ προκαλοῦν εἰς τὸ ἐλάχιστον ρωγμὰς καὶ στρεβλώσεις. Χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν τεμαχίων μικροῦ μεγέθους. Τυπικὸς κλίβανος λουτροῦ τετηγμένων ἁλάτων δίδεται σχηματικῶς εἰς τὸ σχῆμα 19 · 10 ε. Τὰ ἅλατα



Σχ. 19 · 10 δ.
Κλίβανος χωνευτηρίου τύπου κώδωνος.



Σχ. 19 · 10 ε.
Κλίβανος λουτροῦ τετηγμένων ἁλάτων.

λειώνουν (τήκονται) ἐντὸς χωνευτηρίου Α κατεσκευασμένου συνήθως ἀπὸ πυρίμαχον χάλυβα. Τὸ χωνευτήριον αὐτὸ θερμαίνεται διὰ τῆς καύσεως ὑγροῦ ἢ ἀερίου καυσίμου (περίπτωσις σχ. 19 · 10 ε) ἢ δι' ἠλεκτρικῶν ἀντιστάσεων εὑρισκομένων ἐκτὸς τοῦ λουτροῦ. Συμβαίνει ὅμως νὰ χρησιμοποιοῦνται καὶ λουτρά, εἰς τὰ ὁποῖα τὰ τετηγμένα ἅλατα θερμαίνονται ἀπὸ ἠλεκτρόδια, ποὺ ἐμβαπτίζονται ἐντὸς αὐτῶν. Τὰ λουτρὰ 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 ἅλατα καὶ μίγματα ἁλάτων, ὡς καὶ τὰ μέταλλα, ποὺ συνήθως χρησιμοποιοῦνται ὡς λουτρὰ μὲ ὡρισμένα χρήσιμα διὰ τὴν πρᾶξιν στοιχεῖα.

Διὰ τὴν ἐπαναφορὰν ἐργαλείων μεταχειριζόμεθα καὶ λουτρὰ ἐλαίου, ποὺ θεωροῦνται κατάλληλα μέχρι τῆς θερμοκρασίας τῶν 300° C. Τὰ λουτρὰ αὐτὰ παρουσιάζουν εὐκολίαν εἰς τὴν μέτρησιν καὶ τὸν ἔλεγχον τῆς θερμοκρασίας. Δὲν ἀπαιτοῦν δοχεῖα ἀπὸ πυρίμαχον ὑλικόν, ἀλλὰ ἀπὸ χυτοσίδηρον ἢ κοινὸν χάλυβα.

19 · 11 Θερμικαὶ κατεργασίαι χαλυβοκραμάτων.

Ὅλα, ὅσα ἔχομεν μέχρι τώρα ἀναφέρει περὶ θερμικῶν κατεργασιῶν, ἀφοροῦν εἰς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας. Κατὰ τὰς θερμικὰς ὅμως κατεργασίας τῶν χαλυβοκραμάτων (παράγρ. 20 · 1) παρατηροῦνται ὡρισμέναι διαφοραί, μὲ τὰς ὁποίας καὶ θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς τὴν παράγραφον αὐτήν. Θὰ ἀναφερθῶμεν εἰς γενικὰς μόνον παρατη-

ΠΙΝΑΞ 19·10·1

Λουτρὰ τετηγμένων ἁλάτων καὶ μετάλλων χρησιμοποιούμενα εἰς θερμικὰς κατεργασίας

Σκοπὸς τοῦ λουτροῦ τετηγμένων ἁλάτων	Ἅλατα ἢ μίγματα ἁλάτων		Θερμοκρασία [°C]	
	Ὀνομασία	Βάρος [%]	Σημεῖον τήξεως	Περιοχὴ λειτουργίας
Ἐπαναφορὰ ἐλατηρίων καὶ μικρῶν τεμαχίων	Νιτρικὸν νάτριον Νιτρικὸν κάλιον	55 45	218	230 – 550
	Νιτρικὸν νάτριον Νιτρικὸν κάλιον	45 55		
	Νιτρικὸν νάτριον	100	317	325 – 600
	Νιτρικὸν κάλιον	100	337	350 – 600
Θέρμανσις ἀνθρακούχων χαλύβων καὶ πτωχῶν χαλυβοκραμάτων πρὸς βαφὴν	Χλωριοῦχον νάτριον Ἀσβεστοποιημένον νάτριον	35 65	620	650 – 900
	Χλωριοῦχον νάτριον Χλωριοῦχον βάριον	22 78	654	675 – 900
Θέρμανσις πλουσίων χαλυβοκραμάτων πρὸς βαφὴν	Χλωριοῦχον νάτριον	100	810	850 – 1100
Θέρμανσις ταχυχαλύβων πρὸς βαφὴν	Χλωριοῦχον βάριον	100	960	1100 – 1350
Ἀλκαλικὰ λουτρὰ δι' ἐπαναφορὰν	Καυστικὴ σόδα	100	332	350 – 700
	Καυστικὴ ποτάσσα	100	360	400 – 650
	Καυστικὴ σόδα Καυστικὴ ποτάσσα	37 63	159	180 – 350
Λουτρὰ μολύβδου - κασσιτέρου πρὸς ἐπαναφορὰν	Μόλυβδος Κασσίτερος	45 55	200	220 – 500
	Μόλυβδος Κασσίτερος	70 30	250	225 – 500
	Μόλυβδος Κασσίτερος	88 12	300	325 – 550

ρήσεις. Περισσότερα στοιχεῖα ἐπὶ τῶν θερμικῶν κατεργασιῶν τῶν χαλυβοκραμάτων θὰ δώσωμεν, ὅπου χρειασθῆ, εἰς τὰ σχετικὰ εἰδικὰ κεφάλαια.

1) Βαφὴ χαλυβοκραμάτων.

Διὰ τὴν βαφὴν τῶν χαλυβοκραμάτων ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἑξῆς:

α) Προσθῆκαι (τὰ ξένα στοιχεῖα, ποὺ προστίθενται εἰς τὸν ἀνθρακοῦχον χάλυβα, διὰ νὰ σχηματισθῆ τὸ χαλυβόκραμα) τοῦ χαλυβοκράματος (εἶδος καὶ περιεκτικότης), μεταθέτουν πρὸς τὰ δεξιὰ τὸ ἀντίστοιχον διάγραμμα Χ - Θ - Μ (σχ. 18 · 2 β). Τοῦτο σημαίνει, ὅτι ἡ κρίσιμος ταχύτης βαφῆς (παράγρ. 18 · 3) ἐλαττώνεται.

Ἡ μετάθεσις αὐτὴ τοῦ διαγράμματος Χ - Θ - Μ εἶναι μεγαλυτέρα, ὅταν αὐξηθῆ 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_ε) καὶ πέρατος (θ_π) μετασχηματισμοῦ τοῦ ὡστενίτου εἰς μαρτενσίτην κατὰ τὴν βαφὴν (παράγρ. 20 · 2). Αἱ θερμοκρασίαι θ_ε καὶ θ_π ἐξαρτῶνται καὶ ἐκ τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητος, ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει (σχ. 19 · 7 α).

Εἰς ὡρισμένα χαλυβοκράματα, ἡ θερμοκρασία θ_ε συμβαίνει νὰ εἶναι κατωτέρα τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, τὸ χαλυβόκραμα καὶ μετὰ τὴν βαφὴν θὰ ἔχη κρυσταλλικὴν δομὴν ὡστενίτου. Τὰ χαλυβοκράματα αὐτὰ ὀνομάζονται *ὡστενιτικά*.

γ) Ὡρισμένα χαλυβοκράματα εἶναι δυνατόν, μετὰ ἀπὸ ἀπότομον ψυξιν εἰς τὸν ἥρεμον 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 Χ - Θ - Μ τοῦ χαλυβοκράματος (ὅπως ἀνωτέρω ἀνεφέραμεν), ὥστε ἡ κρίσιμος ταχύτης βα-

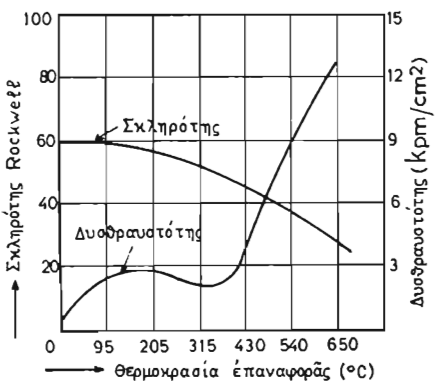
φῆς κατῆλθε κάτω τῆς ταχύτητος ἀποψύξεως εἰς τὸν ἐλεύθερον ἤρεμον ἀέρα. Τὰ χαλυβοκράματα αὐτὰ ὀνομάζονται *αὐτόβαφα* ἢ *μαρτενσιτικά*.

δ) Ἡ σκληρότης, ποὺ ἐπιτυγχάνεται μετὰ ἀπὸ βαφήν, ἐξαρτᾶται ὀλίγον καὶ ἀπὸ τὰς προσθήκας, ἀποφασιστικὸς ὅμως παράγων εἶναι ἡ εἰς ἄνθρακα περιεκτικότης τοῦ χαλυβοκράματος. Ὅσον ἡ εἰς ἄνθρακα περιεκτικότης εἶναι μεγαλυτέρα, τόσον τὸ χαλυβόκραμα ἀποκτᾶ μεγαλυτέραν σκληρότητα μετὰ τὴν βαφήν.

ε) Αἱ προσθῆκαι εἰς τὸν χάλυβα ἔχουν ἐπίδρασιν καὶ ἐπὶ τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων τοῦ ὡστενίτου καὶ κατὰ συνέπειαν τοῦ μαρτενσίτου μετὰ βαφήν, τοῦ περλίτου - φερρίτου μετὰ ἀνόπτησιν κ.λπ. Αἱ προσθῆκαι, ποὺ εὐνοοῦν τὴν ἀνάπτυξιν λεπτοκόκκου κρυσταλλικοῦ ἱστοῦ, εἶναι ἐκεῖναι ποὺ σχηματίζουν καρβίδια, δηλαδὴ τὸ Cr, Mo, W, V, Mn, Ti.

2) Ἐπαναφορὰ χαλυβοκραμάτων.

Γνωρίζομεν, ὅτι κατὰ τὴν ἐπαναφορὰν τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων (σχ. 19·8γ) ἡ δυσθραυστότης αὐξάνεται συνεχῶς, καθ' ὅσον αὐξάνεται 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. 19·11α) διὰ πτωχὸν χαλυβόκραμα. Πρακτικὴ συνέπεια αὐτοῦ εἶναι ὅτι, ἐὰν χρειάζεται τὸ χαλυβόκραμα νὰ ἔχῃ κυρίως μεγάλην σκληρότητα καὶ ἀντοχὴν εἰς φθοράν, τότε ἡ ἐπαναφορά του γίνεται εἰς θερμοκρασίαν κάτω τῶν



Σχ. 19·11α.

Μεταβολὴ δυσθραυστότητος καὶ σκληρότητος πτωχοῦ χαλυβοκράματος συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας ἀνοπτήσεως.

200⁰ C. Ἐὰν χρειάζεται νὰ ἔχῃ καλὴν δυσθραυστότητα, τότε ἐπαναφέρεται εἰς θερμοκρασίαν ἄνω τῶν 400⁰ C ἀναλόγως.

Εἰς ὡρισμένα χαλυβοκράματα, κυρίως μαγγανίου καὶ χρωμίου ἢ νικελίου καὶ χρωμίου, παρατηρεῖται τὸ φαινόμενον ποὺ ὀνομάζομεν *ἀνωμαλίαν εὐθραυστότητος ἐξ ἐπαναφορᾶς*. Τὸ κρᾶμα δηλαδή, μετὰ βαφὴν καὶ ἐπαναφορὰν εἰς τὴν περιοχὴν θερμοκρασίας ἀπὸ 450⁰ C ἕως 600⁰ C περίπου καὶ βραδεῖαν ἀπόψυξιν μετὰ τὴν ἐπαναφορὰν εἶναι εὔθραυστον εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος.

Ἡ δυσθραυστότης ἐν τούτοις τοῦ χαλυβοκράματος διατηρεῖται, ἂν ἡ ἀπόψυξις μετὰ τὴν ἀνόπτησιν γίνῃ ταχέως, π.χ. ἐντὸς ὕδατος. Ἐὰν προσθέσωμεν ὀλίγον Mo (περίπου 0,10 %) εἰς τὸ χαλυβόκραμα, περιορίζεται κατὰ πολὺ ἡ ἀνωμαλία αὐτή.

Ἐπίσης, εἰς ὡρισμένα πλούσια χαλυβοκράματα, ὅπως εἶναι οἱ ταχυχάλυβες [παράγρ. 21 · 3(Ε), μὲ στοιχεῖα ποὺ σχηματίζουν καρβίδια, παρατηρεῖται ὅτι δὲν ἐλαττώνεται ἡ σκληρότης των μετὰ ἐπαναφορὰν [σχ. 19 · 8 γ (β)]. Οἱ χάλυβες αὐτοῦ τοῦ εἴδους χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν ἐργαλείων κοπῆς, ποὺ πρέπει νὰ διατηροῦν τὴν σκληρότητά των εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας. Καὶ τοῦτο, διότι κατὰ τὴν κοπὴν τῶν μετάλλων, διὰ νὰ ἔχωμεν καλὴν ἀπόδοσιν χρειάζεται μεγάλη ταχύτης κοπῆς, ἡ ὁποία 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 ὁποίους ἐκτενῶς ἔχομεν ἀσχοληθῆ, παρουσιάζουν σοβαρὰ μειονεκτήματα ἔναντι τῶν ἀπαιτήσεων τῆς συγχρόνου τεχνικῆς. Τὰ σπουδαιότερα ἀπὸ τὰ μειονεκτήματα αὐτὰ εἶναι τὰ ἑξῆς:

α) Τὸ ὅριον θραύσεως τῶν χαλύβων αὐτῶν ἐν συνδυασμῷ καὶ πρὸς ἱκανοποιητικὴν δυσθραυστότητα καὶ πλαστικότητα θεωρεῖται χαμηλόν.

β) Κατὰ τὴν βαφὴν των παρατηρεῖται ἔντονον τὸ *φαινόμενον μάζης* [παράγρ. 19 · 7 (Δ)]. Τεμάχια δηλαδὴ μεγάλης διατομῆς δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ βαφοῦν ὁμοιομόρφως εἰς ὅλην τὴν ἔκτασιν τῆς διατομῆς των, ἔστω καὶ εἰς τὸ δραστικώτερον λουτρὸν βαφῆς. Ἐπίσης, λόγω τῆς μεγάλης ταχύτητος ἀποψύξεως, ποὺ ἀπαιτεῖται διὰ τὴν βαφὴν τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων, δημιουργοῦνται στρεβλώσεις, ρωγμαὶ ἢ καὶ τὰ δύο εἰς τὰ τεμάχια.

γ) Παρουσιάζουν μειωμένην ἀντοχὴν εἰς τὴν ὀξείδωσιν καὶ εἰς τὴν διάβρωσιν, ἀκόμη καὶ εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα. Ἡ ἀντοχή 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, ὅπου εἶναι ἐπιθυμητὴ ἡ διατήρησις τῆς σκληρότητος εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας.

ε) Μὲ τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιτύχωμεν ὡρισμένας χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας, ποὺ εἶναι ἀναγκαῖαι εἰς ἐφαρμογὰς εἰς τὸν ἠλεκτρισμόν, μαγνητισμὸν ἢ ἄλλου, ὅπως π.χ. πολὺ μικρόν, μηδενικὸν σχεδόν, συντελεστὴν διαστολῆς.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

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 ἄνθρακος, εἰς τὰ ὁποῖα προστίθενται ἕνα ἢ περισσότερα ξένα στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζομεν *προσθήκας*. Εἰς τὰς προσθήκας αὐτὰς ὀφείλονται αἱ βελτιωμέναι ἢ καὶ ἐντελῶς νέαι ἰδιότητες τῶν χαλυβοκραμάτων, τὰς ὁποίας δὲν ἔχουν οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες. Ἔτσι, μικραὶ π.χ. ποσότητες νικελίου, Ni, καὶ χρωμίου, Cr, βελτιώνουν σημαντικῶς τὰς μηχανικὰς 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 ὁποῖα ὀνομάζομεν *κυρίας* προσθήκας καὶ

β) τὸ μολυβδαίνιον, Mo, τὸ βολφράμιον, W, τὸ βανάδιον, V, κοβάλτιον, Co, καὶ τὸ ἀργίλιον, Al, τὰ ὁποῖα ὀνομάζομεν *δευτερευούσας* προσθήκας.

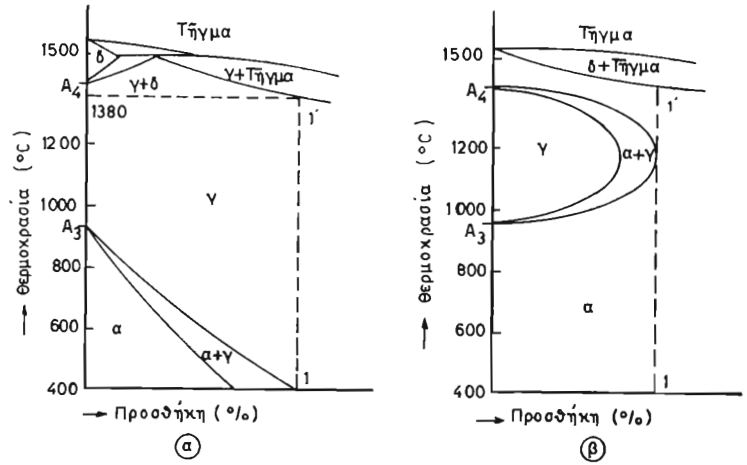
20·2 Ἐπίδρασις τῶν προσθηκῶν. Εἴδη χαλυβοκραμάτων.

Κατωτέρω, θὰ ἀναφέρωμεν χονδρικῶς τὴν ἐπίδρασιν ποὺ ἔχουν αἱ προσθῆκαι, ὅσον ἀφορᾶ εἰς τὰς μηχανικὰς καὶ ἄλλας ἰδιότητας τῶν χαλυβοκραμάτων, καθὼς ἐπίσης καὶ τὴν κρυσταλλικήν των δομήν. Κατόπιν θὰ ἐξετάσωμεν λεπτομερέστερον τὴν ἐπίδρασιν κάθε προσθήκης χωριστά. Ἔτσι:

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 A_1 (σχ. 16·α, 17·1, 17·2α), ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 20·2α (α). Ἔτσι, ὅταν τὰ στοιχεῖα αὐτὰ προστίθενται εἰς ἀνθρακοῦχον χάλυβα, σταθεροποιοῦν τὸν ὡστενίτην (γ) καὶ αὐξάνουν τὴν περιοχὴν θερμοκρασιῶν, εἰς τὰς ὁποίας ὁ ὡστενίτης εἶναι δυνατὸν νὰ εὑρίσκεται εἰς κατάστασιν εὐσταθείας, δηλαδὴ νὰ μὴ διασπᾶται. Ἐὰν π.χ. ἡ προσθήκη φθάση τὴν περιεκτικότητα, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ σημεῖον 1, τότε ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ χαλυβοκράματος θὰ εἶναι ὡστενίτης ἀπὸ θερμοκρασίαν 400^0 C μέχρι περίπου 1380^0 C (σημεῖον 1′). Ὅπως θὰ ἴδωμεν κατω-

τέρω, εἶναι δυνατὸν μὲ καταλλήλους προσθήκας νὰ ἔχωμεν εὐσταθῆ 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)]. Ἔτσι, περιορίζονται αἱ θερμοκρασίαι καὶ περιεκτικότητες τῆς προσθήκης, εἰς τὰς ὁποίας ὑπάρχει εὐσταθὴς ὡστενίτης καὶ δημιουργεῖται ἕνας *γ-βρόγχος*, ὅπως τὸν ὀνομάζομεν. Συνεπῶς, μόλις ἡ προσθήκη ὑπερβῆ τὴν ἀναλογίαν, ποὺ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ σημεῖον 1 [σχ. 20 · 2 α (β)], τότε τὸ χαλυβόκραμα θὰ ἔχη κρυσταλλικὴν δομὴν φερρίτου (α) εἰς οἱανδήποτε 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 σεμεντίτην (παράγρ. 17 · 1).

Ἄλλαι προσθῆκαι ὅμως, ὅπως τὸ Ni, Si καὶ Al *γραφιτοποιοῦν* τὸν σεμεντίτην.

Ὁ σεμεντίτης, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, διασπᾶται εἰς φερρίτην καὶ γραφίτην. Εἰς τὴν πρᾶξιν, διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὸ ἀποτέλεσμα τῆς γραφιτοποιήσεως τοῦ σεμεντίτου, ποὺ χειροτερεύει τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ χαλυβοκράματος, προσθέτομεν στοιχεῖα ποὺ σχηματίζουν καρβίδια, ὅπως συμβαίνει μὲ τοὺς νικελιοχρωμιούχους χάλυβας [παράγρ. 20 · 2 (Δ)], ὅπου, ἐνῶ τὸ Ni βοηθεῖ εἰς τὴν ἀπελευθέρωσιν γραφίτου, τὸ Cr σχηματίζει σκληρὰ καρβίδια.

δ) Αἱ προσθῆκαι μετατοπίζουν πρὸς τὰ ἀριστερὰ τὸ σημεῖον τῆς εὐτηκτοειδοῦς ἀναλογίας S (σχ. 17 · 2 α) τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος ἰσορροπίας τοῦ χάλυβος. Τοῦτο σημαίνει, ὅτι τὸ χαλυβόκραμα θὰ ἔχῃ κρυσταλλικὴν δομὴν περλίτου, ἂν καὶ θὰ περιέχῃ ἄνθρακα κάτω τοῦ 0,80%. Χαλυβοκράματα π.χ. μὲ π(Mn) = 2,50% παρουσιάζει δομὴν περλίτου μὲ π(C) = 0,65%.

ε) Ἔχομεν ἤδη ἀναφέρει εἰς τὴν παράγραφον 19 · 11, ὅτι αἱ προσθῆκαι εἰς ἀνθρακοῦχον χάλυβα μεταθέτουν πρὸς τὰ δεξιὰ τὸ διάγραμμα Χ - Θ - Μ, μὲ συνέπειαν τὴν ἐλάττωσιν τῆς κρισίμου ταχύτητος ἀποψύξεως (παράγρ. 18 · 3) τοῦ χαλυβοκράματος καὶ αὔξησιν τῆς ἱκανότητός του πρὸς βαφήν. Τοῦτο ἐπιτρέπει τὴν χρησιμοποίησιν ἠπιωτέρων λουτρῶν βαφῆς μὲ τὰ γνωστὰ πλεονεκτήματα (ἀποφεύγονται στρεβλώσεις καὶ ρωγμαὶ τῶν τεμαχίων).

Ἂς λάβωμεν ὡς παράδειγμα τὸν εὐτηκτοειδῆ ἀνθρακοῦχον χάλυβα. Διὰ νὰ βαφῇ, πρέπει νὰ ἀποψυχθῇ ἀπὸ 723° C μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος εἰς χρονικὸν διάστημα ἑνὸς 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 βαφὴ νὰ εἶναι δυνατὴ ἐντὸς λουτροῦ ἐλαίου (ἤπιον λουτρὸν βαφῆς).

Ὡρισμένα χαλυβοκράματα, μὲ καταλλήλους προσθήκας, βάφονται ἀκόμη καὶ ἐὰν ἀποψυχθοῦν εἰς τὸν ἐλεύθερον ἀέρα (πολὺ χαμηλὴ κρίσιμος ταχύτης ἀποψύξεως).

στ) 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 εἶναι τὸ Cr καὶ τὸ Si, ἐνῶ ἄλλαι ἐλαττώ-

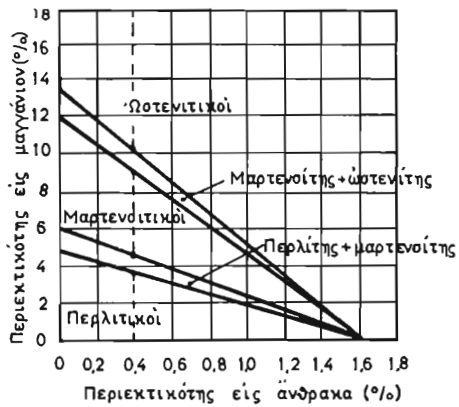
νουν τὸ μέγεθος τῶν κόκκων, ὅπως τὸ Ni. Τοῦτο ἔχει, ὡς γνωστόν, ἰδιαιτέραν σημασίαν, διότι ἐπηρεάζει τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ χαλυβοκράματος. Ἡ δυσθραυστότης λόγου χάριν βελτιώνεται, μὲ ἐκλέπτυνσιν τῶν κόκκων.

Ἂς 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 τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας:



Σχ. 20 · 2 β.
Κρυσταλλικὴ δομὴ μαγγανιούχων χαλύβων συναρτήσει τῆς εἰς ἄνθρακα καὶ μαγγάνιον περιεκτικότητος.

α) Βελτιώνει τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ χαλυβοκράματος.

β) Χαμηλώνει τὴν κρίσιμον ταχύτητα ἀποψύξεως.

γ) Καταβιβάζει τὸ κρίσιμον σημεῖον A_3 καὶ ἔτσι καθιστᾶ σταθερὸν τὸν ὡστενίτην καὶ

δ) σχηματίζει σταθερὰ καρβίδια.

Οἱ μαγγανιοῦχοι χάλυβες συναντῶνται μὲ κρυσταλλικὴν δομὴν περλίτου (περλιτικοὶ χάλυβες), μαρτενσίτου (μαρτενσιτικοὶ) ἢ ὡστενίτου (ὡστενιτικοὶ) ἀναλόγως τῆς εἰς ἄνθρακα 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 ὡστενίτου διὰ $\pi(Mn) > 10{,}50\,\%$ κατὰ προσέγγισιν.

Οἱ ἐν χρήσει περλιτικοὶ μαγγανιοῦχοι χάλυβες περιέχουν περί-

ΠΙΝΑΞ 20·2·1

Ἐπίδρασις τῶν προσθηκῶν ἐπὶ τῶν διαφόρων ἰδιοτήτων τῶν χαλύβων

Ἰδιότητες τῶν χαλύβων	Mn	Ni	Cr	W	M_0	V	Si	Al	Co
1. Διαλυτότης εἰς τὸν φερρίτην	3%	10%	ἀπεριόριστος	33%	37,50%	ἀπεριόριστος	18,50%	36%	75%
2. Διαλυτότης εἰς τὸν ὡστενίτην	ἀπεριόριστος	ἀπεριόριστος	12,80%	6%	3%	1%	2%	1,10%	ἀπεριόριστος
3. Τάσις σχηματισμοῦ καρβιδίων	+	— (γραφιτοποιεῖ)	+ +	+ + +	+ +	+ + + +	— (γραφιτοποιεῖ)	— (γραφιτοποιεῖ)	+
4. Μηχανικαὶ ἰδιότητες	βελτίωσις	βελτίωσις			βελτίωσις				
5. Σταθεροποίησις ὡστενίτου	ΝΑΙ	ΝΑΙ							
6. Σταθεροποίησις φερρίτου			ΝΑΙ				ΝΑΙ		
7. Ἐλάττωσις κρισίμου ταχύτητος ἀποψύξεως	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ		ΝΑΙ		ΝΑΙ		
8. Ἐλάττωσις εὐτηκτοειδοῦς περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα		ΝΑΙ	ΝΑΙ				ΝΑΙ		
9. Μέγεθος κόκκων		ἐλάττωσις	αὔξησις			ἐλάττωσις		ἐλάττωσις	
10. Αὔξησις ἀντοχῆς εἰς φθορὰν ἐκ τριβῆς			ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ			
11. Ἀντοχὴ εἰς διάβρωσιν			αὔξησις						
12. Αὔξησις ἀντοχῆς εἰς ἐπαναφορὰν			ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ			ΝΑΙ
13. Εὐθραυστότης ἐξ ἐπαναφορᾶς					περιορισμὸς				

που 1,50 % Mn καὶ ἀπὸ 0,20 % μέχρι 0,25 % C. Διὰ νὰ ἐλαττωθῆ τὸ φαινόμενον μάζης κατὰ τὴν βαφὴν 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 ὠστενιτικὸς μαγγανιοῦχος χάλυψ, ποὺ ἐνδιαφέρει, εἶναι ὁ γνωστὸς ὡς χάλυψ Hadfield (Χάντφηλντ) μὲ περιεκτικότητα 1,20 % C καὶ 12,50 % Mn, ποὺ παρεσκευάσθη τὸ 1882. Ὁ χάλυψ αὐτὸς παρουσιάζει πολὺ μεγάλην δυσθραυστότητα καὶ ἀποκτᾶ ἐξαιρετικὰς ἰδιότητας ἀντοχῆς εἰς φθορὰν ἐκ κρούσεως μὲ τὴν χρῆσιν. Ἡ ἐπιφάνειά του, δηλαδή, συνεχῶς σκληρύνεται, ὅπως π.χ. κατὰ τὴν χρησιμοποίησίν του εἰς χαλικοθραυστῆρας μὲ τὸ κτύπημα τῶν λίθων.

Ἡ χημικὴ σύνθεσις, αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες, αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι, καθὼς καὶ αἱ βιομηχανικαὶ χρήσεις τῶν κυριωτέρων μαγγανιούχων χαλύβων δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 20 · 2 · 2.

Β. **Τὸ νικέλιον καὶ οἱ νικελιοῦχοι χάλυβες.**

Τὸ νικέλιον ὡς προσθήκη εἰς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας:

α) Βελτιώνει τὰς μηχανικάς των ἰδιότητας.

β) Ἐλαττώνει τὴν εὐτηκτοειδῆ περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα.

γ) Χαμηλώνει τὴν κρίσιμον ταχύτητα ἀποψύξεως.

δ) Καταβιβάζει τὸ κρίσιμον σημεῖον A_3 καὶ συνεπῶς σταθεροποιεῖ τὸν ὠστενίτην.

ε) Γραφιτοποιεῖ τὸν σεμεντίτην καὶ

στ) περιορίζει τὴν αὔξησιν τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων τοῦ ὠστενίτου.

Οἱ νικελιοῦχοι χάλυβες συναντῶνται ὡς περλιτικοί, μαρτενσιτικοὶ ἢ ὠστενιτικοί. Τὸ εἶδος αὐτὸ τῆς κρυσταλλικῆς των δομῆς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν εἰς ἄνθρακα καὶ νικέλιον περιεκτικότητα, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 20 · 2 γ.

Ἀπὸ τὸ σχῆμα αὐτὸ προκύπτει, ὅτι νικελιοῦχος χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0{,}50\,\%$ θὰ εἶναι περλιτικὸς διὰ $\pi(Ni) = 0\,\%$ ἕως 6 %, μαρτενσιτικὸς διὰ $\pi(Ni) = 8\,\%$ ἕως 15 % καὶ ὠστενιτικὸς διὰ $\pi(Ni) > 20\,\%$ κατὰ προσέγγισιν.

Συνήθως, οἱ περλιτικοὶ νικελιοχάλυβες περιέχουν μέχρι 5 % Ni καὶ ἄνθρακα ἀπὸ 0,10 % ἕως 0,40 %. Οἱ μὲ χαμηλὴν περιεκτικότητα

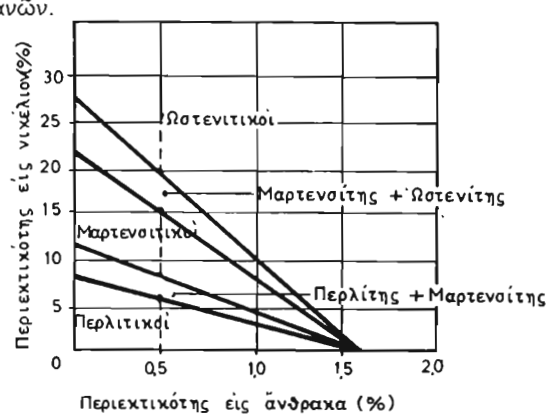
ΠΙΝΑΞ 20·2·2

Μαγγανιοῦχοι χάλυβες

Χημικὴ σύνθεσις [%]		Μηχανικαὶ ἰδιότητες				Θερμικαὶ κατεργασίαι	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
C	Mn	Κατάστασις χάλυβος	σ_B [kp/mm²]	A [%]	ρ* [kpm/cm²]		
0,25	1,50	Μετὰ ἐξομάλυνσιν	58	20	—	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 860⁰ C. Ἐπαναφορὰ ἀναλόγως τῶν ἐπιθυμητῶν μηχανικῶν ἰδιοτήτων	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Ἄξονες μεταδόσεως κινήσεως, στροφαλοφόροι ἄξονες, διωστῆρες
0,35	1,50	Εἰς ράβδον διαμέτρου 30 mm.	70	27	7,20	Βαφὴ εἰς ὕδωρ ἀπὸ 840⁰ C ἕως 860⁰ C. Ἐπαναφορὰ εἰς 550⁰	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Εἰς βιομηχανίαν αὐτοκινήτων καὶ διὰ μηχανολογικὰς ἐν γένει
		Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 600⁰ C				ἕως 650⁰ C καὶ ἀπόψυξις εἰς ἔλαιον ἢ ἀέρα	κατασκευάς, ὅπου δὲν ἐπαρκεῖ ὁ ἀνθρακοῦχος χάλυψ, δὲν δικαιολογεῖται ὅμως ὁ ἀκριβώτερος νικελιοχρωμιοῦχος
1,20	12,50	Μετὰ βαφὴν εἰς ὕδωρ ἀπὸ 1050⁰C	83	40	—	Βαφὴ ἀπὸ 1050⁰ C εἰς ὕδωρ	*Χάλυψ κατασκευῶν ἀνοξειδώτου.* Μηχανήματα ἐξορύξεως, ὀδόντες ἐκσκαφέων, τροχοὶ ἑρπυστριῶν ἑλκυστήρων καὶ γερανῶν, σιαγόνες θραυστήρων

* Δοκίμια κατὰ IZOD [σχ. 8 · α (α)].

εἰς ἄνθρακα νικελιοῦχοι χάλυβες (0,10 % ἕως 0,15 %) εἶναι κατάλληλοι δι' ἐνανθράκωσιν καὶ ἐπιφανειακὴν 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 · 2γ.

Κρυσταλλικὴ δομὴ νικελιούχων χαλύβων συναρτήσει τῆς εἰς ἄνθρακα καὶ νικέλιον περιεκτικότητος.

Οἱ μαρτενσιτικοὶ νικελιοῦχοι χάλυβες, ὅπως καὶ οἱ μαγγανιοῦχοι δὲν παρουσιάζουν βιομηχανικὸν ἐνδιαφέρον.

Οἱ ὠστενιτικοὶ νικελιοῦχοι χάλυβες εἶναι ἀμαγνητικοί. Ὅταν ἔχουν ὑψηλὴν περιεκτικότητα εἰς νικέλιον, παρουσιάζουν ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν.

Ὅπως θὰ ἴδωμεν εἰς τὰ ἑπόμενα [παράγρ. 21 · 4(Α)] τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον ἀποτελοῦν τὰς βασικὰς προσθήκας τῶν ἀνοξειδώτων χαλύβων.

Ὡρισμένοι νικελιοῦχοι χάλυβες παρουσιάζουν πολὺ μικρὸν συντελεστὴν θερμικῆς διαστολῆς, ὅπως εἶναι τὸ Ἰνβὰρ (Invar) μὲ π(Ni) = 36 %. Ἄλλοι παρουσιάζουν χαρακτηριστικὰς μαγνητικὰς ἰδιότητας, ὅπως τὸ Πέρμαλλοϋ (Permalloy) μὲ π(Ni) = 78,50 %, τὸ ὁποῖον ἔχει μέγα συντελεστὴν μαγνητικῆς διαπερατότητος (Ἠλεκτρολογία, 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) Αὐξάνει ἐν γένει τὴν σκληρότητά του καὶ τὴν ἀντοχήν του εἰς φθορὰν ἐκ τριβῆς, ἰδιαιτέρως εἰς χάλυβας ὑψηλῆς περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα, λόγω τοῦ σχηματισμοῦ σκληρῶν καρβιδίων.

β) Ἐλαττώνει τὴν κρίσιμον ταχύτητα ἀποψύξεως.

γ) Χαμηλώνει τὴν εὐτηκτοειδῆ 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) Αὐξάνει τὸ μέγεθος τῶν κόκκων τοῦ ὡστενίτου καὶ τέλος,

ζ) αὐξάνει 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 ὡς μαρτενσιτικοὶ χάλυβες. Τέλος, ὅταν ἔχουν $\pi(Cr) \geq 13\%$ καὶ χαμηλὴν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα, συναντῶνται ὡς φερριτικοὶ χάλυβες.

Ἡ χημικὴ σύνθεσις, αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες, αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι, καθὼς καὶ αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν χρωμιούχων χαλύβων δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 20 · 2 · 4.

Χαρακτηριστικῶς ἀναφέρομεν, ὅτι χρωμιοῦχοι χάλυβες μὲ $\pi(Cr) = 1{,}50\%$ καὶ $\pi(V) = 0{,}20\%$ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν ἐλατηρίων. Ἐπίσης ἀπὸ χρωμιούχους χάλυβας μὲ ὑψηλὴν περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα (1%) καὶ $\pi(Cr) = 1{,}40\%$ κατασκευάζονται ἔνσφαιροι τριβεῖς (ρουλμάν).

Τὸ χρώμιον προστιθέμενον, εἰς μεγάλας ὅμως περιεκτικότητας (ἄνω τοῦ 13%), προσδίδει εἰς τοὺς χάλυβας μεγάλην ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν δημιουργίαν λεπτοῦ καὶ συνεκτικοῦ προστατευτικοῦ ἐπιφανειακοῦ στρώματος ὀξειδίων, ποὺ ἐμποδίζει περαιτέρω διάβρωσιν τοῦ χάλυβος. Ἔτσι ἔχομεν τοὺς *ἀνο-*

ΠΙΝΑΞ 20·2·3

Νικελιοῦχοι χάλυβες

Χημικὴ σύνθεσις [%]			Μηχανικαὶ ἰδιότητες				Θερμικαὶ κατεργασίαι	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
C	Mn	Ni	Κατάστασις χάλυβος	σ_B [kp/mm²]	A [%]	ρ [kpm/cm²]		
0,40	1,50	1,00	Μετὰ βαφὴν καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 600° C	71	25	9,60	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 850° C. Ἐπαναφορὰ εἰς 550° ἕως 650° C. Ἀπόψυξις εἰς ἔλαιον ἢ ἀέρα	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Στροφαλοφόροι ἄξονες, ἄξονες μεταδόσεως κινήσεως, διωστῆρες. Τεμάχια βιομηχανίας αὐτοκινήτων καὶ γενικῆς μηχανολογίας
0,30	0,60	3,00	Μετὰ βαφὴν καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 600° C	87	25	11,00	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 840° C. Ἐπαναφορὰ εἰς 550° ἕως 650° C. Ἀπόψυξις εἰς ἔλαιον ἢ ἀέρα	*Ὡς ἀνωτέρω.* Ἐπὶ πλέον δι' ἄξονας ἀντλιῶν καὶ στροβίλων
0,12	0,45	3,00	Μετὰ βαφὴν	79	20	8,20	Μετὰ τὴν ἐνανθράκωσιν, βαφὴ πυρῆνος ἀπὸ 860° C εἰς ἔλαιον. Βαφὴ ἐπιφανειακῆς στιβάδος ἀπὸ 770° C εἰς ὕδωρ	*Χάλυψ κατασκευῶν (ἐνανθρακώσεως).* Ὀδοντωτοὶ τροχοί, πεῖροι, ἐκκεντροφόροι ἄξονες
0,12	0,40	5,00	Μετὰ βαφὴν	87	22	7,20	Μετὰ τὴν ἐνανθράκωσιν, βαφὴ πυρῆνος ἀπὸ 850° C εἰς ἔλαιον. Βαφὴ ἐπιφανειακῆς στιβάδος ἀπὸ 760° C εἰς ὕδωρ	*Χάλυψ κατασκευῶν (ἐνανθρακώσεως).* Τεμάχια μὲ σκληρὰν ἐπιφάνειαν φορτιζόμενα μὲ μεγάλα φορτία. Ὀδοντωτοὶ τροχοὶ κιβωτίων ταχυτήτων, κωνικοὶ ὀδοντωτοὶ τροχοί, πεῖροι, ἀτέρμονες κοχλίαι

ΠΙΝΑΞ 20·2·4
Χρωμιοῦχοι χάλυβες

Χημικὴ σύνθεσις [%]			Μηχανικαὶ ἰδιότητες				Θερμικαὶ κατεργασίαι	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
C	Mn	Cr	Κατάστασις χάλυβος	σ_B [kp/mm²]	A [%]	Σκληρότης κατὰ Brinell		
0,60	0,65	0,65	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 200° C	—	—	700	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 800° ἕως 850° C. Ἐπαναφορὰ δι' ἐργαλεῖα ψυχρηλασίας εἰς 200° ἕως 300° C καὶ δι' ἐργαλεῖα θερμηλασίας εἰς 400° ἕως 600° C	*Χάλυψ ἐργαλείων.* Γενικῶς δι' ἐργαλεῖα σιδηρουργοῦ καὶ λεβητοποιοῦ
0,45	0,90	1,00	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 650° C. Ράβδος, διαμέτρου 30 mm	98	20	—	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 860° C. Ἐπαναφορὰ εἰς εἰς 550° ἕως 700° C	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Στοιχεῖα ἀγροτικῶν μηχανῶν καὶ ἐργαλειομηχανῶν. Λεπίδες καὶ ὀδόντες ἐκσκαφέων. Ἄξονες μεταδόσεως κινήσεως, διωστῆρες, βραχίονες (μπάρες) συστήματος ὁδηγήσεως ὀχημάτων.
1,00	0,45	1,40	Μετὰ βαφὴν	—	—	850	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 810° C. Ἐπαναφορὰ εἰς 150° C	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Ἔνσφαιροι τριβεῖς. Ἔκκεντρα.
0,04	0,45	14,00	Μετὰ ἀνόπτησιν	50	31	—	Δὲν βάφεται. Σκληρύνεται μόνον διὰ ψυχρηλασίας	*Ἀνοξείδωτος σίδηρος.* Οἰκιακὰ σκεύη (ἰδιαιτέρως πειρούνια καὶ μαχαίρια)
0,22	0,50	13,00	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 700° C	75 –	26 –	220 850	Βαφὴ εἰς ἔλαιον, ὕδωρ ἢ ἀέρα ἀπὸ 950° C ἕως 1000° C. Ἐπαναφορὰ εἰς 500° ἕως 750° C	*Ἀνοξείδωτος χάλυψ κατασκευῶν.* Βαλβῖδες καὶ ἐξαρτήματα ἀντλιῶν
2,10	—	12,50	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 200° C				Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 960° ἕως 990° C. Ἐπανσφορὰ εἰς 150° ἕως 400° C.	*Χάλυψ ἐργαλείων.* Στιγεῖς (ζουμπάδες), μῆτραι, λεπίδες ψαλίδων. Μῆτραι κονιομεταλλουργίας, μῆτραι κατασκευῆς σπειρωμάτων διὰ συμπιέσεως

ξειδώτους σιδήρους [μὲ $\pi(C) < 0,10\,\%$] καὶ τοὺς *ἀνοξειδώτους χάλυβας* [μὲ $\pi(C) = 0,20\,\%$ ἕως $0,30\,\%$].

Δ. Ὁ συνδυασμὸς νικελίου καὶ χρωμίου. Οἱ νικελιοχρωμιοῦχοι χάλυβες.

Συχνά, χρησιμοποιεῖται ὡς προσθήκη εἰς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας τὸ νικέλιον μαζὶ μὲ χρώμιον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, ἐνῶ αἱ εὐνοϊκαὶ ἰδιότητες καὶ τῶν δύο προσθηκῶν διατηροῦνται εἰς τὸ χαλυβόκραμα, τὰ μειονεκτήματα τῆς μιᾶς ποὺ παρουσιάζονται, ὅταν αὐτὴ χρησιμοποιῆται χωριστά, ἐξουδετερώνονται ἀπὸ τὴν παρουσίαν τῆς ἄλλης. Παρατηροῦμεν π.χ. ὅτι ἡ ταχεῖα αὔξησις τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων τοῦ ὡστενίτου, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὸ χρώμιον [παράγρ. 20 · 3 (Γ)] ἐξουδετερώνεται ἀπὸ τὸ νικέλιον, ποὺ ἔχει τάσιν ἐλαττώσεως τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων.

Ἀντιστρόφως, ἡ τάσις ποὺ ἔχει τὸ νικέλιον νὰ γραφιτοποιῆ τὸν σεμεντίτην [παράγρ. 20 · 2 (Β)], ἀντισταθμίζεται ἀπὸ τὴν ἰδιότητα ποὺ ἔχει τὸ χρώμιον νὰ τὸν σταθεροποιῆ καὶ νὰ σχηματίζῃ σκληρὰ καρβίδια.

Ἔτσι, ἡ ὑψηλὴ ἀντοχή, ἡ καλὴ δυσθραυστότης καὶ ἡ πλαστικότης, ποὺ προσδίδει εἰς τὸ χαλυβόκραμα τὸ νικέλιον, συνδυάζονται μὲ τὴν σκληρότητα καὶ τὴν ἀντοχὴν εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθορὰν ποὺ προσδίδει τὸ χρώμιον. Ἐκτὸς αὐτῶν, τὸ χρώμιον καὶ νικέλιον μαζὶ περιορίζουν κατὰ πολὺ τὸ φαινόμενον τῆς μάζης κατὰ τὴν βαφήν. Ἔτσι, εἶναι δυνατὸν νὰ βαφοῦν μέχρι καρδίας τεμάχια διαμέτρου καὶ 500 mm ἀκόμη. Ἐπίσης, προσδίδουν γενικῶς πολὺ καλὰς μηχανικὰς ἰδιότητας, ἀπαραιτήτους διὰ τεμάχια ποὺ καταπονοῦνται μὲ ὑψηλὰς μηχανικὰς τάσεις. Ἔτσι, παρασκευάζεται σειρὰ ὁλόκληρος *νικελιοχρωμιούχων χαλύβων*, ὅπως λέγονται. Οἱ χάλυβες αὐτοὶ χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰς κατάστασιν ἐπιβελτιώσεως [παράγρ. 19 · 8 (Γ)] καὶ περιέχουν:

Ἀπὸ $1,00\,\%$ ἕως $3,50\,\%$ Ni
Ἀπὸ $0,25\,\%$ ἕως $1,50$ Cr καὶ
Ἀπὸ $0,25\,\%$ ἕως $0,40\,\%$ C.

Ἀπὸ τὴν χημικήν των σύνθεσιν παρατηροῦμεν ὅτι περιέχουν κατὰ πολὺ περισσότερον νικέλιον παρὰ χρώμιον.

Εἰς περιπτώσεις, ποὺ οἱ νικελιοχρωμιοῦχοι χάλυβες πρόκειται νὰ χρησιμοποιηθοῦν ὡς χάλυβες ἐνανθρακώσεως, ἡ εἰς ἄνθρακα

περιεκτικότης των εἶναι, ὡς γνωστόν, χαμηλὴ καὶ κυμαίνεται ἀπὸ 0,07 % ἕως 0,20 %.

Ἡ πλήρης θερμικὴ κατεργασία τῶν χαλύβων ἐπιβελτιώσεως συνίσταται εἰς βαφὴν ἐντὸς ἐλαίου ἀπὸ 820⁰ C ἕως 850⁰ C καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 550⁰ C ἕως 650⁰ C.

Κατὰ τὴν ἐπαναφορὰν ὡρισμένων ἐκ τῶν νικελιοχρωμιούχων χαλύβων παρατηρεῖται τὸ φαινόμενον τῆς *εὐθραυστότητος ἐξ ἐπαναφορᾶς*, ποὺ συνηντήσαμεν εἰς τὴν παράγραφον 19 · 11. Τὰ χαλυβοκράματα δηλαδὴ αὐτά, εἰς ὡρισμένην περιοχὴν θερμοκρασίας ἐπαναφορᾶς, παρουσιάζουν μειωμένην δυσθραυστότητα.

Πρὸς ἀποφυγὴν τοῦ δυσαρέστου αὐτοῦ, ἡ ἐπαναφορὰ τῶν νικελιοχρωμιούχων χαλύβων γίνεται ἀπὸ 550⁰ C ἕως 560⁰ C, ἀναλόγως τῶν ἐπιθυμητῶν μηχανικῶν ἰδιοτήτων, μὲ ταχεῖαν ὅμως ἀπόψυξίν των.

Προσθήκη 0,30 % ἕως 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. Ὑπάρχουν ὅμως καὶ οἱ ὠστενιτικοὶ νικελιοχρωμιοῦχοι χάλυβες (ἀνοξείδωτοι χάλυβες) μὲ βάσιν τὸν χάλυβα 18 - 8, δηλαδὴ μὲ $\pi(Ni) = 18\%$ καὶ $\pi(Cr) = 8\%$. Μὲ τοὺς χάλυβας αὐτοὺς θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς τὴν παράγραφον 21 · 4 (A).

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα καὶ ἐφαρμογαὶ τῶν νικελιοχρωμιούχων χαλύβων δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 20 · 2 · 5.

Ε. 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 ἰδιότητά των αὐτὴν χαρακτηρίζομεν ὡς *ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφοράν*. Ὡς ἐκ τούτου τὸ βολφράμιον, εἰς μεγάλας περιεκτικότητας, χρησιμοποιεῖται ὡς βασικὴ προσθήκη τῶν χαλύβων ἐργαλείων, ἰδιαιτέρως 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

Νικελιοχρωμιοῦχοι χάλυβες

Χημικὴ σύνθεσις [%]				Μηχανικαὶ ἰδιότητες				Θερμικαὶ κατεργασίαι	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
C	Mn	Ni	Cr	Κατάστασις χάλυβος	σB [kp/mm²]	A [%]	ρ [kpm/cm²]		
0,40	0,65	3,50	0,25	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 600⁰ C	96	23	9	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 830⁰ ἕως 850⁰ C. Ἐπαναφορὰ εἰς 550⁰ ἕως 650⁰ C	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Ἄξονες μεταδόσεως κινήσεως, διωστῆρες, στροφαλοφόροι ἄξονες καὶ ἄλλα
0,30	0,60	3,00	0,80	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 600⁰ C	95	23	11	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 820⁰ ἕως 840⁰ C. Ἐπαναφορὰ ἀπὸ 550⁰ ἕως 650⁰ C	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Διὰ τεμάχια, ποὺ καταπονοῦνται μὲ μεγάλας τάσεις. Χρήσεις, ὅπως ὁ προηγούμενος χάλυψ
0,35	0,80	1,25	0,60	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 600⁰ C	95	22	9	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 830⁰ ἕως 850⁰ C. Ἐπαναφορὰ εἰς 180⁰ ἕως 220⁰ C ἢ εἰς 550⁰ ἕως 650⁰ C. Οἱ χάλυβες αὐτοὶ ὑπόκειντσι εἰς εὐθραυστότητα ἐξ ἐπαναφορᾶς ἀπὸ 250⁰ ἕως 400⁰ C	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Ὀδοντωτοὶ τροχοὶ μικροῦ καὶ μέσου μεγέθους, πηνία διαφορικοῦ, διωστῆρες, στροφαλοφόροι ἄξονες, βλῆτρα (μπουλόνια) καὶ γενικῶς τεμάχια μὲ κοχλίωσιν
0,30	0,45	4,25	1,25	Μετὰ βαφὴν εἰς ἀέρα καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 630⁰C	100	21,50	6,50	Βαφὴ εἰς ἀέρα ἀπὸ 820⁰ ἕως 830⁰ C. Ἐπαναφορὰ εἰς 180⁰ ἕως 200⁰ C διὰ μεγίστην σκληρότητα. Εἰς 600⁰ ἕως 650⁰ C διὰ μεγίστην δυσθραυστότητα. Ἀπόψυξις εἰς ἔλαιον. Ἀποφυγὴ ἀνοπτήσεως ἀπὸ 250⁰ ἕως 580⁰ C	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Τεμάχια πολυπλόκου μορφῆς, τῶν ὁποίων ἡ βαφὴ εἰς ἔλαιον θὰ προεκάλει στρεβλώσεις, ὅπως π.χ. ὀδοντωτοὶ τροχοί
0,10	0,80	8,50	18,00	Μετὰ θέρμ. εἰς 1050⁰ C καὶ ἀπόψυξιν εἰς ἀέρα	—	—	—	Δὲν σκληρώνεται διὰ βαφῆς παρὰ μόνον διὰ ψυχρηλασίας	*Ὠστενιτικὸς ἀνοξείδωτος χάλυψ.* Κατάλληλος δι' οἰκιακὰς καὶ διακοσμητικὰς χρήσεις
0,10	0,80	12,50	12,50					Ὡς διὰ προηγούμενον χάλυβα	*Ὠστενιτικὸς ἀνοξείδωτος χάλυψ.* Κατάλληλος διὰ κοίλανσιν. Ἐπιτραπέζια καὶ μαγειρικὰ σκεύη
0,07	0,80	8,50	18,00 2,70 Mo					Ὡς διὰ προηγούμενον χάλυβα	*Ὠστενιτικὸς ἀνοξείδωτος χάλυψ.* Ἀντέχει εἰς διάβρωσιν εἰς θειικόν, φωσφορ. ὀξὺ καὶ ὀργανικὰ ὀξέα

ΠΙΝΑΞ 20·2·6

Βολφραμιοῦχοι χάλυβες (πλὴν ταχυχαλύβων)

Εἶδος χάλυβος	Χημικὴ σύνθεσις [%]						Θερμικαὶ κατεργασίαι	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
	C	Si	Cr	Mo	V	W		
Χάλυψ ἐργαλείων	1,00	–	0,75	–	–	0,40	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 790° C. Ἐπαναφορὰ εἰς 200° ἕως 250° C	Φραΐζαι, ἐλεγκτῆρες, μικραὶ μῆτραι πρέσσης
Χάλυψ μητρῶν θερμηλασίας	0,35	1,00	5,00	1,50	0,40	1,35	Προθέρμανσις εἰς 800° C μὲ ταχεῖαν θέρμανσιν εἰς 1020° C καὶ ἀπόψυξιν εἰς ἀέρα. Ἐπαναφορὰ εἰς 540° ἕως 620° C	Μῆτραι διελάσεως κραμάτων χαλκοῦ καὶ ἀργιλίου. Μῆτραι διαμορφώσεως ἐν θερμῷ
Χάλυψ ἀντοχῆς εἰς κρούσεις δι' ἐργαλεῖα θερμηλασίας καὶ ψυχρηλασίας	0,50	0,60	1,10	–	–	2,25	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 880° ἕως 920° C. Ἐπαναφορὰ εἰς 200° ἕως 300° C δι' ἐργαλεῖα ψυχρηλασίας. Ἐπαναφορὰ εἰς 400° ἕως 600° C δι' ἐργαλεῖα θερμηλασίας	Γενικῶς ἐργαλεῖα κατασκευαστοῦ λεβήτων. Στιγεῖς (ζουμπάδες), μῆτραι, λεπίδες ψαλίδων, μῆτραι ἀποκοπῆς. Μῆτραι σχηματισμοῦ κεφαλῶν ἐν θερμῷ. Ἄλλαι μῆτραι θερμηλασίας
Χάλυψ μητρῶν θερμηλασίας	0,30	0,15	2,85	–	0,35	10,00	Προθέρμανσις εἰς 850° C μὲ ταχεῖαν θέρμανσιν εἰς 1150° ἕως 1200° C. Ἀπόψυξις εἰς ἔλαιον ἢ εἰς ἀέρα διὰ μικρὰ τεμάχια. Ἐπαναφορὰ εἰς 600° ἕως 700° C	Μῆτραι παραμορφώσεως ἐν θερμῷ βλήτρων, περικοχλίων, ἤλων καὶ παρεμφερῶν στοιχείων μηχανῶν, ὅπου τὰ ἐργαλεῖα ἐργάζονται εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας. Μῆτραι διελάσεως κραμάτων χαλκοῦ. Μῆτραι χυτεύσεως ὑπὸ πίεσιν κραμάτων χαλκοῦ καὶ ἀργιλίου

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) Ἐλαττώνει τὴν κρίσιμον ταχύτητα ἀποψύξεως.

γ) Περιορίζει τὴν εὐθραυστότητα ἐξ ἐπαναφορᾶς.

δ) Αὐξάνει 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 αὐξάνει τὴν ἀντοχὴν τοῦ χάλυβος εἰς *ἑρπυσμὸν** 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.

Ζ. **Τὸ βανάδιον καὶ οἱ βαναδιοῦχοι χάλυβες.**

Τὸ βανάδιον ὡς προσθήκη τῶν χαλύβων:

α) Σχηματίζει σκληρὰ καὶ πολὺ λεπτὰ καρβίδια.

β) Αὐξάνει τὴν ἀντοχὴν τοῦ χάλυβος εἰς ἐπαναφοράν.

γ) Εὐνοεῖ 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.

---

* *Ἑρπυσμὸς* εἶναι τὸ φαινόμενον τῆς βαθμιαίας, βραδείας καὶ συνεχοῦς ἐπιμηκύνσεως τῶν μετάλλων ἢ κραμάτων, ὅταν φορτίζωνται ὑπὸ σταθερὸν φορτίον, ἰδιαιτέρως εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας. Ὁ ἑρπυσμὸς ἔχει σημασίαν διὰ τμήματα μηχανῶν, ποὺ ἐργάζονται εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας, ὅπως π.χ. εἶναι αἱ βαλβῖδες τῶν μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως.

ΠΙΝΑΞ 20·2·7

Μολυβδαινιοῦχοι χάλυβες

Χημικὴ σύνθεσις [%]					Μηχανικαὶ ἰδιότητες				Θερμικαὶ κατεργασίαι	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
C	Mn	Ni	Cr	Mo	Κατάστασις χάλυβος	σ_B [kp/mm²]	A [%]	ρ [kpm/cm²]		
0,35	1,60	–	–	0,45	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 600⁰ C	110	19	7,3	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 830⁰ ἕως 850⁰ C. Ἐπαναφορὰ εἰς 550⁰ ἕως 650⁰ C καὶ ἀπόψυξις εἰς ἔλαιον ἢ ἀέρα.	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Ὑποκαθιστᾶ νικελιοχρωμιούχους χάλυβας μὲ μεγαλυτέραν περιεκτικότητα εἰς προσμίξεις
0,40	0,65	–	1,10	0,30	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 600⁰ C	100	18	7	Βαφὴ εἰς ὕδωρ ἀπὸ 840⁰ ἕως 860⁰ C. Ἐπαναφορὰ εἰς 550⁰ ἕως 700⁰ C καὶ ἀπόψυξις εἰς ἔλαιον ἢ ἀέρα	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Ὑποκαθιστᾶ τὸν νικελιοῦχον χάλυβα μὲ 3% Ni. Στροφαλοφόροι ἄξονες, διωστῆρες καὶ παρόμοια στοιχεῖα μηχανῶν
0,40	0,55	1,50	1,10	0,30	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 600⁰ C	107	22	7,3	Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 830⁰ ἕως 850⁰ C. Ἐπαναφορὰ εἰς 550⁰ ἕως 650⁰ C καὶ ἀπόψυξις εἰς ἔλαιον ἢ ἀέρα	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Ἄξονες μεταδόσεως κινήσεως, στροφαλοφόροι ἄξονες καὶ ἄλλα ἰσχυρῶς φορτιζόμενα τεμάχια ὅπου ἡ ἀντοχὴ εἰς κόπωσιν καὶ κρούσεις εἶναι ἐπιθυμητή. Μετὰ ἐλαφρὰν ἐπαναφορὰν (180⁰ ἕως 200⁰ C) χρησιμοποιεῖται δι' ὀδοντωτοὺς τροχοὺς αὐτοκινήτων καὶ ἐργαλειομηχανῶν
0,10	0,60	–	0,003B (Βόριον)	0,50	Μετὰ ἐξομάλυνσιν εἰς 950⁰ C καὶ ἀποτατικὴν ἀνόπτησιν εἰς 600⁰ C	57	16	–	Ἐξομάλυνσις εἰς 930⁰ ἕως 980⁰ C. Ἀποτατικὴ ἀνόπτησις εἰς 590⁰ ἕως 610⁰ C ἐπὶ 3 ὥρας	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Ἀντοχὴ εἰς ἑρπυσμὸν μέχρι 400⁰ C. Ἀεροφυλάκια πιέσεως, ἐναλλάκται θερμότητος, τεμάχια ἀτμοπαραγωγῶν καὶ ἀεριοστροβίλων

Τὸ βανάδιον, ἐπειδὴ εὐνοεῖ τὴν ἐκλέπτυνσιν τῶν κόκκων χρησιμοποιεῖται, εἰς μικρὰν ὅμως περιεκτικότητα, εἰς χυτοχαλύβδινα τεμάχια.

Ἐφαρμογαὶ τῶν βαναδιούχων χαλύβων, καθὼς ἐπίσης καὶ χαρακτηριστικὰ των 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 ὡς εὐθηνὸν ἀποξειδωτικὸν κατὰ τὴν παρασκευήν των. Ἡ περιεκτικότης του φθάνει τὰ 0,20 ἕως 0,30%.

Τὸ πυρίτιον, ὅταν προστεθῇ εἰς ἀνθρακοῦχον 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 εὐτηκτοειδῆ περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα.

δ) Χαμηλώνει τὴν κρίσιμον ταχύτητα βαφῆς.

Χρησιμοποιοῦνται βασικῶς τέσσαρα εἴδη πυριτιούχων χαλύβων:

— Ὁ χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0,07\%$ καὶ $\pi(Si) = 4\%$ παρουσιάζει μαγνητικὰς καὶ ἠλεκτρικὰς ἰδιότητας καὶ ὡς ἐκ τούτου χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κατασκευὴν ἐλασμάτων πυρήνων μετασχηματιστῶν καὶ μαγνητικῶν πόλων γεννητριῶν καὶ ἠλεκτροκινητήρων.

— Ὁ χάλυψ μὲ $\pi(C) = 0,50\%$ ἕως $0,70\%$, $\pi(Si) = 1,50\%$ ἕως $2,00\%$ καὶ $\pi(Mn) = 0,60\%$ ἕως $1,00\%$ παρουσιάζει ὑψηλὴν ἀντοχήν, δυσθραυστότητα καὶ καλὴν πλαστικότητα. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κατασκευὴν ἐλατηρίων.

— Ὁ χάλυψ μὲ $\pi(C) = 1,50\%$, $\pi(Si) = 1,50\%$ καὶ $\pi(Cr) = 3,60\%$, λόγω τῶν καλῶν του μηχανικῶν ἰδιοτήτων, 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 $\pi(Cr) = 8\%$ καὶ $\pi(Si) = 3,50\%$.

20 · 3 Αἱ ἀκαθαρσίαι τῶν χαλύβων.

Οἱ χάλυβες γενικῶς, ἐκτὸς τοῦ ἄνθρακος καὶ τῶν προσθηκῶ-

ΠΙΝΑΞ 20·2·8

Βαναδιοῦχοι χάλυβες (πλὴν ταχυχαλύβων)

Χημικὴ Σύνθεσις [%]						Μηχανικαὶ ἰδιότητες				
C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Κατάστασις χάλυβος	σ_B [kp/mm²]	Σκληρότης κατὰ Vickers	Θερμικαὶ κατεργασίαι	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
0,45	0,25	0,60	1,05	—	0,15	Μετὰ βαφὴν καὶ ἐπαναφοράν	152	—	—	*Χάλυψ κατασκευῶν.* Σύρμα ἐλατηρίων, κυρίως βαλβῖδες
0,50	—	0,60	1,75	—	0,20	Μετὰ βαφὴν καὶ ἐπαναφοράν	—	400	Προθέρμανσις εἰς 700° C. Κατόπιν βαφὴ ἀπὸ 850° C. Ἐπαναφορὰ εἰς 550° C	*Χάλυψ ἐργαλείων.* Μῆτραι χυτεύσεως ὑπὸ πίεσιν κραμάτων ψευδαργύρου.
0,35	1,00	0,30	5,00	1,50	1,00	Μετὰ βαφὴν καὶ ἐπαναφοράν εἰς 550° C	—	600	Προθέρμανσις εἰς 850° C. Ταχεῖα θέρμανσις εἰς 1000° C. Βαφὴ εἰς ἀέρα. Ἐπαναφορὰ εἰς 550° ἕως 650° C	*Χάλυψ ἐργαλείων.* Μῆτραι θερμηλασίας κραμάτων χαλκοῦ, ὅπου ἡ θερμοκρασία δὲν εἶναι πολὺ ὑψηλή. Μῆτραι διελάσεως διὰ κράματα τοῦ ἀργιλίου. Μῆτραι διὰ χύτευσιν ἀργιλίου ὑπὸ πίεσιν
1,60	0,20	0,30	13,00	1,00	0,50	Μετὰ βαφὴν καὶ ἐπαναφοράν εἰς 400° C	—	700	Προθέρμανσις εἰς 850° C. Ταχεῖα θέρμανσις εἰς 1000° C. Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἢ ἀέρα. Ἐπαναφορὰ εἰς 200° ἕως 400° C	*Χάλυψ ἐργαλείων.* Μῆτραι κοιλάνσεως. Μῆτραι κατασκευῆς σπειρωμάτων διὰ πιέσεως. Μῆτραι συρματοποιήσεως. Λεπίδες ψαλίδων διὰ σκληρὰ μέταλλα

ποὺ ἀνεφέραμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, περιέχουν καὶ τὰ ἑξῆς στοιχεῖα εἰς τὰς ἀναφερομένας περιεκτικότητας:

Μαγγάνιον : ἕως 1,00%
Πυρίτιον : ἕως 0,30%
Φωσφόρον : ἕως 0,05%
Θεῖον : ἕως 0,05%
Ἄζωτον : ἕως 0,02%

Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ παραμένουν εἰς τοὺς χάλυβας ἐκ παρασκευῆς καὶ ἐπηρεάζουν τὰς μηχανικὰς καὶ φυσικάς των ἰδιότητας, 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 ἰδιότητας τοῦ χάλυβος.

γ) Ὁ *φωσφόρος* σχηματίζει μετὰ τοῦ σιδήρου τὴν *ψαθυρὰν* (εὔθραυστον) χημικὴν ἕνωσιν Fe_3P, ἡ ὁποία εἶναι διαλυτὴ εἰς τὸν χάλυβα. Ἡ χημικὴ αὐτὴ ἕνωσις εὐνοεῖ κάπως τὴν αὔξησιν τῆς σκληρότητος τοῦ χάλυβος, μέχρις ὅμως 0,05% φωσφόρου. Φωσφόρος εἰς περιεκτικότητα ἄνω τοῦ 0,05% καθιστᾶ τὸν χάλυβα εὔθραυστον καὶ συνεπῶς πρέπει νὰ ἀποφεύγεται.

δ) Τὸ *θεῖον* εἶναι ἡ ἀκαθαρσία τῶν χαλύβων μὲ τὰ πλέον δυσμενῆ ἀποτελέσματα. Σχηματίζει μετὰ τοῦ σιδήρου τὴν ψαθυρὰν ἐπίσης χημικὴν ἕνωσιν FeS, ἡ ὁποία λόγω τοῦ χαμηλοῦ της σημείου τήξεως συσσωρεύεται συνήθως εἰς τὰ ὅρια τῶν κόκκων τοῦ ὡστενίτου κατὰ τὴν στερεοποίησιν. Τοῦτο ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀκαταλληλότητα τοῦ χάλυβος διὰ ψυχρηλασίαν.

Πρακτικῶς, εἶναι ἀσύμφορος ἡ μείωσις τῆς εἰς θεῖον περιεκτικότητος τῶν χαλύβων κάτω τοῦ 0,05%.

Τὸ θεῖον ἀσκεῖ εὐνοϊκὴν ἐπίδρασιν προστιθέμενον μέχρι καὶ 0,25% εἰς τοὺς χάλυβας *ἐλευθέρας κοπῆς* ἢ *χάλυβας αὐτομάτων* [παράγρ. 21·2 (Α)], εἰς τοὺς ὁποίους ὅμως προστίθεται ηὐξημένος φωσφόρος

καὶ μαγγάνιον μέχρις 1,50%. Ἔτσι 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 ψαθυρὸς καὶ ἀκατάλληλος διὰ ψυχρηλασίαν μεγάλου βαθμοῦ παραμορφώσεως. Ὁ χρησιμοποιούμενος, συνεπῶς, διὰ κοίλανσιν μαλακὸς χάλυψ (σχ. 12·α) θὰ πρέπῃ νὰ ἔχῃ χαμηλὴν περιεκτικότητα εἰς ἄζωτον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 21

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ

Οἱ χάλυβες, ἐξεταζόμενοι ἀπὸ ἀπόψεως βιομηχανικῆς των χρήσεως, δύνανται νὰ ταξινομηθοῦν εἰς:

α) *Χάλυβας κατασκευῶν.*

β) *Χάλυβας ἐργαλείων* καὶ

γ) *εἰδικὰ χαλυβοκράματα,* ὅπως εἶναι 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.

Οἱ χάλυβες γενικῶς *τυποποιοῦνται* κατὰ ὡρισμένον τρόπον, ὥστε νὰ ἐπιτυγχάνεται ἡ σύντομος ὀνομασία των, ἀπὸ τὴν ὁποίαν νὰ προκύπτουν αἱ πλέον χαρακτηριστικαί των ἰδιότητες.

Ὑπάρχουν σήμερον ἐν ἰσχύι πολλὰ συστήματα τυποποιήσεως τῶν χαλύβων. Κατωτέρω θὰ ἀναφέρωμεν συνοπτικῶς τὸ γερμανικὸν καὶ ἀμερικανικὸν σύστημα τυποποιήσεως, τὰ ὁποῖα θεωροῦνται ὡς τὰ πλέον ἀντιπροσωπευτικὰ καὶ διαδεδομένα.

Α. Τὸ γερμανικὸν σύστημα τυποποιήσεως.

1) Οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες.

Οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες συμβολίζονται μὲ τὸ St (ἐκ τοῦ Stahl = χάλυψ), τὸ ὁποῖον ἀκολουθεῖ διψήφιος ἀριθμός. Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς παριστάνει τὸ ἐλάχιστον ὅριον θραύσεως τοῦ χάλυβος σ_B εἰς kp/mm^2.

Ὁ συμβολισμὸς π.χ. St 50 σημαίνει ἀνθρακοῦχον χάλυβα, μὲ ἐλάχιστον ὅριον θραύσεως $\sigma_B = 50\ kp/mm^2$. Πρέπει νὰ σημειώσωμεν, ὅτι τὸ σ_B εἶναι δυνατὸν νὰ λάβῃ καὶ τὴν τιμὴν τῶν 60 kp/mm^2 εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν.

Παλαιότερον, τὸν διψήφιον αὐτὸν ἀριθμὸν ἠκολούθει καὶ ἄλλος ἐπίσης διψήφιος ἀριθμός, ὁ ὁποῖος ἀντεπροσώπευε τὰ δύο τελευτ

ψηφία τοῦ σχετικοῦ πίνακος τυποποιήσεως DIN. Ἔτσι, ὁ χάλυψ St 50, ποὺ ἀνεφέραμεν, ἐτυποποιεῖτο ὡς St 50.11 συμφώνως πρὸς τὰς προδιαγραφὰς τοῦ πίνακος DIN 1611 (ὁ 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 ὅμως ποιότητος, ὅπως εἶναι οἱ χάλυβες ἐνανθρακώσεως, συμβολίζονται μὲ τὸ γράμμα C, τὸ ὁποῖον ἀκολουθεῖ ἡ εἰς ἄνθρακα περιεκτικότης τοῦ χάλυβος πολλαπλασιασμένη ἐπὶ 100.

Εἰς τὴν περίπτωσιν χαλύβων πολὺ καθαρῶν, δηλαδὴ μὲ ἐξαιρετικῶς ὀλίγας ἀκαθαρσίας θείου καὶ φωσφόρου, τὸ γράμμα C ἀκολουθεῖται καὶ ἀπὸ τὸ K. Ἔτσι, 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 θεῖον καὶ φωσφόρον.

Πολλὰς φορὰς ἀναφέρεται καὶ ἡ μέθοδος παρασκευῆς τοῦ χάλυβος μὲ χαρακτηριστικὸν γράμμα, ὅπως π.χ. μὲ τὸ B διὰ τὴν μέθοδον Μπέσσεμερ (Bessemer), μὲ τὸ M διὰ τὴν μέθοδον Σῆμενς - Μαρτὲν (Siemens - Martin), μὲ τὸ E διὰ τὴν ἠλεκτρικὴν μέθοδον κ.λπ.

2) Τὰ χαλυβοκράματα.

Διὰ τὸν συμβολισμὸν τῶν χαλυβοκραμάτων ἀρχικῶς γράφεται ὁ διψήφιος ἀριθμὸς τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητος τοῦ χαλυβοκράματος, ὅπως καὶ εἰς τοὺς ἀνθρακούχους χάλυβας, δηλαδὴ πολλαπλασιασμένης ἐπὶ 100.

Ἀκολουθοῦν τὰ χημικὰ σύμβολα τῶν προσθηκῶν, κατὰ σειρὰν ὅμως ἐλαττουμένης περιεκτικότητος. Εἰς περίπτωσιν ἴσης περιεκτικότητος προσθηκῶν, λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ ἀλφαβικὴ των σειρά. 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 πολλαπλασιαστήν. Ἔτσι, ἔχομεν:

διὰ Cr, Co, Mn, Ni, Si, W πολλαπλασιαστὴν 4
διὰ A, C, Mo, Ti, V, πολλαπλασιαστὴν 10
καὶ διὰ P, S, N, C πολλαπλασιαστὴν 100

Ὁ χαρακτηριστικὸς ἀριθμὸς κάθε προσθήκης εὑρίσκεται, ἂν ἡ πραγματικὴ περιεκτικότης τῆς προσθήκης πολλαπλασιασθῆ ἐπὶ τὸν ἀντίστοιχον ὡς ἀνωτέρω πολλαπλασιαστήν.

Χαλυβόκραμα π.χ. μὲ $\pi(C) = 0{,}50\,\%$, $\pi(Cr) = 1{,}00\,\%$, $\pi(Mo) = 0{,}60\,\%$ συμβολίζεται ὡς 50CrMo46.

Ἀντιθέτως, τὸ χαλυβόκραμα 15Cr3 περιλαμβάνει $\frac{15}{100}\,\% =$ $= 0{,}15\,\%$ C καὶ $\frac{3}{4}\,\% = 0{,}75\,\%$ Cr.

Ὁ ἀνωτέρω κύριος συμβολισμὸς εἶναι δυνατὸν νὰ περιέχῃ καὶ ἄλλα γράμματα. Ἔτσι, γράμματα, ποὺ χαρακτηρίζουν τὸν τρόπον παρασκευῆς τοῦ χάλυβος, προηγοῦνται τοῦ συμβολισμοῦ, ἐνῶ ἀκολουθοῦν ἄλλα γράμματα, ποὺ χαρακτηρίζουν τὸν τρόπον χρήσεώς του.

Ὅλα, ὅσα μέχρι τώρα ἔχομεν ἀναφέρει, ἀφοροῦν εἰς τὰ χαλυβοκράματα χαμηλῆς περιεκτικότητος εἰς προσθήκας ἢ *πτωχὰ* χαλυβοκράματα, μὲ σύνολον δηλαδὴ προσθηκῶν ἴσον 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 ἴσος πρὸς τὴν μονάδα.

Ὡς παράδειγμα φέρομεν τὸν ἀνοξείδωτον χάλυβα μέ:

$$\pi(C) = 0{,}10\,\%,\ \pi(Cr) = 18\,\% \text{ καὶ } \pi(Ni) = 8\,\%$$

ὁ ὁποῖος συμβολίζεται ὡς X10CrNi188. Ἀντιθέτως, ἂν δίδεται τὸ χαλυβόκραμα X10CrNiTi1892, τοῦτο θὰ περιέχῃ:

$$\frac{10}{100}\,\% = 0{,}10\,\%\,\text{C},\quad \frac{18}{1}\,\% = 18\,\%\,\text{Cr},\quad \frac{9}{1}\,\% = 9\,\%\,\text{Ni}$$

$$\text{καὶ}\quad \frac{2}{1}\,\% = 2\,\%\,\text{Ti}$$

Β. **Τὸ ἀμερικανικὸν 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 εἶναι δυνατὸν νὰ προταχθοῦν γράμματα χαρακτηριστικὰ τῆς μεθόδου παρασκευῆς τοῦ χάλυβος, ὅπως π.χ. τὸ Β διὰ τὴν μέθοδον Bessemer, τὸ Ε διὰ τὴν ἠλεκτρικὴν 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 ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς πάσης φύσεως μεταλλικὰς κατασκευὰς (ὑπόστεγα, 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 ἰδιότητας καὶ εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις καὶ ἄλλας ἰδιαιτέρας ἰδιότητας, ὅπως π.χ. ἀντοχὴν εἰς τὴν φθοράν, ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν κ.λπ. Συνήθως διὰ συγκεκριμένην ἐργασίαν διατίθεται σειρὰ ἀπὸ χάλυβας,

οἱ ὁποῖοι εἶναι κατάλληλοι διὰ τὴν ἐργασίαν αὐτήν. Εἰς τὴν πρᾶξιν ἐκλέγεται ὁ χάλυψ, ὁ ὁποῖος ἀνταποκρίνεται εἰς τὰς ἀπαιτήσεις τῆς κατασκευῆς καὶ συγχρόνως *στοιχίζει εὐθηνότερα*.

Α. **Ἀνθρακοῦχοι χάλυβες κατασκευῶν.**

Οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες, μὲ τοὺς ὁποίους ἐκτενῶς ἠσχολήθημεν εἰς τὴν παράγραφον 17 · 2, χρησιμοποιοῦνται διὰ συνήθεις κατασκευὰς καὶ στοιχεῖα μηχανῶν. Ἡ περιεκτικότης των εἰς ἄνθρακα κυμαίνεται ἀπὸ 0,05 % μέχρι 0,80 % καὶ ὡς ἐκ τούτου εἶναι *ὑποευτηκτοειδεῖς χάλυβες*.

Ἀναλόγως τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητός των, οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες κατασκευῶν διακρίνονται εἰς:

α) Λίαν μαλακοὺς μὲ π(C) = 0,05 % ἕως 0,15 %
β) Μαλακοὺς μὲ π(C) = 0,15 % ἕως 0,30 %
γ) Ἡμιμαλακοὺς μὲ π(C) = 0,30 % ἕως 0,40 %
δ) Ἡμισκλήρους μὲ π(C) = 0,40 % ἕως 0,60 %.
ε) Σκληροὺς μὲ π(C) = 0,60 % ἕως 0,70 % καὶ
στ) λίαν σκληροὺς μὲ π(C) = 0,70 % ἕως 0,80 %.

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα καὶ βιομηχανικαὶ χρήσεις τῶν ἀνθρακούχων 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 ἀποδοτικὴν κοπήν, πρέπει τὰ ἀπόβλιττα νὰ μὴ ἀποκτοῦν μέγα μῆκος, δηλαδὴ νὰ θρυμματίζωνται εὐκόλως. 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*.

Ἀναφέρομεν κατωτέρω τυπικοὺς χάλυβας αὐτομάτων:

α) Χάλυψ μὲ π(C) = 0,10 %, π(Mn) = 1,00 % καὶ π(S) = 0,25 %
β) Χάλυψ μὲ π(C) = 0,25 %, π(Mn) = 1,00 % καὶ π(S) = 0,14 %
γ) Χάλυψ μὲ π(C) = 0,40 %, π(Mn) = 1,00 % καὶ π(S) = 0,16 %
δ) Χάλυψ μὲ π(C) = 0,12 %, π(Mn) = 1,00 %, π(S) = 0,22 %
καὶ π(Pb) = 0,20 %
ε) Χάλυψ μὲ π(C) = 0,40 %, π(Mn) = 0,60 %, π(S) = 0,03 %
καὶ π(Pb) = 0,20 %

ΠΙΝΑΞ 21·2·1

Ἀνθρακοῦχοι χάλυβες κατασκευῶν

Χημικὴ σύνθεσις [%]*		Μηχανικαὶ Ἰδιότητες				Θερμικαὶ κατεργασίαι	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
C	Mn	Κατάστασις χάλυβος	σ_B [kp/mm²]	A [%]	ρ [kpm/cm²]		
0,15	0,50	Μετὰ βαφὴν εἰς ὕδωρ καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 200⁰ C	52	20	15	Ἐξομάλυνσις ἢ ἀνόπτησις εἰς 900⁰ C. Ἐνανθράκωσις εἰς 950⁰ C. Βαφὴ εἰς 880⁰ C. Ἐπαναφορὰ εἰς 180⁰ ἕως 200⁰ C καὶ ἀπόψυξις εἰς ἀέρα	*0,05* ἕως *0,15* % *C*: Ἀλυσίδες, ἥλοι, κοχλίαι καὶ ἄλλα στοιχεῖα μηχανῶν, σωλῆνες μὲ ραφήν, ταινίαι, σίδηρος μπετόν, διάφοροι μεταλλικαὶ κατασκευαί. Τεμάχια ποὺ πρόκειται νὰ ἐνανθρακωθοῦν
0,22	0,80	Μετὰ βαφὴν εἰς ὕδωρ καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 550⁰ C	67	16	9	Ἐξομάλυνσις ἢ ἀνόπτησις εἰς 900⁰ C. Βαφὴ εἰς ὕδωρ ἀπὸ 875⁰ ἕως 880⁰ C. Ἐπαναφορὰ εἰς 400⁰ ἕως 700⁰ C καὶ ἀπόψυξις εἰς ἀέρα	*0,15* ἕως *0,30* % *C*: Κοχλίαι, ὀδοντωτοὶ τροχοί, πεῖροι, ἄξονες, χάλυβες ἐλευθέρας κοπῆς [παράγρ. 21·2 (Α)], σφυρήλατα τεμάχια
0,35	0,50	Μετὰ βαφὴν εἰς ὕδωρ καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 550⁰ C	90	10	6	Ἐξομάλυνσις ἢ ἀνόπτησις εἰς 840⁰ C. Βαφὴ εἰς ὕδωρ ἀπὸ 825⁰ ἕως 850⁰ C. Ἐπαναφορὰ εἰς 400⁰ ἕως 650⁰ C καὶ ἀπόψυξις εἰς ἀέρα	*0,30* ἕως *0,40* % *C*: Διωστῆρες, ἄξονες, ἄγκιστρα γερανῶν, σωλῆνες ἄνευ ραφῆς, σφυρήλατα τεμάχια
0,45	0,50	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 550⁰ C	95	8	3,5	Ἐξομάλυνσις ἢ ἀνόπτησις εἰς 840⁰ C. Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 840⁰ ἕως 845⁰ C. Ἐπαναφορὰ εἰς 300⁰ ἕως 365⁰ C καὶ ἀπόψυξις εἰς ἀέρα	*0,40* ἕως *0,50* % *C*: Στροφαλοφόροι ἄξονες, ἄξονες μεταδόσεως κινήσεως, ὀδοντωτοὶ τροχοί, ζάντες, τεμάχια ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας
0,60	0,80	Μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 550⁰ C	102	6	3	Ἐξομάλυνσις ἢ ἐπαναφορὰ εἰς 800⁰ C. Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἀπὸ 825⁰ ἕως 850⁰ C	*0,50* ἕως *0,60* % *C*: Τροχοὶ ἀμαξοστοιχιῶν, σιδηροτροχιαί, ἐλατήρια, συρματόσχοινα, τμήματα ὅπλων

* Ἡ περιεκτικότης εἰς πυρίτιον εἶναι ἴση ἢ μικροτέρα τοῦ 0,40 %

Β. **Χαλυβοκράματα κατασκευῶν.**

Εἶναι χάλυβες κατασκευῶν ἀνωτέρας ποιότητος ἀπὸ τοὺς ἀνθρακούχους. Αἱ ἀκαθαρσίαι των (παράγρ. 20 · 3) εἶναι μειωμέναι. Χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰς κατάστασιν ἐπιβελτιώσεως, δηλαδὴ μετὰ βαφὴν 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 ὁποίους ἀναφέρεται ἡ χημικὴ των σύνθεσις, αἱ μηχανικαί των ἰδιότητες, ὡς καὶ στοιχεῖα σχετικὰ μὲ τὰς θερμικάς των κατεργασίας. Ἐσημειώθη ἐπίσης ἔνδειξις διὰ τὰ χαλυβοκράματα κατασκευῶν. Τέλος, ἀνεφέρθησαν βασικαὶ βιομηχανικαί 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, εἶναι περιττὸν νὰ ἀσχοληθῶμεν περισσότερον μὲ αὐτά.

Θεωροῦμεν ὅμως σκόπιμον νὰ ἀναφέρωμεν ὀλίγα περὶ τῶν χαλυβοκραμάτων ἐνανθρακώσεως καὶ ἐναζωτώσεως, διὰ τὰ ὁποῖα δὲν ἔχομεν δώσει στοιχεῖα ἀλλοῦ.

1) Χαλυβοκράματα ἐνανθρακώσεως.

Ὡς χάλυβες ἐνανθρακώσεως εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἴτε ἀνθρακοῦχοι χάλυβες εἴτε χαλυβοκράματα, μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅμως νὰ εἶναι 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 (Β)].

Οἱ ἀνθρακοῦχοι χάλυβες ἐνανθρακώσεως περιέχουν ἄνθρακα μέχρι 0,30% καὶ μαγγάνιον μέχρι περίπου 0,90%.

Τὰ χαλυβοκράματα ἐνανθρακώσεως εἶναι νικελιοῦχοι, νικελιοχρωμιοῦχοι ἢ χρωμιομαγγανιοῦχοι χάλυβες μὲ ὀλίγον βανάδιον.

Κατωτέρω δίδονται τυπικὰ χαλυβοκράματα ἐνανθρακώσεως:

α) Τὸ χαλυβόκραμα μὲ π(C) = 0,15%, π(Mn) = 0,50% καὶ π(Ni) = 3% χρησιμοποιούμενον διὰ τεμάχια, ὅπου ἀπαιτεῖται σκληρὰ ἐπιφάνεια καὶ δύσθραυστος πυρήν.

β) Τὸ χαλυβόκραμα μὲ π(C) = 0,15%, π(Mn) = 0,40%, π(Ni) = 4,00% καὶ π(Cr) = 1,20% χρησιμοποιούμενον διὰ τεμάχια, διὰ τὰ ὁποῖα ἀπαιτεῖται πολὺ σκληρὰ ἐπιφάνεια καὶ δύσθραυστος πυρήν.

γ) Τὸ χαλυβόκραμα μὲ π(C) = 0,40%, π(Mn) = 1,50%, π(Cr) = 1,00% καὶ π(V) = 0,15% χρησιμοποιούμενον, ὅπου ἀπαιτεῖται μεγάλη σκληρότης τῆς ἐπιφανείας, ἐνῶ ἡ δυσθραυστότης τοῦ πυρῆνος ἔχει δευτερεύουσαν σημασίαν.

2) Χαλυβοκράματα ἐναζωτώσεως.

Ἔχομεν ἤδη ἀναφέρει εἰς τὴν παράγραφον 19·9 (Γ), ὅτι ἐναζώτωσιν ὑφίστανται χάλυβες μὲ εἰδικὴν σύνθεσιν, διότι ἡ σκλήρωσις τῆς ἐπιφανείας, ποὺ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὴν ἐναζώτωσιν, ὀφείλεται εἰς τὸν σχηματισμὸν σκληρῶν ἐνώσεων τοῦ ἀζώτου μετὰ τοῦ χρωμίου, τοῦ ἀργιλίου καὶ τοῦ βαναδίου. Τὸ μολυβδαίνιον προστιθέμενον προσδίδει μεγαλυτέραν δυσθραυστότητα εἰς τὸν πυρῆνα τῶν τεμαχίων.

Κατωτέρω, δίδομεν τυπικὰ χαλυβοκράματα ἐναζωτώσεως:

α) Τὸ χαλυβόκραμα μὲ π(C) = 0,30%, π(Mn) = 0,65%, π(Cr) = 1,60%, π(Mo) = 0,20% καὶ π(Al) = 1,10%, ποὺ χρησιμοποιεῖται διὰ τεμάχια μὲ πολὺ σκληρὰς ἐπιφανείας καὶ ἀρκετὰ μεγάλην δυσθραυστότητα πυρῆνος.

β) Τὸ χαλυβόκραμα μὲ π(C) = 0,35%, π(Mn) = 0,50%, π(Cr) = 2,00%, π(Mo) = 0,25% π(V) = 0,15%, ποὺ χρησιμοποιεῖται διὰ τεμάχια ἀπαιτοῦντα μεγάλην σκληρότητα ἐπιφανείας καὶ καλὴν τραχύτητα ἐπιφανείας, ὅπως π.χ. μῆτραι πλαστικῶν.

21·3 Χάλυβες ἐργαλείων.

Τὰ διάφορα τεμάχια τῶν κατασκευῶν καὶ μηχανῶν λαμβάνουν

τὴν ἐπιθυμητὴν μορφήν των, ἐκτὸς 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 ἐξέλασις 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 ἀποβλίττου δημιουργεῖται ἰσχυρὰ 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 ἢ 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 δυσθρανστότητα.

γ) Καλὴν ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφοράν [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 κατάλληλον ἐκλογὴν τῶν προσθηκῶν δι' ὡρισμένην χρῆσιν τοῦ χάλυβος. Ἔτσι, οἱ χάλυβες ἐργαλείων κατατάσσονται εἰς τὰς ἑξῆς βασικὰς

κατηγορίας συμφώνως πρὸς τὴν ἀμερικανικὴν τυποποίησιν κατὰ AISI:

α) Εἰς τοὺς *κοινοὺς* χάλυβας ἐργαλείων ἢ *βαφῆς εἰς ὕδωρ*, εἰς τοὺς ὁποίους περιλαμβάνονται κατὰ βάσιν ἀνθρακοῦχοι χάλυβες.

β) Εἰς τοὺς χάλυβας ἐργαλείων *ἀντοχῆς εἰς κρούσεις*.

γ) Εἰς τοὺς χάλυβας ἐργαλείων *ψυχρηλασίας*.

δ) Εἰς τοὺς χάλυβας ἐργαλείων *θερμηλασίας*.

ε) Εἰς τοὺς *ταχυχάλυβας* καὶ

στ) εἰς τοὺς χάλυβας ἐργαλείων *εἰδικῆς χρήσεως*.

Α. Κοινοὶ χάλυβες ἐργαλείων.

Χρησιμοποιοῦνται, ὅπου αἱ ἀπαιτήσεις, τὰς ὁποίας ἀνεφέραμεν, εἶναι μικραί.

Ἡ εἰς ἄνθρακα περιεκτικότης τῶν χαλύβων αὐτῶν κυμαίνεται ἀπὸ 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 ἐργαλείων ἀγοράζονται συνήθως εἰς κατάστασιν ἀνοπτήσεως (τοῦτο συμβαίνει μὲ τὸ πλεῖστον τῶν χαλύβων ἐργαλείων), διὰ νὰ κατεργάζωνται εὐκόλως εἰς τὴν ἐπιθυμητὴν μορφὴν καὶ κατόπιν ὑφίστανται βαφὴν εἰς τὸ ὕδωρ καὶ κατάλληλον ἐπαναφοράν.

Ὡς ἐργαλεῖα κοπῆς οἱ κοινοὶ χάλυβες χρησιμοποιοῦνται διὰ χαμηλὰς ταχύτητας κοπῆς καὶ μικρὰ βάθη κοπῆς καὶ διὰ μικρὰς ταχύτητας προώσεως, καθὼς ἐπίσης καὶ διὰ μαλακὰ ὑλικά, ὅπως διὰ μαλακοὺς χάλυβας, κράματα τοῦ χαλκοῦ καὶ τοῦ ἀργιλίου καὶ ἄλλα.

Εἰς τὸν Πίνακα 21 · 3 · 1 παρέχομεν στοιχεῖα θερμικῶν κατεργασιῶν καὶ βιομηχανικὰς χρήσεις τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων ἐργαλείων ἐν σχέσει μὲ τὴν εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητά των.

Β. Χάλυβες ἐργαλείων ἀντοχῆς εἰς κρούσεις.

Οἱ χάλυβες αὐτοὶ χρησιμοποιοῦνται δι' ἐργαλεῖα, ποὺ ὑφίστανται κρούσεις καὶ συνεπῶς πρέπει νὰ ἔχουν μεγάλην δυσθραυστότητα.

Χρησιμοποιοῦνται διὰ μήτρας διαμορφώσεως, διὰ στιγεῖς (ζουμτάδες) καὶ μήτρας κοπῆς, διὰ κοπίδια, λεπίδας ψαλίδων καὶ ἄλλα.

Περιέχουν ἄνθρακα ἀπὸ 0,45% μέχρις 0,60% καὶ ὡς προσθήκας τυρίτιον ἢ χρώμιον καὶ βολφράμιον καὶ εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις μολυβδαίνιον.

Τυπικοὶ χάλυβες τῆς κατηγορίας αὐτῆς εἶναι οἱ κατωτέρω:
α) $\pi(C) = 0,50\%$, $\pi(Mn) = 0,80\%$, $\pi(Si) = 2,00\%$, $\pi(Mo) = 0,40\%$
β) $\pi(C) = 0,50\%$, $\pi(Cr) = 1,50\%$, $\pi(W) = 2,50\%$.

ΠΙΝΑΞ 21·3·1

Κοινοὶ χάλυβες ἐργαλείων

$\pi(C)\%$	Θερμοκρασία [^0C]		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, κλεῖδες κοχλιῶν, ἐργαλεῖα σιδηρουργοῦ
0,80 – 0,90	820 – 780	180	Ὡς ἀνωτέρω
0,90 – 1,00	800 – 770	180	Τυπικὸς χάλυψ γενικῆς χρήσεως δι' ἐργαλεῖα τόρνου. Μάχαιραι, ἐλατήρια, στιγεῖς
1,00 – 1,10	790 – 760	150	Ἐργαλεῖα τόρνου, φραῖζαι, τρύπανα, γλύφανα, ἑλικοτομίδες (φιλιέρες καὶ κολαοῦζα)
1,10 – 1,20	790 – 760	150	Ἐργαλεῖα κοπῆς, ὡς ἀνωτέρω. Ἔνσφαιροι τριβεῖς (ρουλμὰν) .
1,20 – 1,50	790 – 760	150	Ἐργαλεῖα κοπῆς τελικῆς κατεργασίας, ρῖναι, ξυράφια, λεπίδες ψαλίδων

Γ. **Χάλυβες ἐργαλείων ψυχρηλασίας.**

Χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα. Εἰς τὴν κατηγορίαν αὐτὴν χαλύβων ἐργαλείων ὑπάγονται:

α) *Χάλυβες 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 εἶναι μετρία, ἡ δὲ ἀντοχή των εἰς ἐπαναφορὰν πολὺ χαμηλή, σχεδὸν ὅπως τῶν κοινῶν χαλύβων ἐργαλείων. Χρησιμοποιοῦνται διὰ μήτρας διαμορφώσεως, δι' ἑλικοτομίδας (κολαοῦζα - φιλιέρες) καὶ ρυθμιζόμενα γλύφανα. Τυπικὸς χάλυψ αὐτοῦ τοῦ εἴδους εἶναι ὁ ἀκόλουθος:

$\pi(C) = 0,90\%$, $\pi(Mn) = 1,00\%$, $\pi(Cr) = 0,50\%$, $\pi(W) = 0,50\%$

β) *Χάλυβες μέσης περιεκτικότητος εἰς προσθήκας*. Περιέχουν περίπου 1% ἄνθρακα, μαγγάνιον μέχρι 3%, χρώμιον μέχρι 5% καὶ 1% μολυβδαίνιον. Ὀλίγον παραμορφώνονται κατὰ τὰς θερμικὰς κατεργασίας. Ἔχουν καλὴν ἀντοχὴν εἰς τὴν φθορὰν ἐκ τριβῆς, μετρίαν δυσθραυστότητα καὶ ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφοράν. Βάφονται εἰς τὸν ἀέρα. Χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν μητρῶν κοπῆς, διαμορφώσεως καὶ σπειρωμάτων διὰ συμπιέσεως.

Ὡς 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) *Χάλυβες ὑψηλῆς περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα καὶ χρώμιον*. Περιέχουν μέχρι 2,35% ἄνθρακα καὶ 12% χρώμιον. Εἶναι δυνατὸν νὰ περιέχουν ἐπίσης μολυβδαίνιον (1,00%), βολφράμιον, βανάδιον καὶ κοβάλτιον.

Ὁ συνδυασμὸς ὑψηλῆς περιεκτικότητος εἰς ἄνθρακα καὶ χρώμιον δίδει πολὺ μεγάλην ἀντοχὴν εἰς φθοράν. Ἐλάχιστα ἀλλάσσουν αἱ διαστάσεις τῶν τεμαχίων κατὰ τὴν βαφήν. Χρησιμοποιοῦνται διὰ μήτρας κοπῆς, μήτρας συρματοποιήσεως, ὡς καὶ μήτρας σπειρωμάτων διὰ συμπιέσεως.

Ὡς τυπικὸς χάλυψ αὐτοῦ τοῦ εἴδους ἀναφέρεται ὁ ἑξῆς:

$$\pi(C) = 2{,}25\%,\quad \pi(Cr) = 12\%,\quad \pi(Mo) = 1{,}00\%$$

Δ. Χάλυβες ἐργαλείων θερμηλασίας.

Εἰς ὡρισμένας ἐφαρμογὰς τὸ ἐργαλεῖον θερμαίνεται εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας. Τοῦτο συμβαίνει πρὸ πάντων κατὰ τὴν θερμηλασίαν, ὅπου τὸ τεμάχιον ὑφίσταται τὴν κατεργασίαν θερμόν, ἀλλὰ ἐμφανίζεται καὶ κατὰ τὴν χύτευσιν διὰ συμπιέσεως, καθὼς ἐπίσης καὶ κατὰ τὴν χύτευσιν πλαστικῶν.

Οἱ χάλυβες αὐτοὶ θὰ πρέπει νὰ ἔχουν κατὰ κύριον λόγον καλὴν ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφοράν. Περιέχουν χρώμιον, μολυβδαίνιον καὶ βολφράμιον, τὸ ἄθροισμα δὲ ὅλων αὐτῶν τῶν προσθηκῶν πρέπει νὰ εἶναι μεγαλύτερον τοῦ 5%.

Διακρίνομεν τρεῖς ὁμάδας χαλύβων ἐργαλείων θερμηλασίας:

α) *Τοὺς χάλυβας μὲ βάσιν τὸ χρώμιον*, οἱ ὁποῖοι περιέχουν 0,35% ἕως 0,55% ἄνθρακα, 5% ἕως 7% χρώμιον καὶ μικροτέρας ποσότητας βαναδίου (0,40% ἕως 1,00%), βολφραμίου (1,50% ἕως

7,00%) καὶ μολυβδαινίου (1,50% ἕως 5,00%). Ὡς τυπικὸν χάλυβα αὐτῆς τῆς ὁμάδος ἀνεφέρομεν τὸ ἀκόλουθον:

$\pi(C) = 0{,}35\%$, $\pi(Cr) = 5\%$, $\pi(V) = 1{,}00\%$, $\pi(Mo) = 1{,}50\%$

β) *Τοὺς χάλυβας μὲ βάσιν τὸ βολφράμιον*, οἱ ὁποῖοι περιέχουν 0,35% ἕως 0,55% ἄνθρακα, 2% ἕως 12% χρώμιον καὶ 9% ἕως 18% βολφράμιον, ὅπως εἶναι ὁ χάλυψ:

$$\pi(C) = 0{,}45\%, \quad \pi(Cr) = 3\%, \quad \pi(W) = 15\%$$

γ) *Τοὺς χάλυβας μὲ βάσιν τὸ μολυβδαίνιον*, περιέχοντας 0,55% ἕως 0,65% ἄνθρακα, 4% Cr, 1% ἕως 2% V, 1,50% ἕως 6,00% W καὶ 5% ἕως 8% Mo, ὅπως εἶναι καὶ ὁ χάλυψ:

$\pi(C)=0{,}60\%$, $\pi(Cr)=4\%$, $\pi(V)=2\%$, $\pi(W)=6\%$, $\pi(Mo)=5\%$

Οἱ χάλυβες ἐργαλείων θερμηλασίας ἔχουν γενικῶς καλὴν δυσθραυστότητα, μεγάλην ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφοράν καὶ μετρίαν ἀντοχὴν εἰς τὴν φθοράν. Βάφονται εἰς τὸν ἀέρα μὲ πολὺ μικρὰς παραμορφώσεις κατὰ τὴν βαφήν.

Χρησιμοποιοῦνται διὰ μήτρας σφυρηλασίας, ὡς καὶ μήτρας διὰ διέλασιν ἐν θερμῷ ἀργιλίου, ὀρειχάλκου καὶ χάλυβος. Ἐπίσης, διὰ λεπίδας ψαλίδων διὰ ψαλιδισμὸν ἐν θερμῷ, διὰ μήτρας πλαστικῶν, καθὼς καὶ μήτρας χυτεύσεως διὰ συμπιέσεως.

Ε. **Ταχυχάλυβες.**

Οἱ ταχυχάλυβες χρησιμοποιοῦνται κυρίως ὡς χάλυβες ἐργαλείων κοπῆς τῶν μετάλλων. Εὑρίσκουν ὅμως ἐφαρμογὰς καὶ εἰς μήτρας διελάσεως καὶ μήτρας κοπῆς. Ἐκ τῶν χαλύβων ἐργαλείων, ἔχουν τὸ μεγαλύτερον ποσοστὸν προσθηκῶν. Συνήθως ἔχουν ὑψηλὴν περιεκτικότητα εἰς βολφράμιον ἢ μολυβδαίνιον καὶ κοβάλτιον. Ἡ εἰς ἄνθρακα περιεκτικότης των κυμαίνεται ἀπὸ 0,70% ἕως 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 ἁλάτων.

Οἱ ταχυχάλυβες ταξινομοῦνται εἰς δύο κατηγορίας:

α) Εἰς ἐκείνους ποὺ ἔχουν ὡς βάσιν τὸ *βολφράμιον*. Προστίθεται βανάδιον καὶ κοβάλτιον. Τυπικὸς χάλυψ τῆς κατηγορίας αὐτῆς εἶναι

ὁ γνωστὸς ταχυχάλυψ 18 - 4 - 1 (18% W, 4% Cr, 1% V καὶ 0,75% C).

β) Εἰς ἐκείνους ποὺ ἔχουν ὡς βάσιν τὸ *μολυβδαίνιον*, μὲ προσθήκας βολφραμίου, βαναδίου καὶ κοβαλτίου, ὅπως εἶναι οἱ ἀκόλουθοι ταχυχάλυβες:

$\pi(C) = 1{,}30\%$, $\pi(Cr) = 4\%$, $\pi(V) = 4\%$, $\pi(W) = 5{,}50\%$, $\pi(Mo) = 4{,}50\%$

ἢ ὁ $\pi(C) = 0{,}90\%$, $\pi(Cr) = 4\%$, $\pi(V) = 2\%$, $\pi(W) = 2\%$, $\pi(Mo) = 8\%$

καὶ $\pi(Co) = 8\%$

Χονδρικῶς δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν, ὅτι οἱ ταχυχάλυβες μὲ βάσιν τὸ βολφράμιον εἶναι περίπου ἰσοδύναμοι πρὸς ἐκείνους, οἱ ὁποῖοι ἔχουν βάσιν τὸ μολυβδαίνιον. Οἱ δεύτεροι ἔχουν μεγαλυτέραν δυσθραυστότητα. Τὸ κοβάλτιον, ὡς προσθήκη, αὐξάνει τὴν ἀντοχὴν τοῦ ταχυχάλυβος εἰς ἐπαναφοράν.

Εἰς τὸν Πίνακα 21 · 3 · 2 δίδονται στοιχεῖα σχετικὰ μὲ τὴν χημικὴν σύνθεσιν, τὰς θερμικὰς κατεργασίας καὶ τὰς βιομηχανικὰς χρήσεις συνήθων ταχυχαλύβων καὶ τῶν δύο κατηγοριῶν.

Θερμικαὶ κατεργασίαι τῶν χαλύβων ἐργαλείων.

Ἡ κανονικὴ ἐκτέλεσις τῶν ἀπαραιτήτων θερμικῶν κατεργασιῶν τῶν διαφόρων ἐργαλείων ἀποτελεῖ σημαντικὸν παράγοντα ἐπιτυχίας των εἰς τὰς ἐφαρμογὰς καὶ ὡς ἐκ τούτου χρειάζεται πολλὴ προσοχή.

Κατωτέρω δίδομεν ὡρισμένας γενικὰς ὁδηγίας:

α) Ἀπότομος θέρμανσις δύναται νὰ δημιουργήσῃ μεγάλην διαφορὰν θερμοκρασίας εἰς τὴν μᾶζαν των, πρᾶγμα ποὺ εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχῃ ὡς ἐπακόλουθον ρωγμὰς καὶ στρεβλώσεις. Τοῦτο ἀποφεύγεται μὲ ἤρεμον ἀρχικῶς προθέρμανσιν τῶν ἐργαλείων καὶ ἀκολούθως ταχυτέραν θέρμανσιν εἰς τὴν κανονικὴν θερμοκρασίαν βαφῆς. Μερικοὶ προτιμοῦν νὰ θερμαίνουν κλίβανον καὶ ἐργαλεῖα ταυτοχρόνως.

β) Ὁ χρόνος παραμονῆς τῶν ἐργαλείων εἰς τὴν θερμοκρασίαν βαφῆς πρέπει νὰ εἶναι τόσος, ὅσος χρειάζεται διὰ νὰ ἀποκτήσουν ὁμοιόμορφον θερμοκρασίαν εἰς ὅλην των τὴν μᾶζαν.

γ) Ὑπερθέρμανσις πρέπει νὰ ἀποφεύγεται, διότι δυνατὸν νὰ προκαλέσῃ ρωγμὰς κατὰ τὴν βαφὴν ἢ καὶ αὔξησιν τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων τοῦ ὡστενίτου μὲ συνέπειαν ἐλάττωσιν τῆς δυσθραυστότητος.

δ) Πρέπει νὰ λαμβάνωνται σοβαρὰ μέτρα ἀποφυγῆς τῆς ἐξανθρακώσεως τῶν ἐργαλείων, πρᾶγμα ποὺ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα ἐλάττωσιν τῆς σκληρότητος εἰς τὰς θέσεις ἐξανθρακώσεως.

ε) Συνιστᾶται, ὅπως ἡ ἐπαναφορὰ γίνεται εὐθὺς ἀμέσως μετὰ τὴν βαφήν, ὥστε νὰ ἐλαττωθῇ εἰς τὸ ἐλάχιστον ὁ κίνδυνος δημιουργίας ρωγμῶν ἢ στρεβλώσεων, λόγω τῶν ἐσωτερικῶν τάσεων ποὺ δημιουργοῦνται εἰς τὰ τεμάχια ἀπὸ τὴν βαφήν.

στ) Οἱ ταχυχάλυβες ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ ἀποκτοῦν μεγαλυτέραν σκληρό-

ΠΙΝΑΞ 21·3·2

Ταχυχάλυβες

Τύπος ταχυχάλυβος	Χημικὴ σύνθεσις [%]						Θερμικαὶ κατεργασίαι	Σκληρότης κατὰ Vickers	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
	C	Cr	W	V	Mo	Co			
14% βολφραμίου	0,65	4,00	14,00	0,80	—	—	Βαφὴ εἰς ρεῦμα ἀέρος ἢ ἔλαιον ἀπὸ 1250° ἕως 1300° C. Διπλῆ ἐπαναφορὰ εἰς 565° C ἐπὶ μίαν ὥραν	800 — 860	Γενικαὶ μηχανουργικαὶ ἐργασίαι ἐλαφρᾶς μορφῆς
18% βολφραμίου (18 - 4 - 1)	0,75	4,20	18,20	1,20	—	—	Ὡς ἀνωτέρω, βαφὴ ἀπὸ 1290° ἕως 1340° C καὶ διπλῆ ἐπαναφορὰ	800 — 890	Ἐργαλεῖα τόρνου, πλάνης, φραῖζαι, ἐργαλεῖα κοπῆς ὀδοντωτῶν τροχῶν εἰς γραναζοκόπτας. Γλύφανα, ἑλικοτομίδες, τρύπανα, δίσκοι ἀποκοπῆς, δίσκοι καὶ ταινίαι μεταλλοπριόνων καὶ ἄλλα
22% βολφραμίου	0,78	4,50	21,50	1,40	0,50	—	Ὡς ἀνωτέρω, βαφὴ ἀπὸ 1280° ἕως 1320° C καὶ διπλῆ ἐπαναφορὰ	830 — 950	Μεγάλου μεγέθους φραῖζαι καὶ κοπεῖς γραναζοκόπτου, ἐργαλεῖα αὐτομάτου τόρνου, ἐργαλεῖα μορφῆς ἀκριβείας. Ἀνώτερος εἰς ποιότητα τοῦ ταχυχάλυβος 18·4·1
12% κοβαλτίου - 21% βολφραμίου	0,80	4,75	21,50	1,50	0,50	12	Ὡς ἀνωτέρω, βαφὴ ἀπὸ 1300° ἕως 1320° C καὶ διπλῆ ἐπαναφορὰ	900 — 950	Ὅπως ὁ ταχυχάλυψ 18·4·1, ἀλλὰ διὰ πολὺ σκληρὰ τεμάχια. Παρουσιάζει πολὺ μεγάλην ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφορὰν καὶ μεγάλην δυσθραυστότητα

12% βολφραμίου - 5% βαναδίου	1,50	4,50	12,50	5,00	–	5,00	Ὡς ἀνωτέρω, βαφὴ ἀπὸ 1230° ἕως 1300° C καὶ διπλῆ ἐπαναφορὰ	900 – 1000	Ἐξαιρετικῶς σκληρὸς καὶ δύσθραυστος καὶ μὲ ἐξαιρετικὴν ἐπίσης ἀντοχὴν εἰς ἐπαναφοράν. Ἐργαλεῖα μεγάλης ἀκριβείας, ὡς καὶ ἐργαλεῖα τελικῆς κατεργασίας (τόρνευσις, φραιζάρισμα, πλάνισμα κ.λπ.). Κατεργασία χαλυβοκραμάτων ἀεριοστροβίλων
18% βολφραμίου - 5% βαναδίου	1,50	5,00	17,50	5,00	0,50	8,75	Ὡς ἀνωτέρω, βαφὴ εἰς 1250° C καὶ διπλῆ ἐπαναφορὰ	900 – 990	Ἐργαλεῖα κοπῆς διὰ κατεργασίαν πολὺ σκληρῶν ὑλικῶν
5% μολυβδαινίου	0,80	4,25	6,50	1,90	5,00	–	Ὡς ἀνωτέρω, βαφὴ εἰς 1250° C καὶ διπλῆ ἐπαναφορὰ	850 – 900	Χονδρικῶς ἰσοδύναμος μὲ τὸν ταχυχάλυβα 18·4·1 μὲ μεγαλυτέραν ὅμως δυσθραυστότητα. Τρύπανα, γλύφανα ἑλικοτομίδες, φραΐζαι
9% μολυβδαινίου - 8% κοβαλτίου	0,90	3,75	1,65	1,10	9,50	8,25	Ὡς ἀνωτέρω, ἀλλὰ τριπλῆ ἐπαναφορὰ εἰς 530° C ἐπὶ μίαν ὥραν	830 – 935	Παρόμοιος πρὸς τὸν ταχυχάλυβα 12% κοβαλτίου – 21% βολφραμίου

τητα μετὰ ἐπαναφορὰν καὶ ὄχι 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 1200° C ἕως 1300° C (Πίναξ 21 · 3 · 2) ἀναλόγως τοῦ τύπου ταχυχάλυβος. Θερμαίνομεν τὸν ταχυχάλυβα συνήθως εἰς ἠλεκτρικὴν κάμινον ρυθμιζομένης ἀτμοσφαίρας μέχρι περίπου 900° C. Συνεχίζομεν τὴν θέρμανσιν μέχρι τῆς θερμοκρασίας τῆς βαφῆς εἰς κάμινον τετηγμένων ἁλάτων(Πίναξ 19 · 10 · 1). Ἀκολούθως ἡ βαφὴ γίνεται ἐντὸς λουτροῦ τετηγμένων ἁλάτων ἢ μολύβδου θερμοκρασίας περίπου 550° C. Μόλις ὁ χάλυψ λάβη τὴν θερμοκρασίαν τοῦ λουτροῦ, ἀφήνεται νὰ ἀποψυχθῇ εἰς τὸν ἀέρα.

Μετὰ τὴν βαφὴν τοῦ ταχυχάλυβος παραμένει σημαντικὴ ποσότης ὠστενίτου. Ὁ μετασχηματισμὸς τοῦ ὑπολειπομένου αὐτοῦ ὠστενίτου εἰς μαρτενσίτην γίνεται μὲ ἐπαναφοράν. Συνήθως, γίνεται *διπλῆ ἐπαναφορὰ* (Πίναξ 21 · 3 · 2) εἰς τρόπον, ὥστε νὰ μετασχηματισθῇ ὅσον τὸ δυνατὸν περισσότερος ὠστενίτης εἰς μαρτενσίτην καὶ ἔτσι ὁ ταχυχάλυψ νὰ ἀποκτήσῃ μεγαλυτέραν σκληρότητα.

21 · 4 Εἰδικὰ χαλυβοκράματα.

Τὰ εἰδικὰ χαλυβοκράματα ἔχουν ἀναπτυχθῆ διὰ νὰ ἀνταποκριθοῦν εἰς ὡρισμένας πρακτικὰς ἀπαιτήσεις, τὰς ὁποίας δὲν δύνανται νὰ καλύψουν οἱ χάλυβες, τοὺς ὁποίους μέχρι τοῦδε ἔχομεν συναντήσει. Εἰς τὴν παράγραφον αὐτὴν θὰ μελετήσωμεν τοὺς πλέον ἐνδιαφέροντας τύπους εἰδικῶν χαλυβοκραμάτων, ὅπως εἶναι οἱ *ἀνοξείδωτοι* χάλυβες, οἱ *πυρίμαχοι* χάλυβες καὶ οἱ χάλυβες *εἰδικῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν ἐφαρμογῶν*.

Α. Οἱ ἀνοξείδωτοι χάλυβες (εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος).

Ἡ ἀνακάλυψις τῶν ἀνοξειδώτων χαλύβων ἀποδίδεται εἰς τὸν Μπρέρλεϋ (Brearley), 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 ὁποῖον σχηματίζει λεπτὸν στρῶμα ὀξειδίου τοῦ χρωμίου εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κράματος. Τὸ στρῶμα αὐτὸ εἶναι 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 ἢ διαβρωτικοῦ περιβάλλοντος.

Οἱ *ἀνοξείδωτοι χάλυβες*, συνεπῶς, εἶναι χαλυβοκράματα μὲ βά-

σιν τὸ χρώμιον, ἀνθεκτικὰ εἰς διαβρωτικὸν ἐν γένει περιβάλλον συμπεριλαμβανομένης καὶ τῆς γηίνης ἀτμοσφαίρας.

Ἡ διάβρωσις τῶν μετάλλων, ποὺ εὑρίσκονται ἐντὸς διαβρωτικῆς ἀτμοσφαίρας, γίνεται εἴτε κατόπιν συνεχοῦς χημικῆς προσβολῆς εἴτε λόγω φαινομένων ἠλεκτρολύσεως εἴτε καὶ τῶν δύο μαζί. Ἐκ τούτου ἔπεται ὅτι τὰ ἀνθεκτικὰ εἰς διάβρωσιν κράματα πρέπει:

α) Νὰ ἔχουν κρυσταλλικὴν δομὴν μιᾶς μόνον ὁμοιογενοῦς φάσεως, ὅπως π.χ. ὡστενίτου ἢ φερρίτου καὶ

β) νὰ σχηματίζουν ἐπιφανειακῶς ὀξείδιον, τὸ ὁποῖον νὰ προστατεύῃ τὸ βασικὸν κρᾶμα ἀπὸ περαιτέρω διάβρωσιν.

Οἱ ἀνοξείδωτοι χάλυβες εἶναι κατὰ βάσιν χρωμιοῦχοι χάλυβες. Περισσότερον βελτιωμένοι ἀνοξείδωτοι χάλυβες εἶναι οἱ νικελιοχρωμιοῦχοι.

Οἱ ἀνοξείδωτοι χάλυβες κατατάσσονται εἰς τρεῖς κατηγορίας:

— Εἰς τοὺς *μαρτενσιτικούς*

— Εἰς τοὺς *ὡστενιτικοὺς* καὶ

— εἰς τοὺς *φερριτικούς*.

1) Μαρτενσιτικοὶ ἀνοξείδωτοι χάλυβες.

Οἱ χάλυβες αὐτοὶ περιέχουν ἄνθρακα ἀπὸ 0,07 % ἕως 0,40 % καὶ χρώμιον ἀπὸ 12 % ἕως 18 %. Βάφονται ἀπὸ 950° C ἕως 1000° C. Μετὰ τὴν βαφὴν ἀποκτοῦν *μαρτενσιτικὸν* ἱστόν. Εἰς τὴν κατάστασιν αὐτὴν εἶναι ἀρκετὰ ἀνοξείδωτοι. Ἐὰν ὑποστοῦν ἀνόπτησιν, ἀποκτοῦν περλιτικὸν ἱστόν. Εἶναι *μαγνητικοί*.

Οἱ χάλυβες αὐτοὶ ὑφίστανται καὶ ἐπαναφορὰν ἀπὸ 500° C ἕως 750° C. Ἐδῶ πρέπει νὰ σημειώσωμεν, ὅτι μετὰ τὴν ἐπαναφορὰν ὁ χάλυψ ἀποκτᾶ μεγαλυτέραν δυσθραυστότητα, εἰς βάρος ὅμως τῆς ἀντοχῆς του εἰς διάβρωσιν.

Ἀναλόγως τῆς εἰς ἄνθρακα περιεκτικότητος οἱ μαρτενσιτικοὶ ἀνοξείδωτοι χάλυβες ἔχουν ὡρισμένας ἐφαρμογάς. Διὰ δύο τύπους ἐξ αὐτῶν τῶν χαλύβων ἀναφέρομεν μηχανικὰς ἰδιότητας καὶ βιομηχανικὰς χρήσεις εἰς τὸν Πίνακα 20 · 2 · 4. Ὁ χάλυψ μὲ π(C) = 0,40 % ἕως 1,00 % καὶ π(Cr) = 13 % χρησιμοποιεῖται δι' ἐνσφαίρους τριβεῖς καὶ ἐλατήρια, τὰ ὁποῖα λειτουργοῦν εἰς διαβρωτικὸν περιβάλλον.

Ἀναφέρομεν ἐπίσης ὡς μαρτενσιτικὸν ἀνοξείδωτον χάλυβα αὐτόν, ποὺ περιέχει 0,10 % C, 18 % Cr καὶ 2 % Ni. Συνδυάζει καλὴν ἀντο-

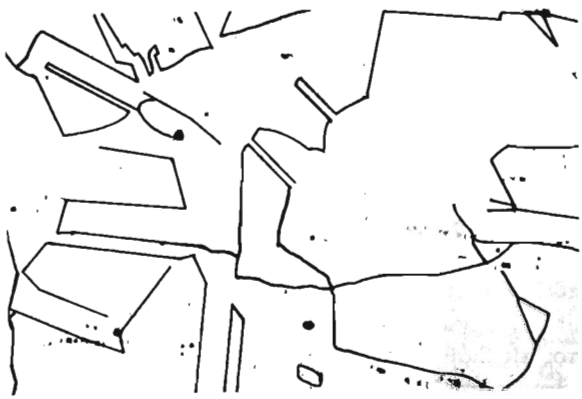
χὴν εἰς διάβρωσιν μὲ καλὰς μηχανικὰς ἰδιότητας, ποὺ ἐπιτυγχάνονται μετὰ βαφὴν εἰς 950⁰ C καὶ ἐπαναφορὰν εἰς 650⁰ C. Χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν κατασκευὴν ἀξόνων ἀντλιῶν, πτερυγίων στροβίλων κ.λπ.

2) Ὠστενιτικοὶ 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 ὠστενιτικὸς ἀνοξείδωτος χάλυψ εἶναι ὁ νικελιοχρωμιοῦχος χάλυψ μὲ π(Cr) = 18 % καὶ π(Ni) = 8 %, ὁ ὁποῖος συνήθως συμβολίζεται ὡς 18 - 8.

Οἱ χάλυβες αὐτοὶ δὲν σκληρύνονται διὰ βαφῆς. Βαφὴ εἰς ἔλαιον ἢ ὕδωρ ἀπὸ 1050⁰ C ἕως 1100⁰ C τοὺς προσδίδει πλήρως κρυσταλλικὴν δομὴν ὠστενίτου (σχ. 21 · 4 α). Εἰς τὴν κατάστασιν αὐτὴν τὸ χαλυβόκραμα εἶναι μαλακόν, ἀμαγνητικὸν καὶ παρουσιάζει τὴν μεγίστην ἀντοχήν του εἰς διάβρωσιν.

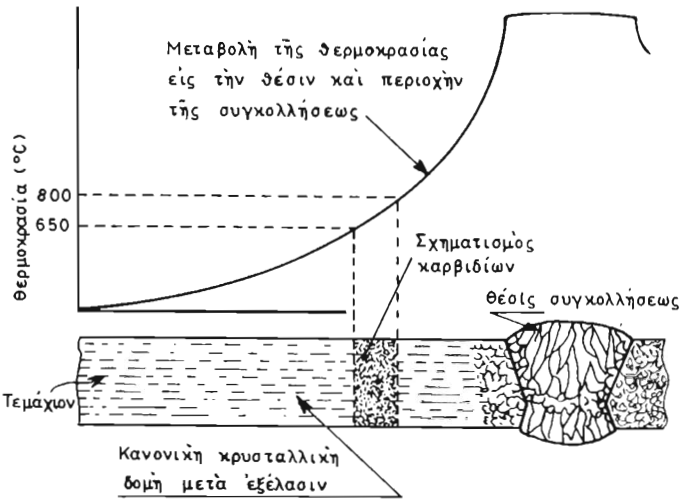


Σχ. 21·4 α.
Κρυσταλλικὴ δομὴ ἀνοξειδώτου χάλυβος μὲ π(Cr) = 20 %, π(Ni) = 10 % καὶ π(C) = 0,05 % μετὰ βαφὴν εἰς ἔλαιον ἀπὸ 1050⁰ C (κρυσταλλῖται ὠστενίτου). Μεγέθυνσις × 200.

Εἰς τὸν Πίνακα 20 · 2 · 5 δίδεται ἡ χημικὴ σύνθεσις, αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες καὶ αἱ βιομηχανικαὶ χρήσεις ὠστενιτικῶν ἀνοξειδώτων χαλύβων.

Οἱ χάλυβες τοῦ τύπου 18-8 εἶναι δυνατὸν νὰ περιέχουν καὶ περίπου 3% Mo ἢ 2% Cu, ὥστε νὰ ἀποκτήσουν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν ἔναντι ὡρισμένων διαλυμάτων.

Ἐὰν ὁ ἀνοξείδωτος χάλυψ 18-8 θερμανθῆ ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον, ὅπως συμβαίνει κατὰ τὴν συγκόλλησίν του (σχ. 21·4β), τότε ἐμφανίζονται καρβίδια εἰς τὰ ὅρια τῶν κόκκων τοῦ ὡστενίτου. Λόγω τοῦ σχηματισμοῦ τῶν καρβιδίων 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 καρβιδίων [παράγρ. 21·4(Α)]. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζομεν *περικρυσταλλικὴν διάβρωσιν* τοῦ χάλυβος.



Σχ. 21·4β.
Ἐμφάνισις καρβιδίων κατὰ τὴν συγκόλλησιν ἀνοξειδώτου 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 ἰσχυρὰν 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 ἢ νιοβίου.

3) Φερριτικοὶ ἀνοξείδωτοι χάλυβες.

Περιέχουν ἄνθρακα ἀπὸ 0,10% ἕως 0,30% καὶ χρώμιον ἀπὸ 16% ἕως 30%. Ἔχουν 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 ἀνοξειδώτους χάλυβας, ἀλλὰ πολὺ κατωτέραν μηχανικὴν ἀντοχήν.

Β. **Οἱ πυρίμαχοι χάλυβες.**

Πυριμάχους χάλυβας λέγομεν τοὺς χάλυβας, οἱ ὁποῖοι ἀντέχουν εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας, συνήθως ἄνω τῶν 500° C.

Οἱ πυρίμαχοι χάλυβες εὑρίσκουν 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 ἠλεκτρομαγνητικῶν ἐφαρμογῶν.**

Τὰ χαλυβοκράματα αὐτὰ εἶναι δυνατὸν νὰ διαιρεθοῦν εἰς:

α) *Μαγνητικῶς μαλακά*, τὰ ὁποῖα μαγνητίζονται καὶ ἀπομαγνητίζονται, χωρὶς νὰ χάνεται σημαντικὸν ποσὸν ἐνεργείας καὶ

β) *μαγνητικῶς σκληρά*, τὰ ὁποῖα μαγνητίζονται εὐκόλως κ~ὶ

ΠΙΝΑΞ 21·4·1

Πυρίμαχοι χάλυβες

Χημικὴ σύνθεσις [%]						Μεγίστη θερμοκρασία ἐργασίας [%]	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ἄλλα στοιχεῖα		
0,15	1,50	–	25	19	–	1100	*Ὠστενιτικὸς νικελιοχρωμιοῦχος χάλυψ*. Χωνευτήρια, πολλαπλαῖ ἐξαγωγαὶ μηχανῶν ἀεροπλάνων, τεμάχια λεβήτων καὶ ὑπερθερμαντήρων
0,35	0,60	–	28	–	–	1150	*Φερριτικὸς χρωμιοῦχος χάλυψ*. Ἀντέχει εἰς ὀξειδωτικὴν θειοῦχον ἀτμόσφαιραν
0,12	–	0,70	12	2,50	1,80 Mo 0,35 V	600	Πτερύγια καὶ δίσκοι στροβίλων, τεμάχια ἀεριοστροβίλων
0,06	–	1,50	17	12,50	2,35 Mo	650	Τεμάχια ἐγκαταστάσεων ἀτμοῦ, αὐλοὶ ὑπερθερμαντήρων
0,40	3,50	–	8	–	0,50 Mo	700	Χάλυψ βαλβίδων μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως

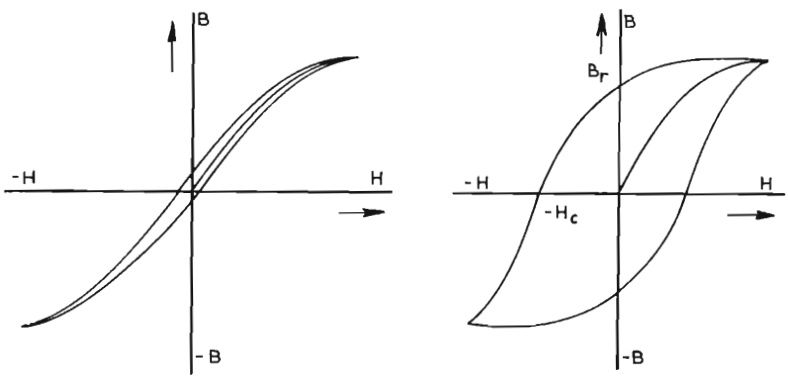
διατηροῦν τὸν μαγνητισμόν των καὶ μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον τὰ ἐμαγνήτισε.

1) Μαγνητικῶς μαλακὰ χαλυβοκράματα.

Ἀπὸ τὰ χαλυβοκράματα αὐτὰ κατασκευάζονται ἐλάσματα πυρήνων μετασχηματιστῶν, τυμπάνων καὶ πόλων ἠλεκτρικῶν κινητήρων καὶ γεννητριῶν καὶ ἄλλα. Αὐτὰ κατὰ βάσιν πρέπει:

α) Νὰ ἔχουν μέγαν συντελεστὴν μαγνητικῆς διαπερατότητος (Ἠλεκτρολογία, Ἱδρύματος Εὐγενίδου, Τόμος Β', σελ. 24, 25, 26) καὶ

β) μικρὰς ἀπωλείας ἐνεργείας. Αἱ ἀπώλειαι αὐταὶ περιλαμβάνουν τὰς μαγνητικὰς ἀπωλείας ἐκ μαγνητικῆς ὑστερήσεως (Ἠλεκτρολογία, Τόμος Β', σελ. 98, 99) καὶ τὰς ἀπωλείας ἐκ δινορρευμάτων (Ἠλεκτρολογία, Τόμος Β', σελ. 156, 157, 158). Αἱ ἀπώλειαι ἐξ ὑστερήσεως γίνονται μικραί, ὅταν τὸ ἐμβαδὸν τοῦ βρόχου ὑστερήσεως εἶναι 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 ὑστερήσεως λαμβανομένου δι' ὑλικὸν κατάλληλον μὲν διὰ πυρῆνα μετασχηματιστοῦ, ἀκατάλληλον ὅμως διὰ μόνιμον μαγνήτην. β) Μορφὴ βρόχου ὑστερήσεως δι' ὑλικὸν κατάλληλον διὰ μόνιμον μαγνήτην, ἀκατάλληλον ὅμως διὰ πυρῆνα μετασχηματιστοῦ.

Τὸν σίδηρον, ὁ ὁποῖος ἐχρησιμοποιήθη ἀρχικῶς ὡς μαγνητικὸν

μαλακὸν ὑλικόν, ἠκολούθησαν πυριτιοῦχοι χάλυβες μὲ ἐλαχίστην περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα καὶ μὲ πυρίτιον μέχρι 4,50 %. Σήμερον, τὰ κράματα σιδήρου-νικελίου δίδουν μεγάλους συντελεστὰς μαγνητικῆς διαπερατότητος, ἀλλὰ τὸ κόστος των εἶναι ὑψηλόν. Ἀναφέρομεν ἐδῶ ὡς τυπικὸν χαλυβόκραμα αὐτοῦ τοῦ εἴδους, 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 ὑστερήσεως αὐτῶν [σχ. 21 · 4 γ (β)] ὅσον τὸ δυνατὸν μεγαλυτέραν τιμὴν μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς Br καὶ ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου – H_C (Ἠλεκτρολογία, Ἱδρύματος Εὐγενίδου, Τόμος Β', σχ. 21 · 7 β). Τὸ πρῶτον σημαίνει ὅτι ὁ παραμένων μαγνητισμὸς εἶναι μέγας, ἐνῶ τὸ δεύτερον σημαίνει ὅτι διὰ νὰ ἀπομαγνητισθῇ τὸ χαλυβόκραμα πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ ἀντίθετον μαγνητικὸν πεδίον μεγάλης ἐντάσεως.

Ἀρχικῶς, ὡς κρᾶμα μονίμων μαγνητῶν ἐχρησιμοποιήθη βαμμένος ἀνθρακοῦχος χάλυψ μὲ π(C) = 0,80 % ἕως 1,00 %. Σήμερον, εὑρίσκουν ἐφαρμογὴν διάφοροι τύποι χαλυβοκραμάτων μὲ προσθήκας, ὅπως τὸ βολφράμιον, τὸ χρώμιον, τὸ μολυβδαίνιον καὶ τὸ κοβάλτιον. Ὡς τυπικὰ χαλυβοκράματα μονίμων μαγνητῶν ἀναφέρομεν τὰ ἑξῆς:

π(C) = 1,00 %	π(Cr) = 3,50 %		
π(C) = 0,70 %	π(Cr) = 0,60 %	π(W) = 6 %	
π(C) = 1,00 %	π(Cr) = 7 %	π(Co) = 3 %	καὶ
π(C) = 1,00 %	π(Cr) = 9 %	π(Co) = 15 %	

Ἐπίσης ἀναφέρομεν καὶ ὡρισμένα χαλυβοκράματα μονίμων μαγνητῶν, τὰ ὁποῖα ἀνεπτύχθησαν τὰ τελευταῖα ἔτη καὶ ἔχουν πολὺ ἀνωτέρας ἰδιότητας ἀπὸ τὰ παλαιότερα:

π(Co) = 12 %	π(Al) = 9,50 %	π(Ni) = 17 %	π(Cu) = 5 %	
π(Co) = 29 %	π(Al) = 7 %	π(Ni) = 15 %	π(Cu) = 2 %	
			π(Ti) = 4 %	

ΜΕΡΟΣ ΕΝΑΤΟΝ

ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 22

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΩΝ

Οἱ χυτοσίδηροι, ὅπως καὶ οἱ χάλυβες, εἶναι κράματα σιδήρου καὶ ἄνθρακος μὲ ὑψηλὴν ὅμως περιεκτικότητα εἰς ἄνθρακα κυμαινομένην πρακτικῶς ἀπὸ 2,50 % ἕως 4,00 %.

Εἰς τὴν παράγραφον 15 · 2 ἀνεφέραμεν τὸν τρόπον παρασκευῆς τοῦ χυτοσιδήρου.

Τὰ βασικὰ πλεονεκτήματα τοῦ χυτοσιδήρου, ὡς τεχνικοῦ ὑλικοῦ, ἔναντι τοῦ χάλυβος, εἶναι τὰ ἑξῆς:

α) Χαμηλότερον κόστος.

β) Χαμηλότερον σημεῖον τήξεως (1150^0 C ἕως 1250^0 C).

γ) Εἰς κατάστασιν τήξεως εἶναι πολὺ λεπτόρρευστος καὶ συνεπῶς δύναται νὰ λαμβάνῃ πολύπλοκα σχήματα κατὰ τὴν χύτευσιν.

δ) Ἔχει σημαντικὴν ἱκανότητα ἀποσβέσεως κραδασμῶν καὶ ὡς ἐκ τούτου εἶναι ὑλικὸν κατάλληλον διὰ βάσεις μηχανῶν.

Σημαντικὸν μειονέκτημα τοῦ χυτοσιδήρου συγκρινομένου μὲ τὸν χάλυβα εἶναι ὅτι ὁ πρῶτος ἔχει χαμηλότερον ὅριον θραύσεως, χαμηλοτέραν δυσθραυστότητα καὶ πολὺ μικρὰν ἢ καὶ ἀνύπαρκτον πλαστικότητα. Τὸ τελευταῖον σημαίνει ὅτι ὁ χυτοσίδηρος δὲν δύναται νὰ ὑποστῇ κατεργασίαν διὰ πλαστικῆς παραμορφώσεως, δηλαδὴ δὲν εἶναι κρᾶμα διαμορφώσεως. Θὰ ἴδωμεν κατωτέρω, ὅτι μὲ ὡρισμένας θερμικὰς κατεργασίας ἢ προσθήκας εἶναι δυνατὸν νὰ λάβωμεν χυτοσιδήρους μὲ ἱκανοποιητικὰς μηχανικὰς ἰδιότητας.

Ὅπως καὶ οἱ χάλυβες, οἱ χυτοσίδηροι ἐκτὸς τοῦ ἄνθρακος περιέχουν καὶ τὰς γνωστὰς ἀκαθαρσίας, δηλαδὴ πυρίτιον, μαγγάνιον, θεῖον καὶ φωσφόρον, εἰς ηὐξημένας ὅμως ποσότητας.

Ἡ περιοχὴ χημικῆς συνθέσεως τῶν χυτοσιδήρων εἶναι ἡ ἑξῆς:

$\pi(C) = 2,80\%$ ἕως $3,60\%$, $\pi(Si) = 1,00\%$ ἕως $3,00\%$,

$\pi(Mn) = 0,40\%$ ἕως $1,00\%$, $\pi(S) = 0,10\%$ ἕως $0,35\%$

καὶ $\pi(P) = 0,05\%$ ἕως $1,00\%$

Ὁ ἄνθραξ εἰς τὸν χυτοσίδηρον εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρχῃ ὑπὸ δύο μορφάς, εἴτε:

α) Ὑπὸ μορφὴν χημικῆς μετὰ τοῦ ἄνθρακος ἑνώσεως (καρβιδίου), δηλαδὴ ὡς *σεμεντίτης* (παράγρ. 17 · 1), εἴτε

β) ὑπὸ μορφὴν ἐλευθέρου ἄνθρακος, ὡς *γραφίτης*, ὁ ὁποῖος 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*, *εὔθραυστος* 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 ἰδιότητας, εἶναι ἡ *ταχύτης ἀποψύξεως* κατὰ τὴν χύτευσιν, ἡ *χημικὴ του σύνθεσις* καὶ αἱ *θερμικαὶ κατεργασίαι*, ποὺ ἀκολουθοῦν τὴν χύτευσίν του. Ἔτσι:

α) Ὑψηλὴ ταχύτης ἀποψύξεως τείνει νὰ σταθεροποιήσῃ τὸν σεμεντίτην καὶ συνεπῶς δίδει λευκὸν χυτοσίδηρον, ἐνῶ χαμηλὴ ταχύτης ἀποψύξεως ὑποβοηθεῖ τὸν σχηματισμὸν γραφίτου, ὁπότε παράγεται φαιὸς χυτοσίδηρος.

Ἡ ταχύτης ἀποψύξεως ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μέγεθος τῆς διατομῆς τοῦ χυτευομένου τεμαχίου, καθὼς ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ τύπου (καλουπιοῦ) χυτεύσεως. Ἑπομένως εἰς τὸ αὐτὸ χυτόν, μὲ διαφόρους ὅμως διατομάς, εἶναι δυνατὸν νὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς τὰς λεπτὰς διατομὰς σχηματίζεται λευκὸς χυτοσίδηρος, ἐνῶ εἰς τὰς παχυτέρας σχηματίζεται φαιὸς χυτοσίδηρος. Ἐπίσης 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 χυτοσιδήρου.

Τὸ *μαγγάνιον* σχηματίζει μετὰ τοῦ θείου θειοῦχον μαγγάνιον καὶ ἔτσι ὑποβοηθεῖ ἐμμέσως εἰς τὸν σχηματισμὸν γραφίτου, διότι δεσμεύει τὸ θεῖον, τὸ ὁποῖον, ὅπως ἀνεφέραμεν, τείνει νὰ σταθεροποιήση τὸν σεμεντίτην.

Ὁ *φωσφόρος* βελτιώνει τὴν ἰδιότητα τοῦ χυτοσιδήρου νὰ χυτεύεται εὐκόλως καὶ ἔτσι χυτοσίδηρος μὲ 1,00% φωσφόρον π.χ. εἶναι κατάλληλος διὰ χύτευσιν τεμαχίων μὲ λεπτὰς διατομάς.

Τέλος, διάφοροι *προσθῆκαι* μᾶς δίδουν τοὺς *εἰδικοὺς χυτοσιδήρους* (Κεφάλ. 26), οἱ ὁποῖοι παρουσιάζουν βελτιωμένας μηχανικὰς ἰδιότητας ἢ ἄλλας ἰδιότητας χαρακτηριστικάς.

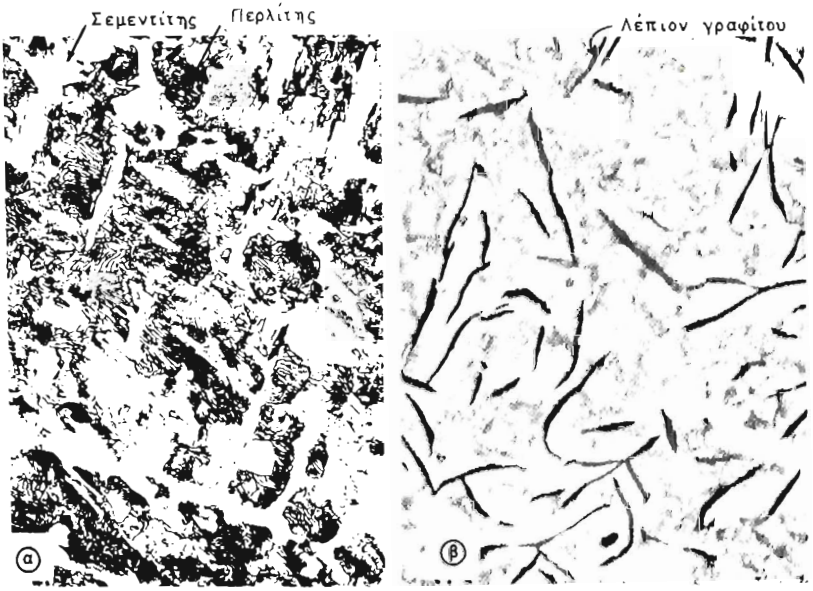
γ) Θερμικαὶ κατεργασίαι, ὅπως θὰ ἐξετάσωμεν κατωτέρω, ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν γραφιτοποίησιν τοῦ λευκοῦ χυτοσιδήρου καὶ ἔτσι μᾶς δίδουν τοὺς λεγομένους *μαλακτικοποιημένους χυτοσιδήρους* (Κεφάλ. 24).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 23

ΛΕΥΚΟΙ ΚΑΙ ΦΑΙΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

23 · 1 Λευκοὶ χυτοσίδηροι.

Οἱ λευκοὶ χυτοσίδηροι συμφώνως πρὸς τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας τῶν κραμάτων σιδήρου - σεμεντίτου (σχ. 17 · 1), περιέχουν ἄνθρακα ἀπὸ 2,00 μέχρις 6,67 %.



Σχ. 23·1.

Κρυσταλλικὴ δομὴ λευκοῦ καὶ φαιοῦ χυτοσιδήρου: α) Λευκὸς χυτοσίδηρος. Αἱ λευκαὶ ἐπιφάνειαι εἶναι σεμεντίτης. Μεγέθυνσις ×250. Προσβολὴ μὲ 2% Nital. β) Φαιὸς χυτοσίδηρος. Φαίνονται χαρακτηριστικῶς τὰ χονδρὰ λέπια γραφίτου εἰς φόντο περλίτου. Μεγέθυνσις ×100.

Εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος οἱ λευκοὶ χυτοσίδηροι ἀποτελοῦνται ἀπὸ κόκκους περλίτου εἰς φόντο σεμεντίτου [σχ. 23 · 1 (α)].

Κατὰ μέσον ὅρον, ἡ χημικὴ σύνθεσις λευκοῦ χυτοσιδήρου εἶναι ἡ ἑξῆς:

3,00% ἕως 3,50% C, 0,50% Si, 1,50% Mn, 0,15% S καὶ 1,00% P

Ὁ λευκὸς χυτοσίδηρος, ὅπως ἀνεφέραμεν, ἔχει πολὺν σεμεντίτην. Ἐπειδή, ὅπως εἶναι γνωστόν, ὁ σεμεντίτης εἶναι πολὺ σκληρὸς καὶ εὔθραυστος, ἕπεται ὅτι καθιστᾶ τὸν λευκὸν χυτοσίδηρον πολὺ σκληρὸν καὶ ἀνθεκτικὸν εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθοράν, ἐξαιρετικῶς ὅμως εὔθραυστον καὶ δυσκατέργαστον.

Ἡ σκληρότης τοῦ λευκοῦ χυτοσιδήρου φθάνει τὰ 400 ἕως 500 Brinell, ἐνῶ τὸ ὅριον θραύσεώς του κυμαίνεται ἀπὸ 15 μέχρι 50 kp/mm^2. Δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποστῇ κατεργασίαν πρακτικῶς μὲ κοπτικὰ ἐργαλεῖα, λόγω τῆς μεγάλης του σκληρότητος.

Οἱ λευκοὶ χυτοσίδηροι εἰς μεγάλας ποσότητας ἀποτελοῦν τὴν πρώτην ὕλην 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 ὁποῖα χρειάζεται μεγάλη ἀντοχὴ εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθοράν, τὴν ὁποίαν, ὅπως ἀνεφέραμεν, ὁ λευκὸς χυτοσίδηρος παρουσιάζει.

23 · 2 Φαιοὶ χυτοσίδηροι.

Εἰς τοὺς φαιοὺς χυτοσιδήρους, ὅπως ἀνεφέραμεν, ὁ σεμεντίτης διασπᾶται καὶ ἔτσι ἐλευθερώνεται γραφίτης. Ἡ διάσπασις αὐτὴ τοῦ σεμεντίτου ἐπιτυγχάνεται ἀπὸ τὸ πυρίτιον, τὸ ὁποῖον 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 ἰσορροπίας σιδήρου-γραφίτου παρομοίου πρὸς ἐκεῖνο τοῦ σιδήρου-σεμεντίτου τοῦ σχήματος 17 · 1 μὲ τὰς ἑξῆς μικρὰς διαφοράς:

α) Εἰς τὸ διάγραμμα σιδήρου-γραφίτου ἡ εἰς ἄνθρακα περιεκτικότης φθάνει θεωρητικῶς τὰ 100%.

β) Ἡ θερμοκρασία τοῦ εὐτηκτικοῦ σημείου C εἶναι 1135⁰ C ἔναντι 1130⁰ C τοῦ διαγράμματος σιδήρου-σεμεντίτου.

γ) Ἡ εὐτηκτικὴ ἀναλογία εἶναι 4,25 % C ἀντὶ 4,30 %.

δ) Ἡ θερμοκρασία τοῦ εὐτηκτοειδοῦς σημείου S εἶναι 738⁰ C ἀντὶ 723⁰ C καὶ

ε) ἡ εὐτηκτοειδὴς ἀναλογία εἶναι 0,69 % C ἀντὶ 0,80⁰ C.

Οἱ φαιοὶ χυτοσίδηροι εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ἔχουν κρυσταλλικὴν δομήν, συνήθως περλίτου μὲ χονδρὰ *λέπια γραφίτου* ἀκανονίστως διεσκορπισμένα [σχ. 23 · 1 (β)]. Μετὰ βραδυτάτην ἀπόψυξιν εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχωμεν εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος φερρίτην ἀντὶ περλίτου. Ἔτσι, ἔχομεν τοὺς *περλιτικοὺς* καὶ τοὺς *φερριτικοὺς* φαιοὺς χυτοσιδήρους ἀντιστοίχως.

Ὁ περλίτης τῶν φαιῶν χυτοσιδήρων ἔχει ὅριον θραύσεως περίπου 75 kp/mm² καὶ σημαντικὴν δυσθραυστότητα, ἐνῶ ὁ ἴδιος ὁ φαιὸς χυτοσίδηρος ἔχει μόνον 15 ἕως 30 kp/mm² καὶ πολὺ χαμηλὴν δυσθραυστότητα. Ἡ μεγάλη αὐτὴ διαφορὰ ἀποδίδεται εἰς τὴν παρουσίαν τῶν λεπίων τοῦ γραφίτου, τὰ ὁποῖα οὐδεμίαν ἀντοχὴν ἔχουν, ἐνεργοῦν δὲ ὡς ρωγμαὶ καὶ διακόπτουν ἔτσι τὴν συνέχειαν τοῦ κράματος, εἰς τὰς θέσεις ποὺ εὑρίσκονται ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ χυτοσιδήρου.

Τυπικὴ ἀνάλυσις τοῦ φαιοῦ χυτοσιδήρου εἶναι ἡ ἀκόλουθος:

3,00 % ἕως 3,50 % C, 2,00 % Si, 1 % Mn, 0,08 % P, 0,05 % S

Ἐδῶ, εἶναι ἔκδηλος 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 ὕδατος, χυτῶν διὰ διακόσμησιν, ἑδράνων ὀλισθήσεως, ὀλισθητήρων (γλιστρῶν) καὶ ἄλλων.

Αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες τῶν φαιῶν χυτοσιδήρων εἶναι δυνατὸν νὰ βελτιωθοῦν κατὰ δύο τρόπους:

α) Διὰ τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ γραφίτου ὑπὸ ἄλλην μορφὴν καὶ ὄχι ὑπὸ τὴν μορφὴν λεπίων, ποὺ ὑπάρχει εἰς τοὺς φαιοὺς χυτοσιδήρους, μὲ τὰ γνωστὰ δυσμενῆ ἀποτελέσματα καὶ

β) διὰ προσθήκης ἄλλων στοιχείων.

Ἔτσι, 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 ὕπαρξιν τοῦ γραφίτου, γίνεται μικρότερον, καθὼς μεταβαίνομεν ἀπὸ τοὺς φαιοὺς χυτοσιδήρους εἰς τοὺς μαλακτικοποιημένους καὶ τελικῶς εἰς τοὺς χυτοσιδήρους σφαιροειδοῦς γραφίτου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 24

ΜΑΛΑΚΤΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

Οἱ μαλακτικοποιημένοι χυτοσίδηροι ἔχουν καλυτέρας μηχανικὰς ἰδιότητας ἀπὸ τοὺς φαιοὺς χυτοσιδήρους. Ἡ βελτίωσις αὐτὴ τῶν ἰδιοτήτων ὀφείλεται εἰς τὴν συσσωμάτωσιν τοῦ ἐλευθέρου γραφίτου εἰς σφαιρίδια μὲ ἀνώμαλον ἐπιφάνειαν, τὰ ὁποῖα φαίνονται ὡς *ροζέτται* εἰς τὰς μικροφωτογραφίας (σχ. 24). Ἔτσι, μὲ τὴν μορφὴν αὐτήν, ποὺ λαμβάνει ὁ γραφίτης, δὲν διασπᾶται ἡ συνέχεια τοῦ δυσθραύστου φερρίτου ἢ τοῦ περλίτου τοῦ χυτοσιδήρου, ὅπως συμβαίνει εἰς τοὺς φαιοὺς χυτοσιδήρους, ὅπου ὁ γραφίτης εὑρίσκεται ὑπὸ μορφὴν λεπίων.

Οἱ χυτοσίδηροι αὐτοὶ παράγονται κατόπιν ἀνοπτήσεως *λευκοῦ χυτοσιδήρου* μὲ ὡρισμένην χημικὴν σύνθεσιν καὶ ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας, ὅπως θὰ περιγράψωμεν κατωτέρω.

Τυπικὴ χημικὴ σύνθεσις λευκῶν χυτοσιδήρων πρὸς μαλακτοποίησιν εἶναι ἡ ἑπομένη:
2,00% ἕως 3,40% C, 0,90% ἕως 1,40% Si, 0,25% ἕως 0,55% Mn, 0,18% P καὶ μικρότερον καὶ 0,05% ἕως 0,18% S.

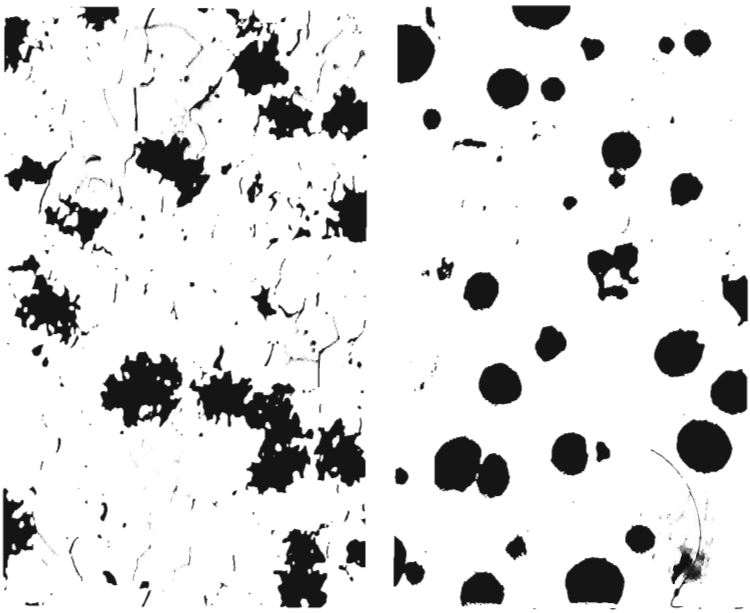
Ὑπάρχουν δύο εἰδῶν μαλακτικοποιημένοι χυτοσίδηροι, οἱ χυτοσίδηροι *μελαίνης (μαύρης) ἐπιφανείας θραύσεως* καὶ οἱ χυτοσίδηροι *λευκῆς ἐπιφανείας θραύσεως*.

α) *Χυτοσίδηροι μελαίνης ἐπιφανείας θραύσεως.*

Τὰ χυτὰ ἀπὸ λευκὸν χυτοσίδηρον τοποθετοῦνται συνήθως ἐντὸς κλιβάνου ἀδρανοῦς ἀτμοσφαίρας πρὸς ἀποφυγὴν ἐξανθρακώσεως. Θερμαίνονται εἰς θερμοκρασίαν 850° C ἕως 950° C (θερμοκρασία ἀνοπτήσεως).

Ἡ συνολικὴ διάρκεια τῆς θερμικῆς αὐτῆς κατεργασίας, δηλαδὴ ἡ θέρμανσις τῶν τεμαχίων μέχρι τῆς θερμοκρασίας ἀνοπτήσεως, ἡ παραμονή των εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν καὶ ἡ ἀπόψυξίς των μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος κυμαίνεται ἀπὸ 100 μέχρις 170 ὥρας. Εἰς τὴν θερμοκρασίαν ἀνοπτήσεως τὰ χυτὰ παραμένουν ἐπὶ 50 ἕως 75 ὥρας. Ἀποτέλεσμα τῆς παρατεταμένης αὐτῆς θερμάνσεως

εἶναι ἡ διάσπασις τοῦ σεμεντίτου εἰς γραφίτην συσσωματωμένον εἰς μικρὰς σφαίρας μὲ ἀνώμαλον ἐπιφάνειαν καθ' ὅλην τὴν διατομὴν τοῦ τεμαχίου.



Σχ. 24.

Κρυσταλλικὴ δομή: α) Φερριτικοῦ μαλακτικοποιημένου χυτοσιδήρου μελαίνης ἐπιφανείας θραύσεως. Ἀκανόνιστα σφαιρίδια (ροζέτται) γραφίτου εἰς φόντο φερρίτου. Μεγέθυνσις ×100. Προσβολὴ μὲ 5% Nital. β) Φερριτικοῦ χυτοσιδήρου σφαιροειδοῦς γραφίτου. Κανονικὰ σφαιρίδια γραφίτου εἰς φόντο φερίττου. Μεγέθυνσις ×125. Προσβολὴ μὲ 2% Nital.

Ἡ κρυσταλλικὴ δομὴ τοῦ χυτοσιδήρου αὐτοῦ περιλαμβάνει μικρὰς ἀκανονίστους σφαίρας γραφίτου (ροζέττας, 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. Ὁ πρῶτος ὀνομάζεται *φερριτικός*, ὁ δὲ δεύτερος *περλιτικὸς* χυτοσίδηρος.

Ὁ χυτοσίδηρος, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, ὀνομάζεται *μελαίνης ἐπιφανείας θραύσεως*, διότι, ἂν τεμάχιον θραυσθῆ, ἡ ἐπιφάνεια θραύσεως φαίνεται μελανόχρους, λόγω τῆς παρουσίας τοῦ γραφίτου.

Οἱ περλιτικοὶ χυτοσίδηροι εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποστοῦν θερμικὰς κατεργασίας, ὥστε νὰ ἀποκτήσουν ἐπιθυμητὰς μηχανικὰς ἰδιότητας, καθὼς ἐπίσης καὶ ἐπιφανειακὴν σκλήρωσιν μὲ φλογοβαφὴν ἢ μὲ βαφὴν δι' ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς [παράγρ. 19·9 (Δ) καὶ 19·9 (Ε), ἀντιστοίχως].

Οἱ χυτοσίδηροι μελαίνης ἐπιφανείας θραύσεως ἔχουν καλὴν μηχανικὴν ἀντοχήν, δυσθραυστότητα καὶ πλαστικότητα. Ἐπίσης ἔχουν ἐξαιρετικὴν κατεργαστικότητα, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὰ σφαιρίδια τοῦ γραφίτου, τὰ ὁποῖα παίζουν τὸν ρόλον λιπαντικοῦ μεταξὺ τῶν ἀποβλίττων καὶ τοῦ ἐργαλείου κατὰ τὴν κοπήν.

Συνήθεις μηχανικαὶ ἰδιότητες εἶναι αἱ ἑξῆς:

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 εὐρύτατα, ἰδίως εἰς τὴν βιομηχανίαν τῶν αὐτοκινήτων, διὰ πυξίδας διαφορικῶν, πλήμνας τροχῶν, τύμπανα πεδήσεως, ποδόπληκτρα καὶ ἄλλα. Ἐπίσης διὰ τεμάχια ἀγροτικῶν καὶ κλωστοϋφαντουργικῶν μηχανημάτων, καυστήρων πετρελαίου καὶ ἐξαρτημάτων ὑδραυλικῶν ἐγκαταστάσεων.

β) *Χυτοσίδηροι λευκῆς ἐπιφανείας θραύσεως.*

Τὰ χυτὰ θερμαίνονται ἐντὸς ὀξειδωτικῆς ἀτμοσφαίρας ἢ ἐντὸς κυτίων ἐν ἐπαφῇ μὲ ὀξειδωτικὸν μέσον, ὅπως εἶναι ὁ αἱματίτης, εἰς 950^0 C ἕως 1050^0 C ἐπὶ 70 ἕως 100 ὥρας. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἀνοπτήσεως, ὁ ἄνθραξ τῆς ἐπιφανειακῆς στιβάδος τῶν τεμαχίων ὀξειδώνεται καὶ ἀποβάλλεται, ὁ χυτοσίδηρος δηλαδὴ *ἐξανθρακώνεται*. Τοῦτο ἀναγκάζει ἄνθρακα ἐκ τοῦ πυρῆνος τῶν τεμαχίων νὰ διέρχεται πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν, ὅπου ἐλευθερώνεται δι' ὀξειδώσεως κ.ο.κ. Ἔτσι, μετὰ τὴν κατεργασίαν αὐτήν, ἂν τὸ χυτὸν εἶναι λεπτόν, ἀποκτᾶ

κρυσταλλικὴν δομὴν φερρίτου. Ἡ ἐπιφάνεια θραύσεως συνεπῶς εἶναι ὁμοία μὲ αὐτὴν τοῦ χάλυβος (λευκόχρους), ἐξ οὗ καὶ ἡ ὀνομασία του ὡς χυτοσιδήρου *λευκῆς ἐπιφανείας θραύσεως*.

Χονδρότερα ὅμως τεμάχια δὲν ἐξανθρακώνονται ἐντελῶς καὶ ἔτσι, ἐνῶ τὰ ἐξωτερικά των στρώματα εἶναι φερριτικά, ἀκολουθοῦν στρώματα μὲ ὀλίγον περλίτην καὶ εἰς τὸν πυρῆνα παρατηροῦνται τεμαχίδια σφαιροειδοῦς γραφίτου.

Συνήθεις μηχανικαὶ ἰδιότητες τῶν χυτοσιδήρων αὐτῶν εἶναι αἱ ἑξῆς: Τὸ ὅριον 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 χρησιμοποιοῦνται εὐρέως. Κυρίως χρησιμοποιοῦνται εἰς ἐξαρτήματα σωληνώσεων ὕδατος, ἀτμοῦ ἢ ἀερίων, εἰς τεμάχια ἀγροτικῶν μηχανημάτων, τεμάχια ἠλεκτρικῶν πινάκων καὶ ἄλλα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 25

ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ ΣΦΑΙΡΟΕΙΔΟΥΣ ΓΡΑΦΙΤΟΥ

Πρόκειται περὶ φαιῶν χυτοσιδήρων, εἰς τοὺς ὁποίους ὅμως ὁ γραφίτης συσσωματώνεται εἰς σφαιρικοὺς κόκκους κανονικοῦ σχήματος [σχ. 24 (β)].

Ὁ 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 ὀλίγον πρὸ τῆς χυτεύσεως. Τὸ μαγνήσιον προστίθεται ὑπὸ μορφὴν συνήθως κράματος μαγνησίου-νικελίου.

Τυπικὴ χημικὴ σύνθεσις χυτοσιδήρου σφαιροειδοῦς γραφίτου εἶναι ἡ ἑπομένη:

$$\pi(C) = 3{,}20\ \%\ \text{ἕως}\ 3{,}50\ \%, \qquad \pi(Si) = 2{,}25\ \%\ \text{ἕως}\ 2{,}75\ \%,$$

$$\pi(Mn) = 0{,}60\ \%\ \text{ἕως}\ 0{,}80\ \%, \quad \pi(S) < 0{,}05\ \% \quad \text{καὶ} \quad \pi(P) < 0{,}10\ \%,$$

Οἱ χυτοσίδηροι αὐτοῦ τοῦ εἴδους 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 ἑπομένων ὁρίων:

$$\sigma_B = 40\ \text{ἕως}\ 95\ \text{kp/mm}^2, \quad A = 1\ \%\ \text{ἕως}\ 15\ \%$$

καὶ σκληρότης 130 ἕως 140 Brinell

Ἀπὸ 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 ὁποίων ὁ πυρὴν εἶναι συνήθως φαιὸς χυτοσίδηρος.

Λόγω τῶν βελτιωμένων μηχανικῶν ἰδιοτήτων τοῦ χυτοσιδήρου σφαιροειδοῦς γραφίτου (καλυτέρων ἀπὸ ἐκείνας τῶν μαλακτικοποιημένων χυτοσιδήρων), τεμάχια ἀπὸ χυτοσίδηρον αὐτοῦ τοῦ εἴδους 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, σφονδύλων, σωλήνων ἀτμοῦ, ἀερίων καὶ ὕδατος κ.λπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 26

ΕΙΔΙΚΟΙ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΙ

Πρόκειται περὶ κοινῶν χυτοσιδήρων, εἰς τοὺς ὁποίους προστίθενται στοιχεῖα (προσθῆκαι) μὲ σκοπὸν τὴν βελτίωσιν τῶν μηχανικῶν καὶ ἄλλων ἰδιοτήτων των.

Ἡ ἐπίδρασις τῶν προσθηκῶν εἰς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν καὶ τὰς ἰδιότητας τῶν χυτοσιδήρων εἶναι, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, παρομοία μὲ ἐκείνην ποὺ ἔχουν αἱ προσθῆκαι εἰς τοὺς χάλυβας (παράγρ. 20·2). Ἔτσι, εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν προσθῆκαι διὰ νὰ βελτιώσουν τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ χυτοσιδήρου, νὰ ἐκλεπτύνουν τοὺς κόκκους, νὰ αὐξήσουν τὴν σκληρότητα ἢ καὶ νὰ δώσουν, ἂν χρειασθῇ, μαρτενσίτην ἢ καὶ ὡστενίτην εἰς τὴν θερμοκρασίαν δωματίου. Τονίζεται, ὅτι ὁ γραφίτης θὰ πρέπει νὰ κατανέμεται ὁμοιογενῶς εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ χυτοσιδήρου καὶ νὰ εὑρίσκεται ὑπὸ μορφήν, ὅσον γίνεται, λεπτοτέρων τεμαχιδίων.

Ὡς συνήθεις προσθῆκαι χρησιμοποιοῦνται τὸ νικέλιον, τὸ χρώμιον, τὸ μολυβδαίνιον καὶ ὁ χαλκός.

α) Τὸ *νικέλιον*, ὡς γνωστόν, ὑποβοηθεῖ τὸν σχηματισμὸν γραφίτου, ὀλιγώτερον ὅμως 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 σταθερώτερα καρβίδια ἀπὸ τὸν σεμεντίτην. Λόγω τῶν καρβιδίων αὐτῶν αὐξάνεται ἡ σκληρότης τοῦ χυτοσιδήρου καὶ συνεπῶς καὶ ἡ ἀντοχή του εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθοράν. Ὅπως καὶ εἰς τὰ χαλυβοκράματα χαμηλῆς περιεκτικότητος εἰς προσθήκας [παράγρ. 20 · 2 (Δ)], ἔτσι, καὶ εἰς τοὺς χυτοσιδήρους, συνδυασμὸς νικελίου καὶ χρωμίου δίδει ἱκανοποιητικώτερα ἀποτελέσματα.

γ) Τὸ *μολυβδαίνιον* σχηματίζει καὶ αὐτό, ὅπως καὶ τὸ χρώμιον, σκληρὰ καρβίδια καὶ συνεπῶς συντελεῖ εἰς τὴν αὔξησιν τῆς σκληρότητος, ἰδιαιτέρως τῶν χονδρῶν τεμαχίων. Καθιστᾶ ἀκόμη περισσότερον ὁμοιογενῆ τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τῶν χυτοσιδήρων. Προσθήκη 0,50% περίπου μολυβδαινίου βελτιώνει σχετικῶς τὴν δυσθραυστότητα.

δ) Τὸ *βανάδιον* καθιστᾶ τὸν χυτοσίδηρον 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 ἰδιότητας καὶ τὰς ἐφαρμογὰς συνήθων εἰδικῶν χυτοσιδήρων δίδομεν εἰς τὸν Πίνακα 26 · 1.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΠΙΝΑΞ 26·1

Ειδικοί χυτοσίδηροι

Χημική σύνθεσις [%]								Μηχανικαί ἰδιότητες		Βιομηχανικαί χρήσεις
C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Ἄλλα στοιχεῖα	σ_B [kp/mm²]	Σκληρότης κατὰ Brinell	
3,2	2,1	0,8	0,05	0,17	—	0,30	—	29	230	Σώματα κυλίνδρων μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως, τύμπανα φρένων κ.λπ.
3,6	2,8	0,6	0,05	0,50	—	—	0,17 V	—	—	Ἀνθεκτικὸς εἰς φθορὰν ἐκ τριβῆς καὶ μεγάλης διαρκείας ζωῆς. Ἐλατήρια ἐμβόλων βενζινομηχανῶν καὶ πετρελαιομηχανῶν
3,1	2,1	0,8	0,08	0,09	0,50	0,90	0,90 Mo	38	300	Σκληρός, ἀνθεκτικός, δύσθραυστος
3,4	2,0	0,6	0,05	0,10	0,35	0,65	1,25 Cu	29	220	Ἀνθεκτικὸς εἰς φθοράν. Τύμπανα φρένων καὶ δίσκοι συμπλέκτου
3,3	1,1	0,5	—	—	4,50	1,50	—	—	600	Μαρτενσιτικός, μεγάλης ἀντοχῆς εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθοράν
2,8	1,3	—	—	—	21,00	2,00	—	18	140	Ὠστενιτικός, ἀμαγνητικός, ἀνθεκτικὸς εἰς τὴν διάβρωσιν
2,9	2,1	1,0	0,05	0,10	15,00	2,00	6,00 Cu	22	130	Ὠστενιτικός, ἀνθεκτικὸς εἰς τὴν διάβρωσιν. Χυτὰ ἀντλιῶν
2,8	1,5	6,0	—	—	11,00	—	—	25	210	Ὠστενιτικός, ἀνθεκτικὸς εἰς τὴν διάβρωσιν
2,5	5,0	—	—	—	—	—	—	18	—	Πυρίμαχος

ΜΕΡΟΣ ΔΕΚΑΤΟΝ

ΜΗ ΣΙΔΗΡΟΥΧΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Γενικά.

Τὰ μεταλλικὰ ὑλικὰ διαιροῦνται γενικῶς εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τὰ *σιδηροῦχα* καὶ εἰς τὰ *μὴ σιδηροῦχα*. Ἀπὸ αὐτά, τὰ πρῶτα ἔχουν ὡς βάσιν τὸν σίδηρον, ἐνῶ τὰ δεύτερα ἔχουν ὡς κύριον συστατικὸν ἄλλο μέταλλον, πλὴν τοῦ σιδήρου. Τὰ κυριώτερα μέταλλα, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν γενικῶς μὴ σιδηροῦχα μεταλλικὰ ὑλικά, εἶναι ὁ χαλκός, τὸ ἀργίλιον, τὸ μαγνήσιον, τὸ νικέλιον, ὁ κασσίτερος, ὁ μόλυβδος καὶ ὁ ψευδάργυρος.

Ἄλλα μὴ χρησιμοποιούμενα ὅμως εἰς τόσην ἔκτασιν εἶναι τὸ μολυβδαίνιον, τὸ βηρύλλιον, τὸ τιτάνιον, ὡς 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 Ὁ χαλκός.

Τὰ πλεονεκτήματα τοῦ χαλκοῦ, ἕνεκα τῶν ὁποίων ἔχει εὑρεῖαν βιομηχανικὴν χρῆσιν, εἶναι τὰ ἑξῆς:

α) Ἡ ὑψηλή του ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης, ἡ ὁποία τὸν καθιστᾶ ὑλικὸν κατάλληλον δι' ἠλεκτρικοὺς ἀγωγοὺς καὶ ἄλλας κατασκευὰς τῆς βιομηχανίας τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ὁ χαλκὸς εἶναι, μετὰ τὸν ἄργυρον, τὸ πλέον ἀγώγιμον μέταλλον (Πίναξ 2 · 4 · 1).

β) Ἡ εὔκολος μηχανική του κατεργασία. Εἶναι πλαστικὸς καὶ διαμορφώνεται εὐκόλως τόσον ἐν ψυχρῷ, ὅσον καὶ ἐν θερμῷ. Ἰδιαιτέρως, διαμορφώνεται εὐκόλως διὰ κοιλάνσεως. Ὁ χαλκός, μετὰ ψυ-

χρηλασίαν, ὑφίσταται ἰσχυρὰν σκλήρωσιν, ἡ ὁποία ἐξαφανίζεται μὲ ἀνόπτησιν δι' ἀνακρυστάλλωσιν (παράγρ. 19·5).

γ) Ἡ καλή του ἀντοχὴ εἰς διάβρωσιν καὶ

δ) ἡ καλή του σχετικῶς μηχανικὴ ἀντοχή.

Ἐπὶ πλέον ὁ χαλκὸς εἶναι ἀμαγνητικός, ἔχει εὐχάριστον χρωματισμόν, συγκολλᾶται εὐκόλως καὶ εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιμεταλλωθῆ (π.χ. νὰ ἐπινικελωθῆ ἢ νὰ ἐπιχρωμιωθῆ).

Ὁ τετηγμένος χαλκὸς ἀπορροφεῖ ἀέρια, 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 g/cm³, σημεῖον τήξεως 1083° C καὶ εἰδικὴν ἀντίστασιν 0,0175 Ω mm²/m (Ἠλεκτρολογία, Ἱδρύματος Εὐγενίδου, Τόμος Α', σελ. 194).

Χρησιμοποιεῖται εἰς μεγάλην ἔκτασιν, ὅπως ἀνεφέραμεν, εἰς τὴν βιομηχανίαν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. 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 ἑξῆς:

$\sigma_B = 22$ kp/mm² $\quad A = 55\,\%$ καὶ σκληρότης 45 Brinell

Ἡ παρουσία, ἔστω καὶ ἰχνῶν ἀκαθαρσιῶν, ἐλαττώνει κατὰ πολὺ τὴν ἠλεκτρικήν 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 ἠλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα τοῦ χαλκοῦ κατὰ 25 %. Διὰ τοῦτο δι' ἠλεκτρικοὺς ἀγωγοὺς χρησιμοποιεῖται χαλκὸς πολὺ καθαρὸς (ἄνω τῶν 99,9 %) (ἠλεκτρολυτικός).

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 ἠλεκτρικήν 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 ὀρειχάλκους.

β) Τὰ κρατερώματα καὶ

γ) ἄλλα κράματα τοῦ χαλκοῦ, ὅπως εἶναι τὸ χαλκοαργίλιον, τὸ χαλκονικέλιον κ.λπ.

Τὰ κράματα τοῦ χαλκοῦ, ποὺ ὑφίστανται κατεργασίας διαμορφώσεως, τὰ ὀνομάζομεν *μαλακτά*, ἐνῶ ἐκεῖνα ποὺ χυτεύονται, τὰ ὀνομάζομεν *χυτευτικά*.

Α. **Οἱ ὀρείχαλκοι.**

Οἱ ὀρείχαλκοι εἶναι κράματα χαλκοῦ καὶ ψευδαργύρου (μέχρις 68% Zn). Διατηροῦν γενικῶς τὰς καλὰς ἰδιότητας τοῦ χαλκοῦ καὶ κοστίζουν εὐθηνότερα, λόγω τῆς χαμηλοτέρας ἐμπορικῆς ἀξίας τοῦ ψευδαργύρου.

Ὀρείχαλκοι 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 ὀρείχαλκοι μὲ ψευδάργυρον ἀπὸ 51% ἕως 68% εἶναι εὔθρυστοι.

Ἡ ἱκανότης τῶν ὀρειχάλκων πρὸς πλαστικὴν παραμόρφωσιν γίνεται μεγίστη διὰ 30% Zn, ἐνῶ ἡ μηχανική των ἀντοχὴ διὰ 43% Zn. Ὁ βέλτιστος συνδυασμὸς πλαστικότητος καὶ μηχανικῆς ἀντοχῆς ἐπιτυγχάνεται δι' ὀρείχαλκον μὲ 40% Zn περίπου.

Μὲ μικρὰς ποσότητας προσθηκῶν εἶναι δυνατὸν νὰ βελτιωθοῦν αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες τῶν ὀρειχάλκων, ὡς καὶ ἡ ἀντοχή των εἰς διάβρωσιν. Ἔτσι ὁ *κασσίτερος* (μέχρις 1%) καὶ τὸ *νικέλιον* αὐξάνουν τὴν ἀντοχὴν τῶν ὀρειχάλκων 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 ἀντοχήν των εἰς διάβρωσιν.

Προσθήκη *μολύβδου* 2% ἕως 3% εἰς ὀρείχαλκον μὲ 40% Zn περίπου μᾶς δίδει ὀρείχαλκον ἐλευθέρας κοπῆς μὲ ἐξαιρετικὴν κατεργαστικότητα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, λόγω τῆς παρουσίας τοῦ μολύβδου, τὸ ἀπόβλιττον θρυμματίζεται καὶ ἡ κοπὴ εἶναι εὔκολος καὶ μὲ μικρὰν φθορὰν τοῦ ἐργαλείου.

Οἱ ὀρείχαλκοι δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν ὡς *μαλακτοὶ* καὶ ὡς *χυτευτικοί*. Ὡς χυτευτικοὶ χρησιμοποιοῦνται ἐκεῖνοι, οἱ ὁποῖοι περιέχουν 40% περίπου ψευδάργυρον, συνήθως μὲ τὰς προσθήκας ποὺ ἀνεφέραμεν.

Στοιχεῖα σχετικὰ μὲ τὴν χημικὴν σύνθεσιν, τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας καὶ τὰς βιομηχανικὰς χρήσεις τῶν κυριωτέρων ὀρειχάλκων τοῦ ἐμπορίου δίδομεν εἰς τὸν Πίνακα 27·2·1.

Β. **Τὰ κρατερώματα ἢ μπροῦντζοι.**

Κρατερώματα ὀνομάζομεν τὰ κράματα χαλκοῦ, ποὺ ἔχουν ὡς κυρίαν πρόσμιξιν τὸν κασσίτερον (Sn). Εἶναι ἀρχαιότατα κράματα (Κεφάλ. 1), εὑρίσκουν ὅμως καὶ σήμερον πολλὰς ἐφαρμογάς.

Τὰ κρατερώματα μὲ περιεκτικότητα ἀπὸ 4% ἕως 9% Sn χρησιμοποιοῦνται ὡς μαλακτὰ καὶ μὲ περιεκτικότητα ἀπὸ 9% ἕως 20% Sn ὡς χυτευτικά. Κρατερώματα μὲ κασσίτερον ἄνω τοῦ 20% παρουσιάζουν μεγάλην σκληρότητα καὶ ὡς ἐκ τούτου δυσκόλως ὑφίστανται κατεργασίαν διὰ κοπῆς.

Ἔχουν καλὴν μηχανικὴν ἀντοχήν, ἀντοχὴν εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθορὰν καὶ ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν ἐκ τοῦ ὕδατος καὶ τῆς ἀτμοσφαίρας. Ἐπίσης συγκολλῶνται εὐκόλως.

Πολλὰ ἀπὸ τὰ κρατερώματα περιέχουν μικρὰς ποσότητας ἀπομένοντος φωσφόρου, συνήθως μέχρι 0,05%, ὁ ὁποῖος χρησιμοποιεῖται ὡς ἀποξειδωτικὸν διὰ τὴν εὔκολον καὶ ἱκανοποιητικὴν χύτευσιν τοῦ κράματος. Τὰ κρατερώματα αὐτὰ δὲν πρέπει νὰ συγχέωνται μὲ τὰ λεγόμενα *φωσφοροῦχα κρατερώματα* ἢ *φωσφορούχους μπρούντζους*, ὅπου ὁ φωσφόρος, εἰς περιεκτικότητα ἀπὸ 0,10% ἕως 1,00%, ἀποτελεῖ προσθήκην. Ὁ φωσφόρος ὄχι μόνον αὐξάνει τὴν μηχανικὴν ἀντοχὴν τοῦ κρατερώματος, ἀλλὰ καὶ βελτιώνει τὴν ἀντοχήν 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 εἶναι γνωστὸν ὡς *μέταλλον πυροβόλων*, παρουσιάζει δὲ ἰσχυρὰν ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν.

Ὅπως 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

ΠΙΝΑΞ 27·2·1

Ὀρείχαλκοι καὶ κρατερώματα

Εἶδος κράματος	Χημικὴ σύνθεσις [%]					Μηχανικαὶ ἰδιότητες				Βιομηχανικαὶ χρήσεις
	Cu	Zn	Sn	P	Ἄλλα στοιχεῖα	Κατάστασις κράματος	σ_B [kp/mm²]	A [%]	Σκληρότης κατὰ Brinell	
Ὀρείχαλκοι	90	10	—	—	—	Ἀνωπτημένος Σκληρωμένος	47 52	55 4	60 150	Ἀρχιτεκτονικαὶ μεταλλοτεχνικαὶ ἐργασίαι, ἀπομιμήσεις κοσμημάτων, ἔργα τέχνης λόγω τῆς χρυσῆς ἀποχρώσεώς του καὶ τῆς δυνατότητος εὐκόλου συγκολλήσεως
	70	30	—	—	—	Ἀνωπτημένος Σκληρωμένος	33 70	70 5	65 185	Ὀρείχαλκος κοιλάνσεως. Κάλυκες φυσιγγίων καὶ ὀβίδων καὶ διὰ συρματοποίησιν
	60	40	—	—	—	Μετὰ θερμηλασίαν	38	40	75	Τυπικὸς ὀρείχαλκος θερμηλασίας. Σωλῆνες καὶ πλάκες ἐναλλακτῶν θερμότητος
	58	39	—	—	3 % Pb	Μετὰ διέλασιν	46	30	100	Ὀρείχαλκος ἐλευθέρας κοπῆς, κατάλληλος ἰδιαιτέρως διὰ κοπὴν μὲ ὑψηλὰς ταχύτητας κοπῆς
	70	29	1	—	0,01 - 0,05 As	Ἀνωπτημένος Σκληρωμένος	35 60	70 10	65 175	Ὀρείχαλκος Ναυαρχείου. Πολὺ καλὴ ἀντοχὴ εἰς διάβρωσιν. Αὐλοὶ συμπυκνωτῶν ἀτμοῦ
	76	22	—	—	0,02 - 0,06 As 2,00 Al	Ἀνωπτημένος Σκληρωμένος	38 63	70 8	65 175	Ὀρείχαλκος μὲ ἀργίλιον. Ὡς ὁ προηγούμενος.
Κρατερώματα	95,50	1,50	3	—	—	Ἀνωπτημένος Σκληρωμένος	33 74	65 5	60 200	Κρατέρωμα νομισμάτων
	90	—	10	0,03 - 0,25	—	Χυτὸς εἰς ἄμμον	28	15	90	Χυτευτικὸν φωσφοροῦχον κρατέρωμα, τυπικὸν δι' ἔδρανα ὀλισθήσεως
	88	2	10	—	—	Χυτὸς εἰς ἄμμον	30	16	85	Μέταλλον πυροβόλων. Χυτὰ μέρη καὶ βαλβῖδες ἀντλιῶν, ἰδίως διὰ λειτουργίαν εἰς θαλάσσιον ὕδωρ λόγω ἀντοχῆς εἰς διάβρωσιν

εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας, λόγω τῆς μεγαλυτέρας θερμικῆς ἀγωγιμότητος ποὺ τοὺς προσδίδει.

Τὰ χυτευτικὰ κρατερώματα χρησιμοποιοῦνται βασικῶς εἰς τὴν κατασκευὴν ἐδράνων ὀλισθήσεως, συνήθως ὑψηλῶν πιέσεων.

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα σχετικὰ μὲ τὴν χημικὴν σύνθεσιν, τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας καὶ τὰς βιομηχανικὰς ἐφαρμογὰς τῶν κρατερωμάτων δίδονται εἰς τὸν Πίνακα 27 · 2 · 1.

Γ. **Ἄλλα 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' ὀλίγων τὰ σπουδαιότερα ἐξ αὐτῶν.

α) *Κράματα χαλκοῦ - ἀργιλίου (ἢ χαλκοαργίλιον).*

Λόγω τῆς παρουσίας τοῦ ἀργιλίου, ποὺ σχηματίζει ἀόρατον ἐπιφανειακὸν προστατευτικὸν στρῶμα ὀξειδίων, τὸ χαλκοαργίλιον παρουσιάζει πολὺ καλὴν ἀντοχὴν εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν ὀξείδωσιν εἰς ἐλαφρῶς ὑψηλὰς θερμοκρασίας, ἐπίσης καὶ εἰς τὴν διάβρωσιν εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ. Δυσκόλως χυτεύεται καὶ συγκολλᾶται, ἀκριβῶς λόγω τοῦ εὐκόλου σχηματισμοῦ ὀξειδίων.

Χαλκοαργίλιον μὲ περιεκτικότητα ἀπὸ 4% ἕως 7% Al κατεργάζεται *ἐν ψυχρῷ*. Ἔχει ὡραῖον χρυσοκίτρινον χρῶμα καὶ χρησιμοποιεῖται συνήθως εἰς διακοσμήσεις, ἀπομιμήσεις κοσμημάτων, ὡς καὶ εἰς αὐλοὺς συμπυκνωτῶν. Εἶναι δυνατὸν νὰ περιέχῃ καὶ μέχρι 5% νικέλιον, ποὺ βελτιώνει ἀκόμη περισσότερον τὴν ἀντοχήν του εἰς διάβρωσιν.

Χαλκοαργίλιον μὲ περιεκτικότητα 8% ἕως 10% Al κατεργάζεται ἐν *θερμῷ*. Δύναται νὰ ὑποστῇ βαφὴν (ἀπὸ 900° C) καὶ ἐπαναφορὰν (εἰς 500° C), ὅπως καὶ ὁ χάλυψ. Ἐπίσης, εἶναι δυνατὸν νὰ περιέχῃ μέχρι 5% σίδηρον καὶ νικέλιον. Χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν, ἰδιαιτέρως διὰ τεμάχια ἐκτιθέμενα εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας καὶ γενικῶς ὅπου χρειάζονται σφυρήλατα τεμάχια μὲ ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν.

Χαλκοαργίλιον μὲ περιεκτικότητα 9,50% ἕως 12% Al καὶ μὲ σίδηρον καὶ νικέλιον μέχρι 5% χυτεύεται εἰς ἄμμον ἢ διὰ πιέσεως. Χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα εἰς τὴν ναυπηγικὴν βιομηχανίαν δι' ἕλικας, ἀντλίας, ἄξονας ἀντλιῶν, βλῆτρα καὶ ἄλλα. Ἐπίσης, χρησιμο-

ποιεῖται δι' ἕδρας βαλβίδων καὶ σώματα ἀναφλεκτήρων μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως καὶ δι' ἕδρανα ὑψηλῶν φορτίων.

Ἐνδεικτικῶς ἀναφέρομεν τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας κατεργαζομένου ἐν θερμῷ χαλκοαργιλίου μὲ $\pi(Cu) = 80\%$, $\pi(Al) = 10\%$, $\pi(Fe) = 5\%$ καὶ $\pi(Ni) = 5\%$. Μετὰ σφυρηλασίαν ἀποκτᾶ:

$\sigma_B = 74$ kp/mm^2, $A = 20\%$ καὶ σκληρότητα 215 Brinell.

β) *Κράματα χαλκοῦ - νικελίου (χαλκονικέλιον).*

Ὁ χαλκὸς καὶ τὸ νικέλιον σχηματίζουν εἰς ὅλας τὰς ἀναλογίας στερεὸν διάλυμα μιᾶς φάσεως καὶ ὡς ἐκ τούτου παρουσιάζουν ηὐξημένην ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν. Ἔχουν ἐπίσης καλὴν πλαστικότητα καὶ δύνανται νὰ διαμορφωθοῦν ἐν ψυχρῷ καὶ ἐν θερμῷ διὰ σφυρηλασίας, ἐλάσεως, τυπώσεως καὶ κοιλάνσεως.

Κατωτέρω, ἀναφέρομεν τυπικὰ κράματα χαλκοῦ - νικελίου:

α) $\pi(Cu) = 75\%$, $\pi(Ni) = 25\%$ χρησιμοποιούμενον κυρίως εἰς τὴν κατασκευὴν νομισμάτων.

β) $\pi(Cu) = 70\%$, $\pi(Ni) = 30\%$ χρησιμοποιούμενον δι' αὐλοὺς συμπυκνωτῶν καὶ ψυγείων, ὅπου χρειάζεται καλὴ ἀντοχὴ εἰς διάβρωσιν.

γ) $\pi(Cu) = 60\%$, $\pi(Ni) = 40\%$, τὸ λεγόμενον *κονσταντάν*, χρησιμοποιούμενον δι' ἠλεκτρικὰς ἀντιστάσεις καὶ θερμοηλεκτρικὰ ζεύγη (παράγρ. 19 · 1).

δ) $\pi(Cu) = 29\%$, $\pi(Ni) = 68\%$, $\pi(Fe) = 1{,}25\%$ καὶ $\pi(Mn) = 1{,}25\%$, ποὺ συνδυάζει καλὰς μηχανικὰς ἰδιότητας μὲ ἐξαιρετικὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν. Χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 28

ΤΟ ΑΡΓΙΛΙΟΝ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

28 · 1 Τὸ ἀργίλιον ('Αλουμίνιον).

Τὸ ἀργίλιον εἶναι τὸ περισσότερον διαδεδομένον στοιχεῖον τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς μετὰ τὸ ὀξυγόνον καὶ τὸ πυρίτιον.

Ὡς πρώτη ὕλη διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἀργιλίου λαμβάνεται ὁ *βωξίτης* (ἔνυδρον ὀξείδιον τοῦ ἀργιλίου μὲ προσμίξεις ὀξειδίου τοῦ σιδήρου). Αὐτὸς δὲν δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ εἰς φυσικὴν κατάστασιν, λόγω τῶν πολλῶν προσμίξεων ποὺ περιέχει, ὡς Fe_2O_3, SiO_2, TiO_2, ἀλλὰ ὑποβάλλεται εἰς προεργασίαν καθάρσεως.

Μετὰ χημικὴν κάθαρσιν παραμένει πρὸς περαιτέρω κατεργασίαν τὸ καθαρὸν ὀξείδιον τοῦ ἀργιλίου (Al_2O_3), κοινῶς *ἀλουμίνα*.

Ἀπὸ τὴν ἀλουμίναν, τὸ ἀργίλιον ἐξάγεται δι' ἠλεκτρολύσεως.

Ἡ μέθοδος αὐτὴ εἶναι καὶ ἡ μόνη, ποὺ χρησιμοποιεῖται βιομηχανικῶς σήμερον διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἀργιλίου.

Διὰ νὰ γίνῃ ἡ ἠλεκτρόλυσις, ἡ ἀλουμίνα πρέπει νὰ εὑρίσκεται εἰς κατάστασιν τήξεως. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ σημεῖον τήξεως τῆς ἀλουμίνας εἶναι πολὺ ὑψηλὸν (2050° C), προστίθεται κρυόλιθος ($Na_3[AlF_6]$) καὶ ἔτσι καταβιβάζεται τὸ σημεῖον τήξεως εἰς τοὺς 900° C ἕως 1000° C.

Τὸ μῖγμα τετηγμένης ἀλουμίνας καὶ κρυολίθου ἠλεκτρολύεται ἐντὸς καμίνου. Ὡς κάθοδος χρησιμοποιεῖται ὁ ἐνισχυμένος μὲ γραφίτην πυθμὴν καὶ τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τῆς καμίνου καὶ ὡς ἄνοδος χρησιμοποιεῖται ἄνθραξ εἰς ράβδους. Τὸ ἀργίλιον λαμβάνεται ἀπὸ τὴν κάθοδον, ἐνῶ ἀπὸ τὴν ἄνοδον ἐκλύεται ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον κατακαίει τὸν ἄνθρακα τῆς ἀνόδου.

Διὰ τὴν παραγωγὴν 1 kg ἀργιλίου ἀπαιτοῦνται περίπου 2 kg ἀλουμίνας, 1 kg ἄνθρακος καὶ 20 kWh ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας. Ὅπως βλέπομεν, διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἀργιλίου καταναλίσκονται μεγάλα ποσὰ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον ἡ βιομηχανία παραγωγῆς τοῦ ἀργιλίου ἀνήκει εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν λεγομένων *ἠλεκτροβόρων* χημικῶν βιομηχανιῶν.

Τὸ ἀργίλιον (καὶ τὰ κράματά του) χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

εἰς τὴν βιομηχανίαν, διότι παρουσιάζει τὰς ἀκολούθους ἐξαιρετικὰς ἰδιότητας:

α) Εἶναι ἐλαφρόν.

β) Ἔχει καλὴν ἠλεκτρικὴν καὶ θερμικὴν ἀγωγιμότητα.

γ) Ἔχει καλὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν.

δ) Ἔχει καλὴν κατεργαστικότητα.

ε) Δὲν εἶναι τοξικὸν καὶ

στ) εἶναι ἀμαγνητικόν.

Ὡς σοβαρὰ μειονεκτήματα δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ἡ μικρὰ μηχανική του ἀντοχὴ καὶ τὸ χαμηλόν του σημεῖον τήξεως (660^0 C).

Ἡ καθαρότης τοῦ ἀργιλίου εἶναι κατὰ μέσον ὅρον 99,50 %, εἶναι δυνατὸν ὅμως νὰ φθάσῃ καὶ τὰ 99,99 % μὲ κατάλληλον ἐπεξεργασίαν.

Ἔχει εἰδικὸν βάρος 2,70 g/cm^3, κατὰ πολὺ χαμηλότερον ἀπὸ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ σιδήρου (7,80 g/cm^3).

Ἡ εἰδικὴ ἠλεκτρικὴ ἀντίστασίς του εἶναι 0,029 $\Omega\ mm^2/m$. Παρουσιάζει σχετικὴν ἠλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα 63 % ἔναντι 98 % τοῦ χαλκοῦ (Πίναξ 2 · 4 · 1). Ἡ παρουσία ἀκαθαρσιῶν ἐλαττώνει τὴν ἠλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα τοῦ ἀργιλίου. Λόγω τῆς μεγάλης του ἠλεκτρικῆς ἀγωγιμότητος χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν κατασκευὴν ἠλεκτρικῶν ἀγωγῶν (καλωδίων), τὰ ὁποῖα ὅμως συνήθως ἐνισχύονται μὲ χαλυβδίνην ψυχήν, διὰ νὰ ἀποκτήσουν ἱκανοποιητικὴν μηχανικὴν ἀντοχήν.

Τὸ ἀργίλιον ἔχει ὑψηλὴν θερμικὴν ἀγωγιμότητα (πέντε περίπου φορὰς μεγαλυτέραν ἀπὸ ἐκείνην τοῦ μαλακοῦ χάλυβος) καὶ δι' αὐτὸ χρησιμοποιεῖται δι' αὐλοὺς ψυγείων, θερμαντικὰ σώματα καὶ ἄλλα.

Εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀργιλίου, ὅταν τοῦτο ἐκτίθεται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, σχηματίζεται λεπτοτάτη διαφανής, συνεχὴς καὶ συνεκτικὴ στιβὰς ὀξειδίου τοῦ ἀργιλίου, ἡ ὁποία προφυλάσσει τὸ μέταλλον ἀπὸ περαιτέρω ὀξείδωσιν. Ἔτσι, τὸ ἀργίλιον παρουσιάζει καλὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν εἰς τὸν ἀέρα καὶ τὸ καθαρὸν ὕδωρ, ὄχι ὅμως καὶ εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ. Ἡ ἰδιότης αὐτὴ καθιστᾶ τὸ ἀργίλιον κατάλληλον δι' ἐφαρμογὰς εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν, εἰς τὴν βιομηχανίαν τροφίμων (εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν παίζει ρόλον καὶ τὸ ὅτι τὸ ἀργίλιον δὲν εἶναι τοξικόν), καθὼς ἐπίσης καὶ διὰ μαγειρικὰ σκεύη.

Τὸ ἐμπορικῶς καθαρὸν ἀργίλιον εἶναι μαλακὸν καὶ μικρᾶς μηχανικῆς ἀντοχῆς. Παρουσιάζει ὅμως μεγάλην πλαστικότητα καὶ ἔτσι

δύναται νὰ λάβῃ πολὺ μικρὸν πάχος (μέχρι καὶ 0,01 mm) κατόπιν ἐξελάσεως.

Κατωτέρω δίδομεν τυπικὰς μηχανικὰς ἰδιότητας ἀργιλίου καθαρότητος 99,50% εἰς κατάστασιν ἀνοπτήσεως:

$\sigma_B = 7{,}50$ ἕως 9 kp/mm², $A = 31\%$ ἕως 42% καὶ σκληρότητα 20 ἕως 27 Brinell

Λόγω τῆς χαμηλῆς του μηχανικῆς ἀντοχῆς καὶ σκληρότητος, τὸ ἀργίλιον εἶναι ἀκατάλληλον διὰ πολλὰς βιομηχανικὰς χρήσεις, ἂν καὶ ἔχει τὰ ἄλλα σοβαρὰ πλεονεκτήματα, ποὺ ἀνεφέραμεν. Αἱ μηχανικαί του ὅμως ἰδιότητες, δύνανται νὰ βελτιωθοῦν εἴτε διὰ σκληρώσεως κατόπιν ψυχρηλασίας εἴτε διὰ προσθέσεως ξένων στοιχείων, τὰ ὁποῖα 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 ὁποῖα θὰ ἀσχοληθῶμεν εὐθὺς ἀμέσως. Ἀναφέρομεν ἐπίσης, ὅτι ὡρισμένα κράματα τοῦ ἀργιλίου δύνανται νὰ ὑποστοῦν καὶ θερμικὰς κατεργασίας πρὸς βελτίωσιν τῶν μηχανικῶν των ἰδιοτήτων [παράγρ. 28 · 2 (Α)].

28 · 2 Τὰ κράματα τοῦ ἀργιλίου.

Τὰ κράματα τοῦ ἀργιλίου περιλαμβάνουν:

α) *Τὰ μαλακτὰ κράματα.*
— Μὴ ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.
— Ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.
β) *Τὰ χυτευτικὰ κράματα.*
— Μὴ ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.
— Ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.

Α. Μαλακτὰ κράματα.

α) *Μὴ ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.*

Τὰ κυριώτερα κράματα τῆς ὁμάδος αὐτῆς εἶναι ἐκεῖνα, ποὺ περιέχουν μέχρι περίπου 1,50% Mn καὶ ἐκεῖνα ποὺ περιέχουν ἀπὸ 2% ἕως 7,50% Mg. Σκληρύνονται διὰ ψυχρηλασίας. Γενικῶς, χαρακτηρίζονται ὡς καλῆς ἀντοχῆς εἰς τὴν διάβρωσιν. Τὰ κράματα, ποὺ περιέχουν μαγνήσιον, ἀντέχουν ἰδιαιτέρως εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ, διὰ τοῦτο εὑρίσκουν ἐφαρμογὰς εἰς τὴν ναυπηγικὴν βιομηχανίαν.

Εἰς τὸν Πίνακα 28 · 2 · 1 ἀναφέρομεν στοιχεῖα τυπικῶν κραμάτων τοῦ ἀργιλίου.

β) *Ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας.*

Τὰ κράματα αὐτὰ ἀποκτοῦν καλυτέρας μηχανικὰς ἰδιότητας 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 ὁποῖον 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 ἰσορροπίας ἀργιλίου - χαλκοῦ.

Εἰς τὸ διάγραμμα θερμικῆς ἰσορροπίας παρατηροῦμεν, ὅτι εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ δωματίου διαλύεται περίπου 0,20% (σημεῖον A) χαλκὸς εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα τοῦ ἀργιλίου, διὰ νὰ σχηματισθῇ τὸ στερεὸν διάλυμα α (παράγρ. 3 · 2). Μὲ αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας διαλύεται περισσότερος χαλκός, φθάνει δὲ εἰς ἕνα μέγιστον 5,70% (σημεῖον B).

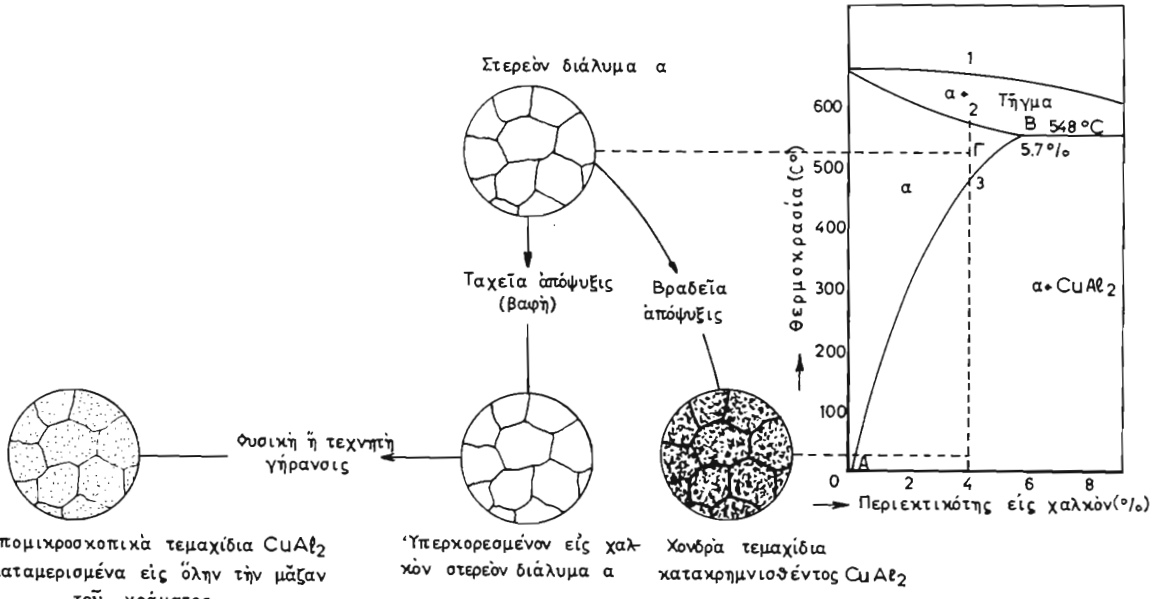
Ἂς ὑποθέσωμεν τώρα ὅτι ἔχομεν κρᾶμα ἀργιλίου - χαλκοῦ μὲ 4% χαλκόν, ποὺ ἀποψύχεται ἠρέμως ἀπὸ τὴν κατάστασιν τῆς ὑγρᾶς του φάσεως. Ἀπὸ τὸ σημεῖον 1 τοῦ διαγράμματος ἀρχίζει ὁ σχηματισμὸς φύτρων καὶ κατόπιν δενδριτῶν (σχ. 2 · 5 β) τοῦ στερεοῦ διαλύματος α καὶ ἡ στερεοποίησις τοῦ κράματος σταματᾶ εἰς τὸ σημεῖον 2, ὅπου ἡ κρυσταλλική του δομὴ σύγκειται ἀπὸ κρυσταλλίτας (κόκκους) α. Εἰς τὸ σημεῖον 3, τὸ στερεὸν διάλυμα ἔχει πλήρως κορεσθῇ μὲ χαλκόν. Μὲ περαιτέρω 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 ἕνωσιν $CuAl_2$ (παράγρ. 3 · 4). Ἔτσι, χονδρὰ τεμαχίδια τῆς μεσομεταλλικῆς αὐτῆς ἑνώσεως ἀρχίζουν νὰ *κατακρημνίζωνται* εἰς τὰ ὅρια 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 ἑνώ-

ΠΙΝΑ
Κράματα τοῦ

Χημικὴ σύνθεσις [%]							Μηχανικαὶ ἰδιότητες		
Cu	Si	Mg	Zn	Mn	Fe	Ἄλλα στοιχεῖα	Κατάστασις κράματος	σ_B [kp/mm²]	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 θερμικὴν 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 θερμικὴν 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 θερμικὴν 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 θερμικὴν κατεργασίαν	29	—
0,90	12,00	1,20	—	—	—	2,50 Ni	Μετὰ θερμικὴν κατεργασίαν	32	Μηδενική

Ξ 28·2·1
Ἀργιλίου

Θερμικαὶ κατεργασίαι [παράγρ. 29 · 2 (Α)]	Βιομηχανικαὶ χρήσεις
	Μαλακτὸν κρᾶμα μὴ ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας. Δοχεῖα τροφίμων, καλύμματα φιαλῶν, μαγειρικὰ σκεύη, ἐλάσματα ὀροφῆς
	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*, ὀνομαζόμενον *ντουραλουμίνιον*. Γενικῆς χρήσεως διὰ φορτιζομένας ἀεροναυπηγικὰς καὶ συναφεῖς κατασκευάς
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 465° 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 εἴδους
Θέρμανσις εἰς 510° C. Βαφὴ ἐντὸς ζέοντος ὕδατος ἐπὶ 2 ὥρας. Φυσικὴ γήρανσις ἐπὶ 5 ἡμέρας	*Χυτευτικὸν κρᾶμα ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας*. Δι' ἔμβολα καὶ κεφαλὰς κυλίνδρων ὑδροψύκτων καὶ ἀεροψύκτων μηχανῶν
Θέρμανσις εἰς 520° C. Βαφὴ εἰς ἔλαιον. Τεχνητὴ γήρανσις εἰς 165° – 185° C ἐπὶ 6 – 12 ὥρας	*Χυτευτικὸν κρᾶμα ὑφιστάμενον θερμικὰς κατεργασίας*. Ἔχει χαμηλὸν συντελεστὴν θερμικῆς διαστολῆς. Δι' ἔμβολα μηχανῶν



Σχ. 28 · 2.

Τμῆμα πτυχὸν εἰς χαλκὸν τμῆμα τοῦ διαγράμματος θερμικῆς ἰσορροπίας ἀργιλίου - χαλκοῦ. Ἐπίδρασις τῆς ἠρέμου ἀποψύξεως 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 ἰδιότητες τοῦ κράματος αὐτοῦ, μετὰ ἤρεμον ἀπόψυξιν ἀπὸ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεώς του, ὅπως ἀνεφέραμεν, εἶναι δυνατὸν νὰ βελτιωθοῦν διὰ τῆς ἀκολούθου θερμικῆς κατεργασίας:

α) Θερμαίνομεν ἠρέμως τὸ κρᾶμα εἰς καθωρισμένην θερμοκρασίαν, π.χ. εἰς 530° 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 ἀργίλιον· ἐπίσης εἶναι καὶ περισσότερον δύσθραυστον, διότι δὲν ὑπάρχουν τώρα τὰ εὔθραυστα τεμαχίδια τοῦ $CuAl_2$.

γ) Ἂν τὸ κρᾶμα, ὅπως ἔχει, παραμείνῃ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ δωματίου ἐπὶ ἀρκετὸν χρόνον, τότε ἀρχίζει νὰ *σκληρώνεται*, δηλαδὴ νὰ ἀποκτᾶ μεγαλυτέραν μηχανικὴν ἀντοχὴν καὶ σκληρότητα, μὲ ἐλάττωσιν ὅμως τῆς δυσθραυστότητος. Ἡ σκλήρωσις αὐτὴ γίνεται μεγίστη μετὰ χρονικὸν διάστημα περίπου ἓξ ἡμερῶν.

Ἡ παρατηρουμένη σκλήρωσις ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι πολὺ - πολὺ μικρὰ (ὑπομικροσκοπικὰ) τεμαχίδια τῆς μεσομεταλλικῆς ἑνώσεως $CuAl_2$ κατακρημνίζονται μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου, διότι τὸ ὑπερκορεσμένον στερεὸν διάλυμα α, ὅπως λαμβάνεται μετὰ ἀπὸ ἀπότομον ἀπόψυξιν, εὑρίσκεται εἰς κατάστασιν ἀσταθείας. Τὰ ὑπομικροσκοπικὰ αὐτὰ τεμαχίδια, καταμεριζόμενα εἰς ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ κράματος, ἀποτελοῦν ἐμπόδια εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν διαταραχῶν (Κεφάλ. 10). Ἔχομεν ὅμως ἀναφέρει, ὅτι ἡ πλαστικὴ παραμόρφωσις τῶν μετάλλων συντελεῖται μὲ μετακινήσεις ἀπειραρίθμων διαταραχῶν. Συνεπῶς, παρατηρεῖται εἰς τὴν ἐξεταζομένην περίπτωσιν ἐλάττωσις τῆς πλαστικότητος τοῦ κράματος καὶ ἐκ τούτου *σκλήρωσίς του*.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζομεν *σκλήρωσιν ἐκ κατακρημνίσεως διὰ φυσικῆς γηράνσεως*.

Τὸ βαμμένον κρᾶμα, ἂν ἀναθερμανθῇ εἰς θερμοκρασίαν 150° C ἕως 170° C ἐπὶ 10 περίπου ὥρας καὶ ἀποψυχθῇ ἠρέμως, ὑφίσταται ἐπίσης σκλήρωσιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν *σκλήρωσιν ἐκ κατακρημνίσεως διὰ τεχνητῆς γηράνσεως*.

Τὸ κυριώτερον μαλακτὸν κρᾶμα, ἀπὸ ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα ὑφίστανται θερμικὰς κατεργασίας, εἶναι, 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. Ὅπως παρατηροῦμεν, πλὴν τοῦ χαλκοῦ, περιέχει μαγνήσιον καὶ πυρίτιον, τὰ ὁποῖα σχηματίζοντα τὴν μεσομεταλλικὴν ἕνωσιν Mg_2Si ὑποβοηθοῦν εἰς τὴν σκλήρωσίν του ἐκ κατακρημνίσεως διὰ γηράνσεως. Ἄλλα 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% ἕως 12% πυρίτιον καὶ εἶναι κατάλληλα διὰ χύτευσιν εἰς ἄμμον, καθὼς ἐπίσης καὶ χύτευσιν διὰ βαρύτητος καὶ ὑπὸ πίεσιν.

Ἀπὸ τὸ θερμικὸν διάγραμμα ἰσορροπίας τῶν κραμάτων ἀργιλίου-πυριτίου προκύπτει, ὅτι τὰ ἐν λόγω κράματα εἶναι περίπου εὐτηκτικῆς ἀναλογίας (παράγρ. 3 · 3). Αἱ μηχανικαί των ἰδιότητες βελτιώνονται, ἂν κατὰ τὴν χύτευσιν προστεθῇ εἰς τὸ τῆγμα 0,05 % περίπου νάτριον. Καὶ τοῦτο, διότι τὸ νάτριον προστιθέμενον ἐκλεπτύνει τοὺς κόκκους τῆς εὐτηκτικῆς κρυσταλλικῆς δομῆς.

Σπουδαίας σημασίας εἶναι ἐπίσης καὶ τὰ κράματα ἀργιλίου-μαγνησίου-μαγγανίου, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν ἐξαιρετικὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν, ἰδιαιτέρως δὲ εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ. Εἶναι κατάλληλα διὰ χύτευσιν εἰς ἄμμον καὶ χύτευσιν διὰ βαρύτητος.

Τυπικὰ χυτευτικὰ κράματα μὴ ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας ἀναγράφονται εἰς τὸν Πίνακα 28 · 2 · 1.

β) *Ὑφιστάμενα θερμικὰς κατεργασίας*.

Πολλὰ ἀπὸ τὰ κράματα αὐτὰ περιέχουν κατὰ βάσιν 4% χαλκόν, ἐνῶ ἄλλα περιέχουν καὶ περίπου 2% νικέλιον. Ἄλλος τύπος χυτευτικοῦ κράματος ὑφισταμένου θερμικὰς κατεργασίας εἶναι ἐκεῖ

τὸ ὁποῖον περιέχει 12% ἢ 5% πυρίτιον μὲ προσθήκας χαλκοῦ, μαγνησίου καὶ νικελίου ἢ μαγνησίου καὶ μαγγανίου.

Ἡ θερμικὴ των κατεργασία εἶναι παρομοία μὲ ἐκείνην τῶν μαλακτῶν κραμάτων.

Ἡ χημικὴ σύνθεσις, αἱ μηχανικαὶ ἰδιότητες, αἱ θερμικαὶ κατεργασίαι καὶ αἱ βιομηχανικαὶ χρήσεις τυπικῶν κραμάτων αὐτοῦ τοῦ εἴδους ἀναγράφονται εἰς τὸν Πίνακα 28 · 2 · 1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 29

ΤΟ ΜΑΓΝΗΣΙΟΝ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

29 · 1 Τὸ μαγνήσιον.

Τὸ μαγνήσιον εἶναι μέταλλον πολὺ ἐλαφρόν. Ἔχει εἰδικὸν βάρος 1,74 g/cm^3, ὅταν εἶναι 99,80% καθαρόν, ἐνῶ τὸ ἀργίλιον ἔχει 2,70 καὶ ὁ χάλυψ 7,50. Τήκεται εἰς τοὺς 650^0 C. Ἀποκτᾶ σημαντικὴν πλαστικότητα εἰς 300^0 C ἕως 500^0 C, ἰδιαιτέρως, ὅταν περιέχῃ ζιρκόνιον (Zr) καὶ συνεπῶς δὲν διαμορφώνεται ἐν ψυχρῷ. Ἔχει μεγάλην χημικὴν συγγένειαν μετὰ τοῦ ὀξυγόνου, ὅταν δὲ θερμανθῇ εἰς τὸν ἀέρα εἰς 800^0 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 μηχανικαί του ὅμως ἰδιότητες βελτιώνονται διὰ προσθηκῶν καὶ μετέπειτα διὰ ψυχρηλασίας ἢ καταλλήλου θερμικῆς κατεργασίας. Εἶναι δυνατόν, ἐπίσης, διὰ προσθηκῶν νὰ βελτιωθῇ σχετικῶς καὶ ἡ ἀντοχή 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 κρᾶμα 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 ἀντοχήν του εἰς διάβρωσιν εἰς θαλάσσιον περιβάλλον. Τὸ μαγγάνιον αὐξάνει ἐπίσης τὴν ἀντοχὴν τοῦ κράματος εἰς διάβρωσιν καὶ τὸ καθιστᾶ εὐκόλως συγκολλητόν.

Τὰ κράματα αὐτὰ εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἴτε ὡς μαλακτὰ εἴτε ὡς χυτευτικά. Τὰ μαλακτὰ κράματα σκληρύνονται διὰ διαμορφώσεως ἐν ψυχρῷ, ἐνῶ τὰ χυτευτικὰ ὑφίστανται σκλήρωσιν ἐκ κατακρημνίσεως διὰ γηράνσεως, ὅπως ὡρισμένα κράματα τοῦ ἀργιλίου [παράγρ. 28 · 2 (Α)].

Ὡς τυπικὰ κράματα Mg - Al - Zn - Mn ἀναφέρομεν τὰ ἑπόμενα:

— *Μαλακτὸν κρᾶμα.*

$$\pi(Al) = 6\%, \quad \pi(Zn) = 1\%, \quad \pi(Mn) = 0{,}30\%$$

Μετὰ διέλασιν τὸ κρᾶμα ἀποκτᾶ:

$$\sigma_B = 30 \text{ kp/mm}^2 \text{ καὶ } A = 10\%$$

— *Χυτευτικὸν κρᾶμα.*

$$\pi(Al) = 8\%, \quad \pi(Zn) = 0{,}70\%, \quad \pi(Mn) = 0{,}30\%$$

Μετὰ θερμικὴν κατεργασίαν (θέρμανσιν εἰς 410° C, βαφὴν καὶ τεχνητὴν γήρανσιν εἰς 190° C ἐπὶ 10 ἕως 12 ὥρας) τὸ κρᾶμα ἀποκτᾶ:

$$\sigma_B = 22 \text{ kp/mm}^2 \text{ καὶ } A = 2\%$$

β) *Κράματα μαγνησίου - μαγγανίου (Mg - Mn).*

Περιέχουν περίπου 1,50% μαγγάνιον, παρουσιάζουν καλὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν καὶ συγκολλῶνται εὐκόλως.

γ) *Κράματα μαγνησίου - ψευδαργύρου - ζιρκονίου (Mg - Zn - Zr).*

Τὸ ζιρκόνιον ἐκλεπτύνει τοὺς κόκκους τοῦ κράματος καὶ συνεπῶς βελτιώνει τὰς μηχανικάς του ἰδιότητας.

Τὰ κράματα αὐτοῦ τοῦ εἴδους εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν τόσον ὡς μαλακτά, ὅσον 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 ἑρπυσμόν.

Κατωτέρω, δίδομεν τυπικὰ κράματα Mg - Zn - Zr.

— *Μαλακτὸν κρᾶμα.*

$\pi(Zn) = 3\%$, $\pi(Zr) = 0{,}70\%$. Μετὰ διέλασιν παρουσιάζει:

$$\sigma_B = 32 \text{ kp/mm}^2 \quad \text{καὶ} \quad A = 8\%$$

— *Χυτευτικὸν κρᾶμα.*

$\pi(Zn) = 4{,}50\%$, $\pi(Zr) = 0{,}70\%$. Μετὰ θερμικὴν κατεργασίαν (τεχνητὴν γήρανσιν εἰς 170^0 C ἐπὶ 12ωρον ἄνευ προηγουμένης βαφῆς) ἀποκτᾶ:

$$\sigma_B = 27 \text{ kp/mm}^2 \quad \text{καὶ} \quad A = 9\%$$

Τὰ κράματα τοῦ μαγνησίου λόγω τῆς ἐλαφρότητος καὶ τῶν σχετικῶς καλῶν μηχανικῶν των ἰδιοτήτων, χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα εἰς τὴν ἀεροναυπηγικὴν διὰ χυτὰ καὶ σφυρήλατα ἐξαρτήματα (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 ἐξαρτήματα. Τέλος, εὑρίσκουν ἐφαρμογὰς διὰ μεταλλικὰ καθίσματα, γραφομηχανάς, φωτογραφικὰς μηχανὰς κ.λπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 30

Ο ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

30 · 1 Ὁ ψευδάργυρος.

Εἶναι μέταλλον χρώματος λευκοῦ. Ἔχει εἰδικὸν βάρος 7,14 g/cm^3 καὶ σημεῖον τήξεως 419^0,40 C. Εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν εἶναι εὔθραυστος. Θερμαινόμενος εἰς 100^0 C ἕως 150^0 C ἀποκτᾶ πλαστικότητα. Δὲν ὀξειδώνεται εἰς τὸν ἀέρα οὔτε εἰς τὸ ὕδωρ καὶ συνεπῶς, λόγω τῆς ἰδιότητός του αὐτῆς, χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν *ἐπιψευδαργύρωσιν* ἐλασμάτων (λαμαρινῶν) σιδήρου καὶ χάλυβος, τὰ ὁποῖα, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, ὀνομάζονται *γαλβανισμένα*.

Κατόπιν χυτεύσεως ὁ ψευδάργυρος παρουσιάζει $\sigma_B = 6$ kp/mm^2 μόνον, ἐνῶ μετὰ ψυχρηλασίαν ἀποκτᾶ $\sigma_B = 22$ kp/mm^2.

30 · 2 Τὰ κράματα τοῦ ψευδαργύρου.

Τὰ κράματα τοῦ ψευδαργύρου ὁλονὲν καὶ περισσότερον χρησιμοποιοῦνται βιομηχανικῶς κυρίως ὡς χυτὰ ἐξαρτήματα κατόπιν *χυτεύσεως ὑπὸ πίεσιν*.

Περιέχουν κατὰ βάσιν περίπου 4% ἀργίλιον, τὸ ὁποῖον προσδίδει εἰς τὸ κρᾶμα καλυτέρας μηχανικὰς ἰδιότητας καὶ εὐκολίαν χυτεύσεως. Ἐπίσης εἶναι δυνατὸν νὰ περιέχουν καὶ χαλκὸν (μέχρι 2,50%), ὁ ὁποῖος 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:

$$\sigma_B = 29 \text{ kp/mm}^2 \quad \text{καὶ} \quad A = 13\%$$

β) $\pi(Al) = 4\%$, $\pi(Mg) = 0{,}04\%$ καὶ $\pi(Cu) = 1{,}00\%$
Παρουσιάζει:

$$\sigma_B = 34 \text{ kp/mm}^2 \quad \text{καὶ} \quad A = 8{,}50\%$$

Ἄξιον παρατηρήσεως εἶναι τὸ γεγονός, ὅτι τὰ κράματα αὐτά, μετὰ τὴν χύτευσιν, ὑφίστανται *μικρὰν συστολήν*, ποὺ συμπληρώνεται συνήθως ἐντὸς πέντε περίπου ἑβδομάδων. Τὸ χρονικὸν αὐτὸ διά-

στημα εἶναι δυνατὸν νὰ ἐλαττωθῇ διὰ θερμάνσεως τοῦ κράματος. Ἔτσι, θέρμανσις εἰς 100^0 C τὸ περιορίζει εἰς 6 ὥρας, ἐνῶ θέρμανσις εἰς 150^0 C εἰς 3 ὥρας.

Τονίζεται, ἐπίσης, ὅτι ἡ ὕπαρξις ἔστω καὶ ἐλαχίστων ποσοτήτων κασσιτέρου (ἄνω τοῦ 0,001%), μολύβδου (ἄνω τοῦ 0,003%) καὶ καδμίου (ἄνω τοῦ 0,003%) εἶναι καταστρεπτικὴ διὰ τὸ κρᾶμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 31

Ο ΜΟΛΥΒΔΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

31 · 1 Ὁ μόλυβδος.

Ὁ μόλυβδος ἔχει χρῶμα φαιὸν (γκρίζο). Τὸ εἰδικόν του βάρος εἶναι 11,34 g/cm^3. Ἔχει σημεῖον τήξεως 327^0 C καὶ ὡς ἐκ τούτου εἶναι πολὺ εὔτηκτον μέταλλον. Ἔχει ἐξαιρετικὴν πλαστικότητα καὶ συνεπῶς διαμορφώνεται εὐκόλως. Ἡ μηχανική του ἀντοχὴ εἶναι πολὺ μικρά, χαρακτηρίζεται ὅμως ἀπὸ σημαντικὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν.

Ὁ μόλυβδος χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα εἰς τὴν κατασκευὴν ἐσχαρῶν πλακῶν συσσωρευτῶν, ὡς καὶ σωλήνων ὕδατος, ἐλασμάτων στεγανοποιήσεως ὀροφῆς, 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, ἰατρική).

31 · 2 Τὰ κράματα τοῦ μολύβδου.

α) *Κράματα μολύβδου - ἀντιμονίου (Pb - Sb).*

Κράματα μολύβδου μὲ 7% ἕως 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 % ἕως 50 % κασσιτέρου εἰς τὸν μόλυβδον μᾶς δίδει κράματα χαμηλοῦ σημείου τήξεως, τὰς γνωστάς μας *κολλήσεις*, ποὺ ἔχουν εὐρυτάτην ἐφαρμογήν. Συνιστᾶται ὡς τὸ καλύτερον καὶ οἰκονομικῶς συμφέρον κρᾶμα κολλήσεως ἐκεῖνο, ποὺ περιέχει 35 % κα
σίτερον.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1956

γ) *Κράματα μολύβδου - ἀντιμονίου - κασσιτέρου (Pb - Sb - Sn) ἢ τυπογραφικὰ κράματα.*

Τὰ κράματα αὐτὰ χαρακτηρίζονται ἀπὸ 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 % ἕως 13 % Sb καὶ 2 % ἕως 4 % Sn διὰ λινοτυπίαν
14 % ἕως 19 % Sb καὶ 7 % ἕως 10 % Sn διὰ μονοτυπίαν
14 % ἕως 17 % Sb καὶ 3 % ἕως 10 % Sn διὰ στερεοτυπίαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 32

ΤΟ ΝΙΚΕΛΙΟΝ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

32·1 Τὸ νικέλιον.

Εἶναι μέταλλον λευκὸν πρὸς τὸ φαιὸν καὶ σκληρόν, ἀλλὰ ἐλατόν. Ἔχει εἰδικὸν βάρος 8,90 g/cm^3 καὶ σημεῖον τήξεως 1452^0 C. Εἰς τὸν ἀέρα παραμένει σταθερόν, δηλαδὴ δὲν ὀξειδώνεται. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν χρησιμοποιεῖται πρὸς ἐπικάλυψιν μεταλλικῶν ἐπιφανειῶν. Ἡ ἐργασία αὐτὴ γίνεται ἠλεκτρολυτικῶς καὶ ὀνομάζεται *ἐπινικέλωσις*. Πρὸ τῆς ἐπινικελώσεως σιδηρῶν ἢ 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 ἰδιοτήτων καὶ ἀντοχῆς εἰς διάβρωσιν.

Ὡς τυπικὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ νικελίου ὑπὸ μορφὴν ἐλασμάτων ἀναφέρομεν τὰς ἑξῆς:

— Μετὰ ψυχρηλασίαν καὶ ἀνόπτησιν: σ_B = 35 ἕως 57 kp/mm^2, A = 50 % ἕως 35 % καὶ σκληρότητα 90 ἕως 120 Brinell.

— Μετὰ ψυχρηλασίαν (σκληρωμένον): σ_B = 64 ἕως 70 kp/mm^2, A = 12 % ἕως 8 % καὶ σκληρότητα 180 ἕως 210 Brinell.

Τὸ νικέλιον χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν, λόγω τῆς ἀντοχῆς του εἰς διάβρωσιν, ἰδιαιτέρως διὰ τὰ ἀλκάλια. Ἐπίσης, εἰς τὴν βιομηχανίαν τῶν τροφίμων, διότι δὲν παρουσιάζει τοξικότητα. Ὡς προσθήκη τὸ νικέλιον εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τοὺς νικελιούχους χάλυβας [παράγρ. 20·2 (Β)], εἰς τοὺς νικελιοχρωμιούχους χάλυβας [παράγρ. 20·2 (Δ)], εἰς ὡρισμένα μὴ σιδηροῦχα κράματα, ὡς καὶ εἰς τὰ πολὺ χρήσιμα κράματά του, μὲ τὰ ὁποῖα θὰ ἀσχοληθῶμεν εὐθὺς ἀμέσως.

32·2 Τὰ κράματα τοῦ νικελίου.

α) *Κράματα νικελίου - χαλκοῦ (Ni - Cu) ἢ Μονὲλ (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 ἅλμην, τὰ ἀλκάλια, τὸν ὑπέρθερμον ἀτμὸν καὶ εἰς ἄλλα. Αἱ καλαί των μηχανικαὶ ἰδιότητες διατηροῦνται καὶ εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας.

Τυπικὸν κρᾶμα νικελίου - χαλκοῦ εἶναι τὸ ἑπόμενον μέ: 67 % Ni, 30 % Cu, 1 % Mn, 1,40 % Fe, 0,11 % Si καὶ 0,15 % C, ποὺ ἔχει τὰς ἑξῆς μηχανικὰς ἰδιότητας:

— Ἔλασμα ἀνωπτημένον: $\sigma_B = 50$ kp/mm², $A = 36\,\%$, $\rho = 22$ kpm/cm² καὶ σκληρότητα 120 Brinell.

— Ἔλασμα σκληρωμένον: $\sigma_B = 72$ kp/mm², $A = 20\,\%$, $\rho = 17$ kpm/cm² καὶ σκληρότητα 185 Brinell.

Τὸ Μονὲλ χρησιμοποιεῖται ὡς μαλακτὸν καὶ ὡς χυτευτικὸν κρᾶμα.

Εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς ἄξονας καὶ πτερωτὰς ἀντλιῶν, βελόνας ἀκροφυσίων ὑδροστροβίλων, ὡς καὶ εἰς πτερύγια στροβίλων.

Προσθήκη 2 % ἕως 4 % ἀργιλίου προσδίδει εἰς τὸ Μονὲλ βελτιωμένας μηχανικὰς ἰδιότητας κατόπιν θερμικῆς κατεργασίας. Τὸ κρᾶμα, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν σκληρώνεται ἐκ κατακρημνίσεως διὰ γηράνσεως [παράγρ. 28 · 2 (Α)], ἐνῶ διατηρεῖ τὰς καλάς του ἀντιδιαβρωτικὰς ἰδιότητας. Εἶναι γνωστὸν ὡς *Μονὲλ Κ*. Βάφεται ἀπὸ 950⁰ C ἕως 1100⁰ C καὶ κατόπιν ὑφίσταται τεχνητὴν γήρανσιν εἰς 590⁰ C ἐπὶ 16 περίπου ὥρας. Ἀναφέρομεν κατωτέρω μέσας μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ Μονὲλ Κ μετὰ ψυχρηλασίαν καὶ θερμικὴν κατεργασίαν:

$\sigma_B = 96$ ἕως 118 kp/mm², $A = 30\,\%$ ἕως 15 % καὶ σκληρότητα 280 ἕως 340 Brinell.

Χρησιμοποιεῖται δι' ἄξονας ἑλίκων πλοίων, ὄργανα πιέσεως καὶ ἄλλα.

β) *Πυρίμαχα κράματα μὲ βάσιν τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρώμιον.*

— Τὸ *Ἰνκονὲλ* (inconel) περιέχει πλὴν τοῦ νικελίου: 14 % Cr καὶ 6 % Fe. Συνδυάζει ἐξαιρετικὴν ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν καὶ καλὰς μηχανικὰς ἰδιότητας εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας.

Χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα εἰς τὴν χημικὴν βιομηχανίαν (μηχανήματα ἐπεξεργασίας τροφίμων), διὰ σωλῆνας καυσαερίων ἀεριοστροβίλων, προστατευτικὰ καλύμματα θερμοηλεκτρικῶν ζευγῶν καὶ θερμαντικῶν στοιχείων ἠλεκτρικῶν 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 ὀξύ, 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 ἀντοχήν, ὡς καὶ ἀντοχὴν εἰς διάβρωσιν μέχρι 1200° C.

Χρησιμοποιεῖται, ὡς ἐκ τούτου, διὰ τμήματα καὶ ἐξαρτήματα κλιβάνων καὶ μηχανῶν ἀεριωθήσεως (τζέτ).

— Ἡ σειρὰ τῶν κραμάτων *Νιμόνικ* (nimonic), τὰ ὁποῖα συνέβαλον πολὺ εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν μηχανῶν ἀεριωθήσεως, περιλαμβάνει κράματα βασικῶς 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.

Ἔτσι, τὸ *Νιμόνικ 75* περιέχει:

20% Cr, 0,20 ἕως 0,60 Ti, 2,50 Fe καὶ 0,10% C

Ἀποτελεῖ 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 χρησιμοποιηθῆ 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 ἰδιότητας τῆς σειρᾶς τῶν κραμάτων Νιμόνικ εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας λειτουργίας.

— Τὰ κράματα *ἠλεκτρικῶν ἀντιστάσεων* ἔχουν κατὰ βάσιν χημικὴν σύνθεσιν 80 % Ni καὶ 20 % Cr. Συνδυάζουν ὑψηλὴν ἠλεκτρικὴν ἀντίστασιν καὶ ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν εἰς θερμοκρασίας ἐργασίας ἀπὸ 1150° C ἕως 1250° C.

Ἀναφέρομεν ἐπίσης τὸ κρᾶμα μὲ 65 % Ni, 15 % Cr καὶ 20 % Fe, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται ἐπίσης δι' ἠλεκτρικὰς ἀντιστάσεις μέχρις 950° C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 33

ΑΝΤΙΤΡΙΒΙΚΑ ΚΡΑΜΑΤΑ
Ἢ ΚΡΑΜΑΤΑ ΕΔΡΑΝΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΣ

33 · 1 Γενικά.

Τὰ ἔδρανα, ὡς γνωστόν, εἶναι στοιχεῖα μηχανῆς, εἰς τὰ ὁποῖα στηρίζονται αἱ ἄτρακτοι ἢ οἱ ἄξονες, παραλαμβάνουν δὲ τὰ φορτία ποὺ τοὺς καταπονοῦν.

Ἔχομεν δύο εἰδῶν ἔδρανα: (Στοιχεῖα Μηχανῶν, Ἱδρύματος Εὐγενίδου, σελ. 117 - 137):

α) Τὰ *ἔδρανα κυλίσεως (ρουλμάν)*, εἰς τὰ ὁποῖα 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 ὁποίας περιστρέφεται ὁ στροφεύς. Τὰ ἔδρανα ὀλισθήσεως λιπαίνονται πάντοτε. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ἐδράνων αὐτῶν ἀναπτύσσεται *τριβὴ ὀλισθήσεως*.

Τὰ ἔδρανα ὀλισθήσεως κατασκευάζονται, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, διμερῆ. Τὸ ἀντιτριβικόν, δηλαδή, κρᾶμα φέρεται ἀπὸ κατάλληλον μεταλλικὸν χιτώνιον.

Τὸ ἀντιτριβικὸν κρᾶμα, διὰ νὰ ἀνταποκριθῇ εἰς τὸν προορισμόν του, θὰ πρέπει νὰ ἔχῃ τὰς ἀκολούθους βασικὰς ἰδιότητας:

— Ἐπαρκῆ σκληρότητα, ὥστε νὰ ἀντέχῃ εἰς τὴν ἐκ τῆς τριβῆς φθοράν.

— Καλὴν μηχανικὴν ἀντοχὴν ἔναντι 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 ὁποῖαι πρέπει νὰ παραλαμβάνωνται ἀπὸ τὸν τριβέα τοῦ ἐδράνου.

— Καλὰς ἰδιότητας τήξεως καὶ χυτεύσεως.

— Καλὴν θερμικὴν ἀγωγιμότητα, ὥστε ἡ παραγομένη ἐκ τῆς τριβῆς θερμότης κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἐδράνου νὰ μεταδίδεται εἰς τὸ περιβάλλον καὶ ἔτσι νὰ διατηρῆται ἡ θερμοκρασία του ἐντὸς τῶν ἐπιτρεπομένων ὁρίων καὶ

— ἀντοχὴν εἰς τὴν διάβρωσιν ἔναντι τῶν χρησιμοποιουμένων λιπαντικῶν καὶ μάλιστα εἰς τὴν θερμοκρασίαν λειτουργίας τοῦ ἐδράνου.

Αἱ ἰδιότητες, ποὺ ἀνεφέραμεν, εἶναι ἀδύνατον νὰ καλυφθοῦν ἀπὸ κρᾶμα μιᾶς μόνον φάσεως. Καὶ τοῦτο, διότι τὰ στερεὰ διαλύματα εἶναι δύσθραυστα καὶ μαλακά, ἐνῶ αἱ μεσομεταλλικαὶ ἑνώσεις εἶναι σκληραὶ ἀλλὰ εὔθραυστοι. Θὰ πρέπει, συνεπῶς, νὰ γίνη κάποιος συγκερασμὸς τῶν πλεονεκτημάτων τῆς μαλακῆς καὶ τῆς σκληρᾶς φάσεως εἰς τὸ αὐτὸ κρᾶμα. Ἔτσι, τὸ ἀντιτριβικὸν κρᾶμα συνίσταται ἀπὸ σκληρὰ τεμαχίδια μεσομεταλλικῆς ἑνώσεως κατανεμημένα ἐντὸς στερεοῦ διαλύματος ἢ μερικὰς φορὰς ἐντὸς εὐτηκτικῆς 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 τεμαχιδίων τῆς σκληρᾶς φάσεως, μὲ ἀποτέλεσμα, ἀφ' ἑνὸς μὲν τὴν ἐλάττωσιν τοῦ συντελεστοῦ τριβῆς τοῦ κράματος καὶ ἀφ' ἑτέρου τὴν δημιουργίαν μικροσκοπικῶν σωληνώσεων, ποὺ ὑποβοηθοῦν τὴν ροὴν 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 'Αντιτριβικὰ κράματα μὲ βάσιν τὸν χαλκόν.

Εἰς τὴν παράγραφον 27 · 2 (Β) ἀνεφέραμεν κρατερώματα μὲ 10 % ἕως 15 % κασσίτερον, ὡς καὶ χυτευτικὰ φωσφοροῦχα κρατερώματα μὲ 10 % ἕως 13 % κασσίτερον καὶ 0,30 % ἕως 1,00 % φωσφόρον, κατάλληλα δι' ἔδρανα ὀλισθήσεως. Τὰ κράματα αὐτὰ ἀνταποκρίνονται εἰς τὰς ἀπαιτήσεις ἀντιτριβικοῦ κράματος, ποὺ ἔχομεν ἀναφέρει, διότι περιλαμβάνουν σκληρὰν μεσομεταλλικὴν ἕνωσιν χαλκοῦ - κασσιτέρου ἐντὸς μαλακοῦ καὶ δυσθραύστου στερεοῦ διαλύματος χαλκοῦ - κασσιτέρου. Χρησιμοποιοῦνται, γενικῶς, εἰς περιπτώσεις ποὺ τὰ φορτία εἶναι μεγάλα.

Ὡς ἀντιτριβικὰ ἐπίσης κράματα χρησιμοποιοῦνται κρατερώματα μὲ 10% ἕως 15% μόλυβδον ἢ καὶ κράματα χαλκοῦ - μολύβδου μὲ 25% ἕως 30% μόλυβδον. Παρουσιάζουν ὑψηλὴν ἀντοχὴν εἰς φθορὰν ἐκ τριβῆς καὶ ὑψηλὴν ἐπίσης θερμικὴν ἀγωγιμότητα. Χρησιμοποιοῦνται εἰς ἔδρανα βάσεως στροφαλοφόρων ἀξόνων μηχανῶν αὐτοκινήτων καὶ πετρελαιομηχανῶν.

Ἐπίσης, κρατέρωμα μὲ 2,50% Sn, 1,50% Fe καὶ 1,20 Cr εἶναι κατάλληλον εἰς περιπτώσεις λειτουργίας εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας μὲ δυσμενεῖς συνθήκας φθορᾶς (ἀντιτριβικὸν μέταλλον δι' ὁδηγοὺς βαλβίδων μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως, ἔδρανα ὀδοντωτοῦ τροχοῦ - ἀτέρμονος κοχλίου καταπονούμενα μὲ μεγάλας πιέσεις).

Λόγω τοῦ χαμηλοῦ των κόστους, εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις καὶ οἱ ὀρείχαλκοι ὡς ἀντιτριβικὰ μέταλλα ἢ καὶ ὡς χιτώνια, κυρίως τριβέων ἀπὸ κρατέρωμα. Χρησιμοποιεῖται συνήθως ὁ ὀρείχαλκος 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 Λευκὰ μέταλλα.

α) *Λευκὰ 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 ὁποῖα εἶναι ἐρυθρωπά.

Αἱ κύριαι προσμίξεις εἶναι τὸ ἀντιμόνιον ἀπὸ 3% ἕως 10% καὶ ὁ χαλκὸς περίπου 3,50%.

Εἰς τὰ κράματα αὐτὰ ὑπάρχουν δύο σκληραὶ φάσεις (σχ. 33·3), δηλαδὴ κύβοι μεσομεταλλικῆς ἑνώσεως ἀντιμονίου - κασσιτέρου καὶ βελόναι ἐπίσης μεσομεταλλικῆς ἑνώσεως χαλκοῦ - κασσιτέρου.

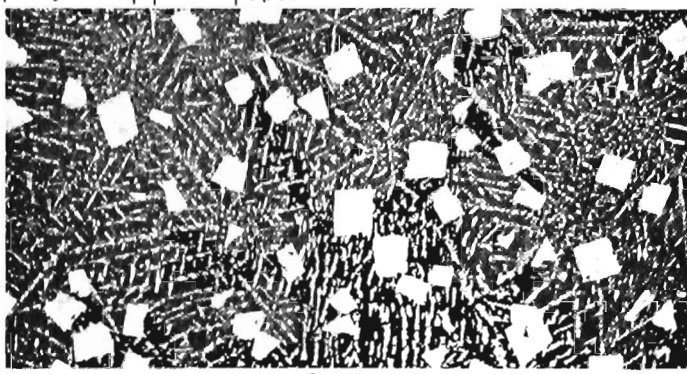
Ἐπειδὴ εἶναι μαλακά, χυτεύονται εἰς χαλύβδινα χιτώνια καὶ κατόπιν τορνεύονται εἰς τὴν τελικήν των διάστασιν. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ διὰ τὰ λευκὰ μέταλλα μὲ βάσιν τὸν μόλυβδον.

Παρουσιάζουν καλὴν πλαστικότητα.

Τυπικὰ ἀντιτριβικὰ κράματα αὐτοῦ τοῦ εἴδους εἶναι 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.



Σχ. 33 · 3.

Κρυσταλλικὴ δομὴ λευκοῦ μετάλλου κασσιτέρου - ἀντιμονίου - χαλκοῦ. Κύβοι μεσομεταλλικῆς ἑνώσεως ἀντιμονίου.- κασσιτέρου ἐντὸς πλέγματος βελονοειδῶν δενδριτῶν ἑνώσεως χαλκοῦ - κασσιτέρου.

β) *Λευκὰ μέταλλα μὲ βάσιν τὸν μόλυβδον.*

Εἰς τὰ ἀντιτριβικὰ αὐτὰ κράματα, μέρος τοῦ κασσιτέρου ἀντικαθίσταται ἀπὸ μόλυβδον, ὁ ὁποῖος εἶναι εὐθηνότερος. Περιέχουν 10% ἕως 15% κασσίτερον, 6% ἕως 65% μόλυβδον καὶ 1,50% ἕως 3% χαλκόν.

Χρησιμοποιοῦνται διὰ χαμηλοτέρας συνθήκας φορτίσεως ἀπὸ ὅ,τι τὰ λευκὰ μέταλλα μὲ βάσιν τὸν κασσίτερον.

Ὡς τυπικὰ ἀντιτριβικὰ κράματα αὐτοῦ τοῦ εἴδους ἀναφέρομεν τὰ ἑξῆς μέ:

— 11% Sb, 6% Pb, 3% Cu. Γενικῆς χρήσεως δι' ἔδρανα φορτιζόμενα μὲ ὑψηλὰ φορτία.

— 10% Sb, 28,50% Pb, 1,50 % Cu. Χρησιμοποιεῖται δι' ἔδρανα ἀτμαμαξῶν, μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως, γεννητριῶν καὶ ἠλεκτρικῶν κινητήρων.

— 10% Sb, 48,50% Pb, 1,50% Cu. Διὰ τροχοὺς 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

Ἡ *Κονιομεταλλουργία* ἀσχολεῖται μὲ τὴν παραγωγὴν τῶν λεγομένων *κεραμευτικῶν κραμάτων* ἀπὸ μεταλλικὰς κόνεις εἰς μορφοποιημένα τεμάχια. Μᾶς δίδει δηλαδὴ ἄλλον τρόπον παραγωγῆς κραμάτων, ἐκτὸς τοῦ ἤδη γνωστοῦ, διὰ *τήξεως τῶν συστατικῶν* των. Τὰ συστατικὰ τοῦ κεραμευτικοῦ κράματος γενικῶς δὲν τήκονται, ἐκτὸς ὡρισμένων περιπτώσεων μερικῆς τήξεώς των. Τὰ κράματα τῆς Κονιομεταλλουργίας εἶναι παρόμοια μὲ ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα θὰ ἐλαμβάνοντο μὲ τῆξιν τῶν συστατικῶν των.

Αἱ ἀρχαὶ τῆς Κονιομεταλλουργίας ἦσαν γνωσταὶ ἀπὸ τοῦ ἔτους 3000 π.Χ. περίπου, ὅταν οἱ Αἰγύπτιοι κατεσκεύαζον ἐργαλεῖα ἀπὸ κόνιν σιδήρου διὰ σφυρηλασίας ἐν θερμῷ. Κατὰ τοὺς μέσους χρόνους ἡ παραγωγὴ κόνεων χρυσοῦ, ἀργύρου, χαλκοῦ, ὀρειχάλκου καὶ κασσιτέρου ἦτο εὐρύτατα διαδεδομένη διὰ σκοποὺς διακοσμητικούς. Ἡ Κονιομεταλλουργία ἔχει ἀναπτυχθῆ σημαντικῶς ἀπὸ τοῦ 1930 καὶ ἐντεῦθεν.

Τὰ κεραμευτικὰ κράματα διακρίνονται εἰς δύο κατηγορίας:

— Εἰς ἐκεῖνα, ποὺ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ παραχθοῦν κατ' ἄλλον τρόπον, παρὰ μόνον διὰ τῆς Κονιομεταλλουργίας καὶ

— εἰς ἐκεῖνα, διὰ τὰ ὁποῖα ἡ Κονιομεταλλουργία εἶναι συμφερωτέρα.

Εἰς τὴν πρώτην κατηγορίαν περιλαμβάνονται:

α) Διαμορφώσιμα τεμάχια ἀπὸ πυρίμαχα μέταλλα, ὅπως εἶναι τὸ βολφράμιον, τὸ μολυβδαίνιον, τὸ ταντάλιον καὶ τὸ νιόβιον, τῶν ὁποίων ἡ τῆξις εἶναι βιομηχανικῶς ἀδύνατος, λόγω τοῦ πολὺ ὑψηλοῦ των σημείου τήξεως (τὸ βολφράμιον τήκεται εἰς 3410^0 C). Τυπικὸν παράδειγμα εἶναι ἡ κατασκευὴ τῶν ἐκ βολφραμίου νηματιδίων τῶν λαμπτήρων πυρακτώσεως.

β) *Σκληρομέταλλα μὲ καρβίδια*, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται,

ὅπως θὰ ἴδωμεν, εὐρύτατα ὡς ἐργαλεῖα κοπῆς τῶν μετάλλων (παράγρ. 36 · 1). Τὰ συνήθως χρησιμοποιούμενα καρβίδια εἶναι τοῦ βολφραμίου, τοῦ τιτανίου, τοῦ τανταλίου καὶ τοῦ νιοβίου. Ἐὰν τὸ κρᾶμα παρήγετο διὰ τήξεως τῶν συστατικῶν του, τὰ καρβίδια θὰ ὑφίσταντο διάσπασιν καὶ συνεπῶς δὲν θὰ ἦτο δυνατὴ ἡ παραγωγὴ κραμάτων μὲ τὰς ἐξαιρετικὰς ἰδιότητας ποὺ ἔχουν τὰ σκληρομέταλλα.

γ) Κράματα, τῶν ὁποίων τὰ συστατικὰ διατηροῦν τὰ χαρακτηριστικά των κατὰ τὰς διαφόρους ἐφαρμογάς. Ἀναφέρομεν ἐδῶ ὡς παράδειγμα τὰς ἠλεκτρικὰς ἐπαφάς· εἰς αὐτὰς συνδυάζεται ἀφ' ἑνὸς ἡ ἀντοχὴ εἰς φθορὰν εἰς τὰς συνθήκας ἐργασίας τῶν ἐπαφῶν τοῦ πυριμάχου ὑλικοῦ, δηλαδὴ τοῦ βολφραμίου καὶ ἀφ' ἑτέρου ἡ μεγάλη ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τοῦ ἀργύρου ἢ τοῦ χαλκοῦ.

δ) Πορώδη κράματα δι' αὐτολιπαινόμενα ἔδρανα ὀλισθήσεως καὶ φίλτρα. Ἡ δυνατότης ρυθμίσεως τοῦ πορώδους τῶν προϊόντων τῆς Κονιομεταλλουργίας (μέχρι καὶ 30%) ὡδήγησεν εἰς τὴν παρασκευὴν τῶν κραμάτων αὐτῶν (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 ἢ ὑφίστανται κατεργασίαν μετὰ δυσκολίας, ὅπως τὸ κρᾶμα 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 ὁποίων ἡ κατεργασία διὰ κοπῆς θὰ ἀπαιτοῦσε μακρὸν χρόνον καὶ κατὰ συνέπειαν τὸ κόστος θὰ ἦτο 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.

— *Ἀνάμιξις* τῶν κόνεων εἰς ὁμοιογενὲς μῖγμα.

— *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 εἶναι ψαθυρόν, δύναται ὅμως νὰ μεταφερθῇ.

— *Πυροσυσσωμάτωσις*, κατὰ τὴν ὁποίαν θερμαίνεται τὸ συμπίεσμα ἐντὸς ἀναγωγικῆς ἀτμοσφαίρας καὶ εἰς θερμοκρασίαν χαμηλοτέραν τοῦ σημείου τήξεως τοῦ πλέον δυστήκτου μετάλλου, συνήθως ὅμως κατωτέραν τοῦ σημείου τήξεως ὅλων τῶν συστατικῶν τοῦ κράματος. 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 ὁποίας θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς τὴν παράγραφον 35 · 5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 35

ΑΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΟΝΙΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ

35 · 1 Ἡ παραγωγὴ τῶν κόνεων.

Τὸ προϊὸν τῆς κονιομεταλλουργίας ἐξαρτᾶται σημαντικῶς ἐκ τῆς χημικῆς συνθέσεως καὶ ἐκ τῆς καθαρότητος τῶν συστατικῶν του, ἐκ τῶν ὁποίων παράγεται ἡ κόνις, καθὼς ἐπίσης καὶ ἐκ τοῦ μεγέθους καὶ τῆς μορφῆς τῶν τεμαχιδίων τῆς κόνεως. Σφαιρικὰ τεμαχίδια κόνεως π.χ. ἔχουν ἐξαιρετικὰς ἰδιότητας πυροσυσσωματώσεως καὶ δίδουν ὁμοιογενὲς προϊόν. Εἰς τὸ μέγεθος καὶ τὴν μορφὴν τῶν τεμαχιδίων τῆς κόνεως σημαντικῶς ἐπιδρᾶ ἡ μέθοδος παραγωγῆς της.

Κατωτέρω θὰ ἀναφέρωμεν συνοπτικῶς τὰς ἐν χρήσει μεθόδους παραγωγῆς μεταλλικῶν κόνεων:

1) Διὰ ρεύματος πεπιεσμένου ἀέρος.

Χρησιμοποιεῖται συνήθως διὰ μέταλλα χαμηλοῦ σχετικῶς σημείου τήξεως, ὅπως εἶναι ὁ κασσίτερος, ὁ μόλυβδος, ὁ ψευδάργυρος, τὸ ἀργίλιον καὶ ὁ χαλκός. Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτήν, τὸ τετηγμένον μέταλλον ἀναγκάζεται νὰ διέλθῃ δι' ἀκροφυσίου μὲ ὀπὴν μικρᾶς διαμέτρου. Ἀκολούθως, προσβάλλεται διὰ ρεύματος πεπιεσμένου ἀέρος ἢ ἀδρανοῦς ἀερίου, καταμερίζεται καὶ κατόπιν στερεοποιεῖται εἰς τεμαχίδια μικροῦ μεγέθους. Τὰ τεμαχίδια αὐτὰ ἔχουν σφαιρικὸν ἐν γένει σχῆμα.

Ἡ μέθοδος αὐτὴ παραγωγῆς κόνεων μᾶς δίδει μέγεθος τεμαχιδίων κυμαινόμενον ἐντὸς εὐρέων ὁρίων, πρᾶγμα ποὺ ἀποτελεῖ σημαντικὸν μειονέκτημα τῆς μεθόδου.

2) Δι' ἀναγωγῆς ὀξειδίων τῶν μετάλλων.

Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτήν, τὰ ὀξείδια τῶν ἀντιστοίχων μετάλλων, τὰ ὁποῖα ἐπιθυμοῦμεν νὰ λάβωμεν εἰς κατάστασιν κόνεως, κονιοποιημένα ἀνάγονται δι' ὑδρογόνου ἢ μονοξειδίου τοῦ ἄνθρακος. Τὰ παραγόμενα τεμαχίδια εἶναι σπογγώδη καὶ ἀνωμάλου σχήματος, τὸ δὲ μέγεθός των ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν καὶ τὸν χρόνον ἀναγωγῆς.

Ἡ μέθοδος δι' ἀναγωγῆς τῶν ὀξειδίων εἶναι ἡ μοναδική, ποὺ διατίθεται διὰ τὴν παραγωγὴν κόνεων ἀπὸ πυρίμαχα μέταλλα, ὅπως εἶναι τὸ βολφράμιον καὶ τὸ μολυβδαίνιον.

Συμφέρει ἐπίσης διὰ τὴν παραγωγὴν κόνεων σιδήρου, νικελίου, κοβαλτίου καὶ χαλκοῦ.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

3) Δι' ἠλεκτρολύσεως ἁλάτων τῶν μετάλλων.

Ἡ μέθοδος αὐτὴ ἐνδείκνυται διὰ τὴν παραγωγὴν ἐξαιρετικῶς καθαρῶν κόνεων, ἰδιαιτέρως δὲ διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν αὐτολιπαινομένων ἐδράνων ὀλισθήσεως ἐκ χαλκοῦ.

Τὰ παραγόμενα τεμαχίδια τῆς κόνεως εἶναι σπογγώδη καὶ ἔχουν μορφὴν δενδρίτου. Τοῦτο διευκολύνει τὴν συμπίεσιν καὶ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν τοῦ κράματος, διότι κατὰ τὴν πρώτην τὰ τεμαχίδια τοῦ κασσιτέρου ἐγκλωβίζονται εἰς τοὺς κλάδους τῶν δενδριτικῆς μορφῆς τεμαχιδίων 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 εἶναι οὐσιώδης, διὰ νὰ ἐπιτευχθῇ ὁμοιογένεια τοῦ προϊόντος τῆς κονιομεταλλουργίας.

Κατὰ τὴν ἀνάμιξιν προστίθεται εἰς τὸ μῖγμα λιπαντικόν, ὅπως παραφίνη, γλυκερίνη, ἢ κάτι παρόμοιον, διὰ νὰ ἐλαττώσῃ τὴν τριβὴν μεταξὺ τῶν τεμαχιδίων τῶν κόνεων καὶ τῶν τοιχωμάτων τῆς μήτρας κατὰ τὴν συμπίεσιν, ἡ ὁποία εἶναι ἰσχυροτάτη, ἰδιαιτέρως ὅταν χρησιμοποιοῦνται ὑψηλαὶ ταχύτητες συμπιέσεως. Ἔτσι, ἀποφεύγεται ταχεῖα φθορὰ τῆς μήτρας.

35 · 3 Συμπίεσις.

Ἡ συμπίεσις, ὡς φάσις τῆς Κονιομεταλλουργίας, βασίζεται εἰς τὴν ἑξῆς ἀρχήν:

Ἐὰν μεταλλικὴ κόνις ὑποστῇ ἀρκετὰ ὑψηλὴν πίεσιν, τότε καὶ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ἀκόμη λαμβάνει χώραν *σύνδεσις* τῶν τεμαχιδίων τῆς κόνεως μεταξύ των διὰ ψυχρᾶς συγκολλήσεως, μὲ ἀποτέλεσμα ἡ κόνις νὰ ἀποτελέσῃ συμπαγῆ μᾶζαν. Ὁ βαθμὸς τῆς συνδέσεως τῶν τεμαχιδίων ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐπιβαλλομένης πιέσεως, ἐκ τῆς καθαρότητος τῆς ἐπιφανείας τῶν τεμαχιδίων καὶ ἐκ τοῦ μεγέθους καὶ τοῦ σχήματός των. Μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῆς πιέσεως παραμένουν ὡρισμέναι κοιλότητες εἰς τὸ τεμάχιον, αἱ ὁποῖαι προσδίδουν εἰς αὐτὸ *πορῶδες* ὡρισμένου βαθμοῦ. Τὸ πορῶδες τοῦτο χρησιμοποιεῖται εἰς ὡρισμένας ἐφαρμογάς, ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν αὐτολιπαινομένων ἐδράνων ὀλισθήσεως καὶ τῶν μεταλλικῶν φίλτρων.

Ἡ σειρὰ τῶν ἐργασιῶν, ποὺ ἀκολουθεῖται κατὰ τὴν συμπίεσιν

ἑνὸς π.χ. αὐτολιπαινομένου ἐδράνου ὀλισθήσεως, 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 ἔλθη εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἄνω ἐπιφάνειαν τῆς κόνεως, ἀρχίζει νὰ ἀνέρχεται ὁ κατώτερος ἐπιβολεὺς τῆς μήτρας.

Ἔτσι, ἡ κόνις συμπιέζεται καὶ μᾶς δίδει συμπίεσμα ὡρισμένων 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 ἐξολκεὺς καὶ ἀπορρίπτει τὸ συμπίεσμα [σχ. 35 · 3 (δ)], τὸ ὁποῖον, εἰς τὴν περίπτωσιν ποὺ ἐξετάζομεν, 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 μέχρις 70 kp/mm^2.

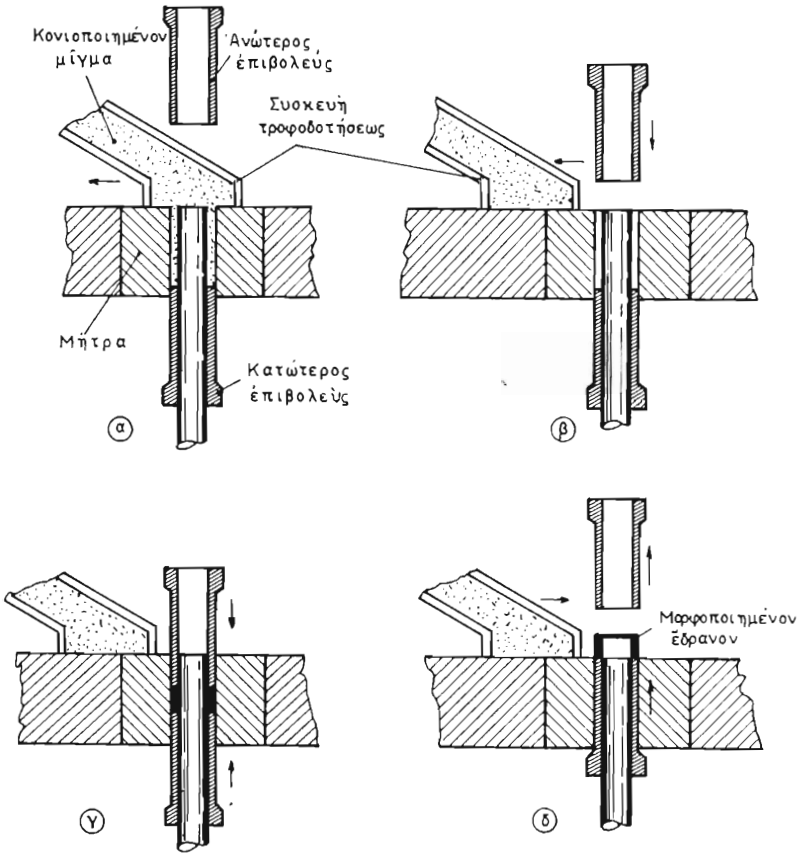
Αἱ πρέσσαι ἐκκέντρου ἔχουν συνήθως μεγίστην δύναμιν ἐπιβολῆς ἀπὸ 10 μέχρι καὶ 500 τόννους καὶ συχνότητα διαδρομῶν ἀπὸ 6 μέχρις 150 ἀνὰ min. Τὰ πλεονεκτήματά των εἶναι ὁ ὑψηλὸς ρυθμὸς παραγωγῆς, ἡ ἁπλότης καὶ ἡ οἰκονομία λειτουργίας.

Αἱ ὑδραυλικαὶ πρέσσαι ἔχουν μεγαλυτέραν δύναμιν ἐπιβολῆς, μέχρι καὶ 5000 τόννων, 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 ὁποία ἔχει 12 ἢ καὶ περισσοτέρας κοιλότητας, μὲ τὰς ὁποίας εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχωμεν ρυθμὸν παραγωγῆς 300 μέχρι 3000 τεμαχίων τὴν ὥραν.

Αἱ μῆτραι κατασκευάζονται, λόγω τῶν δυσμενῶν συνθηκῶν φθορᾶς ποὺ ἐπικρατοῦν κατὰ τὴν συμπίεσιν, ἀπὸ κατάλληλον χάλυβα ἐργαλείων, ὑφίστανται δὲ ὑπερλείανσιν. Συνήθως χρησιμοποιεῖ-

ται χρωμιοῦχος 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 αὐτολιπαινομένου ἐδράνου ὀλισθήσεως.

35 · 4 Πυροσυσσωμάτωσις.

Μετὰ τὴν φάσιν τῆς συμπιέσεως, τὸ συμπίεσμα ὑφίσταται πυροσυσσωμάτωσιν.

Ἡ πυροσυσσωμάτωσις, ὅπως προηγουμένως ἀνεφέραμεν, σύγκειται εἰς τὴν θέρμανσιν τοῦ συμπιέσματος εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν καὶ ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον ἀναλόγως τῶν συστατικῶν τοῦ κονιομεταλλουργικοῦ κράματος.

Τὰ αὐτολιπαινόμενα ἔδρανα ὀλισθήσεως π.χ. ἀπαιτοῦν κατεργασίαν ὀλίγων λεπτῶν εἰς 820° C, ἐνῶ τὰ σκληρομέταλλα μὲ καρβίδια ἀπαιτοῦν θέρμανσιν μέχρι δύο ὡρῶν εἰς θερμοκρασίαν 1350° C ἕως 1500° C.

Διὰ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν τοῦ βολφραμίου ἀπαιτεῖται ἀκόμη ὑψηλοτέρα θερμοκρασία, δηλαδὴ περίπου 1600° 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 ἠλεκτρικοί. Εἶναι δυνατὸν ὅμως νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ κλίβανοι πετρελαίου ἢ ἀερίου. Εἰς περιπτώσεις μεγάλου ἀριθμοῦ τεμαχίων πρὸς πυροσυσσωμάτωσιν ἐνδείκνυται 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. ὀξείδια, πρέπει νὰ καταβάλλεται κάθε προσπάθεια ἀποφυγῆς δημιουργίας των. Διὰ τὸν λόγον αὐτόν, 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 ὀξειδίων εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν τεμαχιδίων τῆς κόνεως.

Τὸ λαμβανόμενον μετὰ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν κεραμευτικὸν κρᾶμα ἔχει μηχανικὰς ἰδιότητας, ποὺ πλησιάζουν τὰς ἰδιότητας τοῦ ἀντιστοίχου συμπαγοῦς κράματος, τὸ ὁποῖον προκύπτει διὰ τήξεως τῶν συστατικῶν του.

35 · 5 Δευτερεύουσαι φάσεις τῆς Κονιομεταλλουργίας.

Διὰ πολλὰ προϊόντα τῆς κονιομεταλλουργίας ἀπαιτεῖται με-

γάλη ἀκρίβεια τῶν διαστάσεων, ὅπως π.χ. διὰ τὰ αὐτολιπαινόμενα ἔδρανα ὀλισθήσεως. Ἡ πυροσυσσωμάτωσις ὅμως προκαλεῖ, ὅπως εἶναι φυσικόν, μεταβολὰς εἰς τὰς διαστάσεις τοῦ τεμαχίου ἢ καὶ στρέβλωσιν καὶ ὡς ἐκ τούτου συνήθως γίνεται *τελικὴ κατεργασία* τοῦ τεμαχίου, διὰ νὰ τοῦ δοθοῦν αἱ τελικαὶ ἀκριβεῖς του διαστάσεις. Ἡ τελικὴ αὐτὴ κατεργασία εἶναι δυνατὸν νὰ εἶναι κοπή, λείανσις, ἀμμοβολὴ κ.λπ.

Δι' ἐφαρμογάς, ὅπου ἀπαιτεῖται μεγαλυτέρα πυκνότης τοῦ προϊόντος ἐν συνδυασμῷ καὶ μὲ ἀκριβεστέρας διαστάσεις, ἡ πυροσυσσωμάτωσις ἀκολουθεῖται ἀπὸ ψυχρηλασίαν γνωστὴν ὡς *ἀνασυμπίεσις* ἢ *τύπωσις* (σχ. 12·α).

Ἡ θέρμανσις πρὸς πυροσυσσωμάτωσιν εἶναι δυνατὸν νὰ διακοπῇ εἰς μίαν ἐνδιάμεσον θερμοκρασίαν. Τοῦτο εἶναι γνωστὸν ὡς *προπυροσυσσωμάτωσις*. Μετὰ τὴν κατεργασίαν αὐτὴν τὸ τεμάχιον ἔχει καλὴν κατεργαστικότητα καὶ ἔτσι εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποστῇ τὰς ἀπαιτουμένας κατεργασίας μορφοποιήσεώς του, αἱ ὁποῖαι 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 αὐτολιπαινόμενα ἔδρανα ὀλισθήσεως ἐκτελεῖται, μετὰ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν, ὁ λεγόμενος *ἐμποτισμὸς* πρὸς βελτίωσιν τῶν ἀντιτριβικῶν ἰδιοτήτων των. Διὰ τοῦ ἐμποτισμοῦ πληροῦνται μὲ λιπαντικὸν οἱ πόροι τοῦ ἐδράνου. Ὁ ἐμποτισμὸς δι' ἐλαίου ἐκτελεῖται δι' ἐμβαπτίσεως τῶν τεμαχίων ἐντὸς δοχείου θερμοῦ ἐλαίου ἢ δι' ἀφαιρέσεως τοῦ ἀέρος τῶν πόρων τῶν ἐδράνων ἐντὸς κενοῦ καὶ ἀκολούθως διὰ συμπιέσεως ἐλαίου ἐντὸς τῶν πόρων. Ὡς λιπαντικὰ δι' ἐμποτισμὸν δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἐπίσης ὁ κηρός, λίπη, ὡς καὶ μέταλλα ἢ κράματα χαμηλοῦ σημείου τήξεως, ὅπως εἶναι ὁ μόλυβδος, ὁ κασσίτερος καὶ ἄλλα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 36

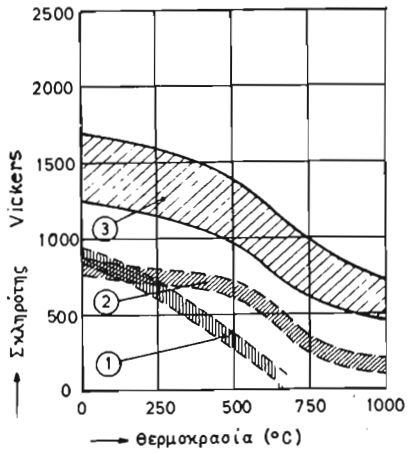
ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΗΣ ΚΟΝΙΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ

36 · 1 Τὰ σκληρομέταλλα μὲ καρβίδια ἢ σκληρομέταλλα.

1) Παραγωγὴ τῶν σκληρομετάλλων.

Μέχρι τώρα ἔχομεν συναντήσει ὡς ὑλικὰ κατάλληλα δι' ἐργαλεῖα κοπῆς τοὺς κοινοὺς χάλυβας ἐργαλείων [παράγρ. 21·3(Α)] καὶ τοὺς ταχυχάλυβας [παράγρ. 21 · 3 (Ε)], τῶν ὁποίων ἔχομεν μελετήσει τὰς ἰδιότητας καὶ τὰς βιομηχανικὰς χρήσεις.

Ἡ Κονιομεταλλουργία μᾶς δίδει καὶ ἄλλο, τρίτον ὑλικόν, κατάλληλον βασικῶς δι' ἐργαλεῖα κοπῆς καὶ κατὰ δεύτερον λόγον δι' ὡρισμένας μήτρας διαμορφώσεως, τὰ *σκληρομέταλλα*.



Σχ. 36 · 1 α.

Καμπύλαι σκληρότητος - θερμοκρασίας διὰ διάφορα ὑλικὰ ἐργαλείων κοπῆς: 1) Κοινοὶ χάλυβες ἐργαλείων. 2) Ταχυχάλυβες. 3) Σκληρομέταλλα.

Τὰ σκληρομέταλλα, ὡς ἐργαλεῖα κοπῆς, πλεονεκτοῦν σημαντικῶς ἔναντι τῶν ταχυχαλύβων.

Ἔτσι, μὲ χρησιμοποίησιν τῶν σκληρομετάλλων εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἰς τὴν πρᾶξιν πολὺ ὑψηλότεραι ταχύτητες κοπῆς, ἀπὸ ἐκείνας αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται μὲ τοὺς ταχυχάλυβας καὶ συνεπῶς ἡ κοπὴ νὰ ἐκτελεσθῇ ἀποδοτικώτερον.

Εἰς τὸ σχῆμα 36 · 1 α συγκρίνονται τὰ ἀναφερθέντα τρία ὑλικὰ ἐργαλείων κοπῆς, δηλαδὴ οἱ κοινοὶ χάλυβες ἐργαλείων, οἱ ταχυχάλυβες καὶ τὰ σκληρομέταλλα μὲ κριτήριον τὴν σκληρότητα, τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας κοπῆς. Καὶ τοῦτο,

διότι, ὅπως ἔχομεν ἀναφέρει εἰς τὴν παράγραφον 21 · 3, ἡ θερμοκρασία κοπῆς αὐξάνεται μὲ αὔξησιν τῆς ταχύτητος κοπῆς καὶ συνεπῶς τὸ ἐργαλεῖον, τὸ ὁποῖον διατηρεῖ τὴν σκληρότητά του εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας, θὰ τὴν διατηρῇ καὶ εἰς ὑψηλὰς ταχύτητας κοπῆς.

Ἀπὸ τὰς καμπύλας τοῦ σχήματος 36 · 1 α παρατηροῦμεν, ὅτι εἰς θερμοκρασίαν π.χ. 500° 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.

Ἀπὸ τὴν σύγκρισιν αὐτὴν καταφαίνεται ἡ ὑπεροχὴ τῶν σκληρομετάλλων ὡς ἐργαλείων κοπῆς.

Τὰ σκληρομέταλλα συνήθως ἀποτελοῦνται ἀπὸ καρβίδια τοῦ βολφραμίου, τοῦ τιτανίου, τοῦ τανταλίου ἢ καὶ τοῦ νιοβίου, τὰ ὁποῖα συνδέονται μεταξύ των μὲ κοβάλτιον ἢ νικέλιον. Τὸ εἶδος τῶν καρβιδίων, αἱ ἀναλογίαι των καὶ ἡ συνδετικὴ ὕλη ἐκλέγονται ἀναλόγως τῆς χρήσεως τοῦ σκληρομετάλλου.

Κατωτέρω θὰ περιγράψωμεν χάριν ἁπλότητος τὰς φάσεις παραγωγῆς σκληρομετάλλου μὲ καρβίδιον τοῦ βολφραμίου καὶ μὲ κοβάλτιον ὡς συνδετικὴν ὕλην.

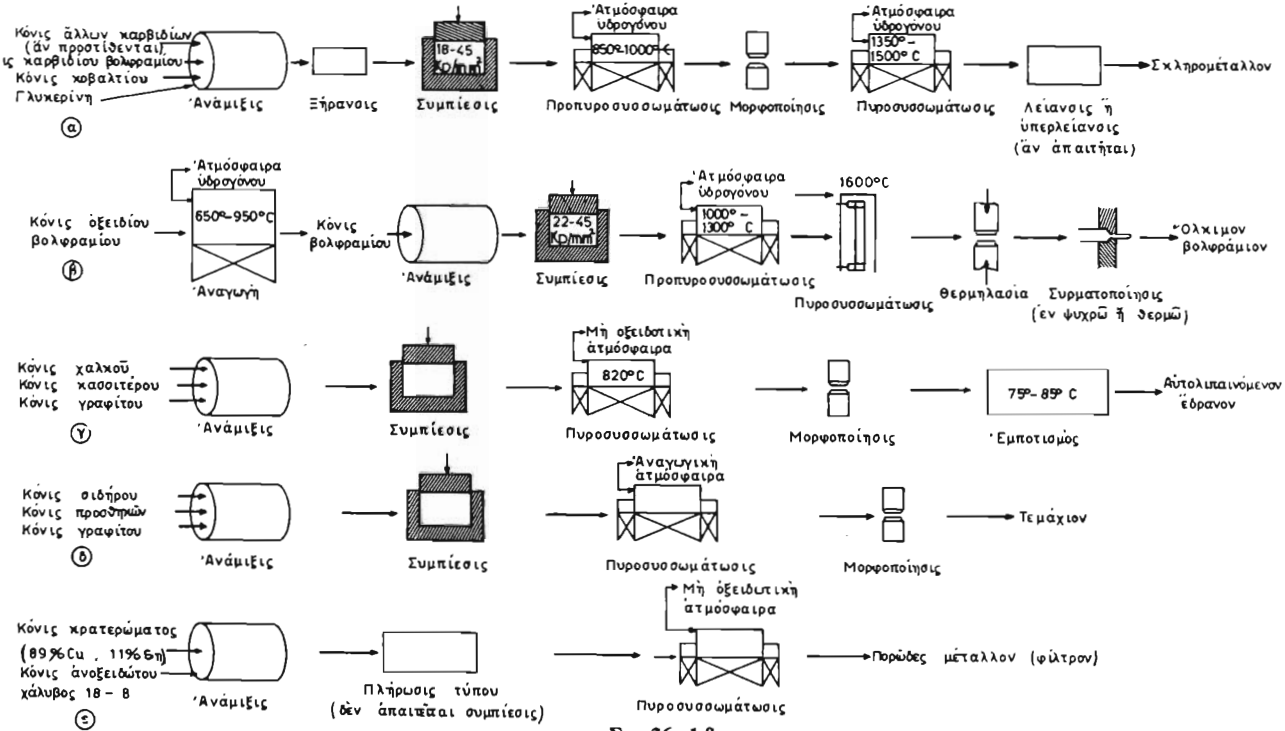
Αἱ φάσεις, ποὺ ἀκολουθοῦνται κατὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ σκληρομετάλλου αὐτοῦ, δίδονται εἰς τὸ σχῆμα 36 · 1 β (α).

Ἀρχικῶς λαμβάνομεν μεταλλικὰς κόνεις τοῦ βολφραμίου καὶ τοῦ κοβαλτίου διὰ θερμάνσεως καὶ ἀναγωγῆς (παράγρ. 35 · 1) ὀξειδίου τοῦ βολφραμίου καὶ ὀξειδίου τοῦ κοβαλτίου ἀντιστοίχως εἰς ρεῦμα ὑδρογόνου.

Ἡ κόνις τοῦ βολφραμίου ἀκολούθως ἀναμιγνύεται μὲ αἰθάλην καὶ εἰς τὴν ἀναλογίαν ποὺ χρειάζεται, διὰ νὰ δώσουν μαζὶ καρβίδιον τοῦ βολφραμίου, τὸ ὁποῖον καὶ λαμβάνεται μετὰ θέρμανσιν ἐπὶ δύο ὥρας εἰς οὐδετέραν ἀτμόσφαιραν. Τὸ λαμβανόμενον καρβίδιον τοῦ βολφραμίου λειοτριβεῖται κατόπιν, ὥστε τὰ τεμαχίδια τῆς κόνεως ποὺ προκύπτει νὰ ἔχουν μέγεθος 20 μm (μικρά).

Ἡ κόνις τοῦ καρβιδίου τοῦ βολφραμίου ἀναμιγνύεται ἀκολούθως μὲ τὴν κόνιν τοῦ κοβαλτίου. Εἰς τὸ μῖγμα αὐτὸ προστίθεται καὶ μικρὰ ποσότης γλυκερίνης, ποὺ ὑποβοηθεῖ τὴν συμπίεσίν του.

Ἡ συμπίεσις τοῦ μίγματος, μετὰ ἀπὸ ξήρανσιν, γίνεται εἰς



Σχ. 36·1β.

Τυπικὰ διαγράμματα ροῆς δεικνύοντα τὰς φάσεις τῆς Κονιομεταλλουργίας κατὰ τὴν παραγωγήν: α) Σκληρομετάλλου καρβιδίου τοῦ βολφραμίου - κοβαλτίου. β) Πυριμάχου μετάλλου - βολφραμίου. γ) Αὐτολιπαινομένου ἐδράνου ὀλισθήσεως χαλκοῦ - κασσιτέρου. δ) Σιδηρούχων τεμαχίων καὶ ε) μεταλλικῶν φίλτρων.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

μήτρας ἀπὸ κατάλληλον χάλυβα ἐργαλείων καὶ ὑπὸ πίεσιν 18 ἕως 45 kp/mm^2.

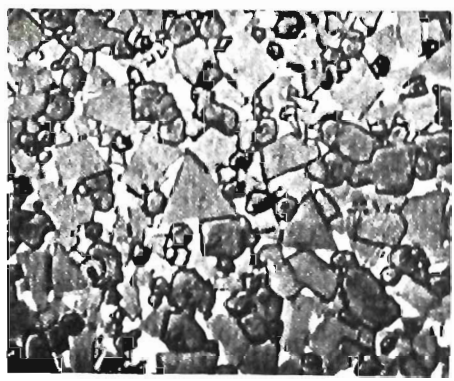
Τὸ συμπίεσμα ποὺ προκύπτει ἀποτελεῖ τὰ 2/3 τοῦ ἀρχικοῦ ὄγκου τοῦ μίγματος.

'Ακολουθεῖ προπυροσυσσωμάτωσις εἰς 850^0 C ἕως 1000^0 C εἰς ἀτμόσφαιραν ὑδρογόνου. Τὸ λαμβανόμενον προϊὸν κατὰ τὴν φάσιν αὐτὴν εἶναι ἀρκετὰ ἀνθεκτικόν, ὥστε νὰ ὑποστῇ κατεργασίαν εἰς ἐργαλειομηχανὰς καὶ νὰ λάβῃ τὴν μορφὴν ποὺ χρειάζεται. Κατὰ τὴν κατεργασίαν αὐτὴν δίδονται αἱ ἀναγκαῖα ἀνοχαὶ τῶν διαστάσεων τοῦ τεμαχίου, ἀφοῦ ληφθοῦν ὑπ' ὄψιν αἱ μεταβολαὶ εἰς τὰς διαστάσεις του, αἱ ὁποῖαι θὰ προκύψουν μετὰ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν.

'Η πυροσυσσωμάτωσις γίνεται εἰς ἠλεκτρικὸν κλίβανον, κυλινδρικῆς μορφῆς συνήθως, διὰ τοῦ ὁποίου ἐμφυσᾶται ξηρὸν ὑδρογόνον. 'Ο χρόνος τῆς πυροσυσσωματώσεως ἀνέρχεται εἰς 90 min καὶ ἡ θερμοκρασία της κυμαίνεται ἀπὸ 1350^0 C μέχρι 1500^0 C. Μετὰ τὴν πυροσυσσωμάτωσιν τὰ τεμάχια ἀφήνονται



(α)



(β)

Σχ. 36·1γ.
Μικροφωτογραφίαι σκληρομετάλλων. Μεγέθυνσις 1500. α) Καρβιδίου βολφραμίου - κοβαλτίου. β) Καρβιδίου βολφραμίου, καρβιδίων τανταλίου, τιτανίου - κοβαλτίου.

νὰ ἀποψυχθοῦν ἠρέμως μέχρι τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος.

Ἐν τέλει, τὰ σκληρομέταλλα ὑφίστανται τελικὴν κατεργασίαν διὰ λειάνσεως ἢ ὑπερλειάνσεως, ἂν ἀπαιτῆται, καὶ εἶναι ἕτοιμα 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, ὡστενιτικῶν 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 φθοράν* τοῦ σκληρομετάλλου *(αὔξησις τῆς ταχύτητος κοπῆς)* καὶ *πτῶσιν τῆς δυσθραυστότητός* του, ποὺ συνεπάγεται *ἐλάττωσιν τῆς ταχύτητος προώσεως*. Ἀντιθέτως, αὔξησις τῶν ἀριθμῶν ποιότητος σημαίνει *αὔξησιν τῆς δυσθραυστότητος* καὶ *πτῶσιν τῆς σκληρότητος καὶ τῆς ἀντοχῆς εἰς φθοράν* τοῦ σκληρομετάλλου.

Ὁ ἀναφερθεὶς ρόλος, ποὺ παίζουν οἱ ἀριθμοὶ ποιότητος, δεικνύεται παραστατικῶς διὰ τῶν βελῶν 1 καὶ 2 εἰς τὸν Πίνακα 36 · 1 · 1.

ΠΙΝΑΞ 36·1·1

Τυποποίησις καὶ ἰδιότητες τῶν σκληρομετάλλων

Τυποποίησις κατὰ DIN 4990			Χημικὴ σύνθεσις [%] περίπου			Ἄλλαι ἰδιότητες	
Κατηγορίαι	Ποιότητες	Διακριτικὸν χρῶμα	Καρβίδιον Βολφραμίου	Καρβίδιον τιτανίου · Καρβίδιον ταντάλιου	Κοβάλτιον	Σκληρότης κατὰ Vickers	Πυκνότης [g cm^3]
P	P01	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		82	8	10	1450	13,1
	P40		74	12	14	1350	12,6
	P50		67	15	18	1250	12,4
M	M10	Κίτρινον	84	10	6	1700	13,1
	M20		82	10	8	1550	13,3
	M30		79	6	15	1300	13,6
K	K01	Ἐρυθρὸν	92	4	4	1800	15,0
	K05		91	3	6	1750	14,5
	K10		92	2	6	1650	14,8
	K20		92	2	6	1550	14,8
	K30		91	—	9	1400	14,6
	K40		88	—	12	1300	14,3

Κατὰ τὴν φορὰν τοῦ τόξου 1: Αὔξησις σκληρότητος, ἀντοχῆς εἰς φθοράν, ταχύτητος κοπῆς. Ἐλάττωσις τῆς δυσθραυστότητος.

Κατὰ τὴν φορὰν τοῦ τόξου 2: Αὔξησις δυσθραυστότητος, ταχύτητος προώσεως. Ἐλάττωσις σκληρότητος, ἀντοχῆς εἰς φθοράν, ταχύτητος κοπῆς.

36 · 2 Ἄλλαι ἐφαρμογαὶ τῆς Κονιομεταλλουργίας.

Εἰς τὸ σχῆμα 36 · 1 β δίδονται αἱ φάσεις ποὺ ἀκολουθοῦνται, καθὼς ἐπίσης καὶ ἄλλα στοιχεῖα κατεργασίας διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἑξῆς 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 αὐτολιπαινομένων 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)].

(ΥΠΟ ΓΕΩΡΓ. ΧΡ. ΚΟΝΤΟΥ, ΧΗΜΙΚΟΥ - ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ, Δ/ΡΟΣ Ε.Μ.Π.)

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 ὑλῶν (ὡς π.χ. τὸ φυσικὸν καουτσούκ). Ὑπῆρξεν ἐπομένως ἄμεσος ἀνάγκη νὰ ἀντικατασταθοῦν αἱ ἐλλείπουσαι φυσικαὶ διὰ συνθετικῶν ὑλῶν, ἱκανῶν νὰ τὰς ἀντικαταστήσουν. Οὕτω παρεσκευάσθη εἰς βιομηχανικὴν κλίμακα τὸ τεχνητὸν καουτσοὺκ (Buna).

Ἡ ἀνάγκη αὐτὴ ἐνεφανίσθη ἀκόμη μεγαλυτέρα κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ Β' Παγκοσμίου πολέμου.

Ἡ προσπάθεια ὅμως αὐτὴν τὴν φορὰν δὲν ἀπέβλεπεν εἰς τὴν παρασκευὴν ὑλῶν πρὸς ὑποκατάστασιν φυσικῶν πρώτων ὑλῶν μόνον, 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 ἐξελίξεως.

Ἔτσι ἐδημιουργήθησαν νέαι οὐσίαι, αἱ ὁποῖαι καθ' ἡμέραν αὐξάνονται. Εἰς τὰς οὐσίας αὐτὰς ἐδόθησαν αἱ ὀνομασίαι *συνθετικαὶ ὕλαι, ρητῖναι, πλαστικὰ* ἢ *πολυμερῆ*.

Καμμία ἐκ τῶν ἀνωτέρω ὀνομασιῶν δὲν καλύπτει τὸ σύνολον τῶν προϊόντων, αἱ δύο ὅμως τελευταῖαι (πλαστικὰ ἢ πολυμερῆ) καλύπτουν τὰς περισσοτέρας τῶν τεχνητῶν ὑλῶν ἀπὸ ἀπόψεως χημικῆς συνθέσεως καὶ τεχνολογικῶν ἰδιοτήτων.

Αἱ νέαι οὐσίαι παράγονται ἀπὸ φυσικὰς ἢ συνθετικὰς ὀργανικὰς ἑνώσεις μικροῦ μοριακοῦ βάρους, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται γενικῶς *μονομερεῖς* ἑνώσεις, διὰ *πολυμερισμοῦ* ἢ *πολυσυμπυκνώσεως* ἢ *πολυπροσθήκης* τῶν ἑνώσεων αὐτῶν· διὰ τοῦτο ὠνομάσθησαν *πολυμερῆ*.

Αἱ μονομερεῖς ἐνώσεις, ὡς γνωρίζομεν ἐκ τῆς Ὀργανικῆς Χημείας, εἶναι συνήθως ὑδρογονάνθρακες, ὀξέα, ἀλκοόλαι, ἀμῖναι, κ.λπ.

Αἱ οὐσίαι αὐταὶ περιέχουν εἰς τὸ μόριόν των διπλοῦς δεσμούς:



ἢ ὡρισμένας χαρακτηριστικὰς ὁμάδας ὡς τὰς $-COOH$, $-OH$, $-NH_2$, κ.λπ., αἱ ὁποῖαι καὶ παρέχουν τὴν δυνατότητα πολυμερισμοῦ πρὸς σχηματισμὸν μεγαλομοριακῶν ἐνώσεων, δηλαδὴ ἐνώσεων μὲ πολὺ μεγάλον μοριακὸν βάρος.

37 · 2 Ὑποδιαίρεσις τῶν συνθετικῶν ὑλῶν.

Α. Ὑποδιαίρεσις ἀναλόγως τῆς χημικῆς δομῆς.

Αἱ συνθετικαὶ ὕλαι, ἀναλόγως τῆς χημικῆς των δομῆς, δύνανται νὰ διακριθοῦν εἰς συνθετικὰς ὕλας μὲ βάσιν: φαινόλας, κρεζόλας, φορμαλδεΰδην, οὐρίαν - φορμαλδεΰδην· παράγωγα αἰθυλενίου, προπυλενίου βουταδιενίου, στυρενίου· παράγωγα ὀργανικῶν ὀξέων, φυσικὸν καὶ συνθετικὸν καουτσούκ, σιλικόνας· παράγωγα κυτταρίνης· παράγωγα πρωτεϊνῶν.

Β. Ὑποδιαίρεσις ἀναλόγως τοῦ εἴδους τῆς χημικῆς ἀντιδράσεως, διὰ τῆς ὁποίας σχηματίζονται αἱ συνθετικαὶ ὕλαι.

Αἱ συνθετικαὶ ὕλαι ἀναλόγως τοῦ χημικοῦ τρόπου σχηματισμοῦ των ὑποδιαιροῦνται εἰς συνθετικὰς ὕλας: ἐκ *πολυσυμπυκνώσεως*, ἐκ *πολυμερισμοῦ* καὶ ἐκ *πολυπροσθήκης*.

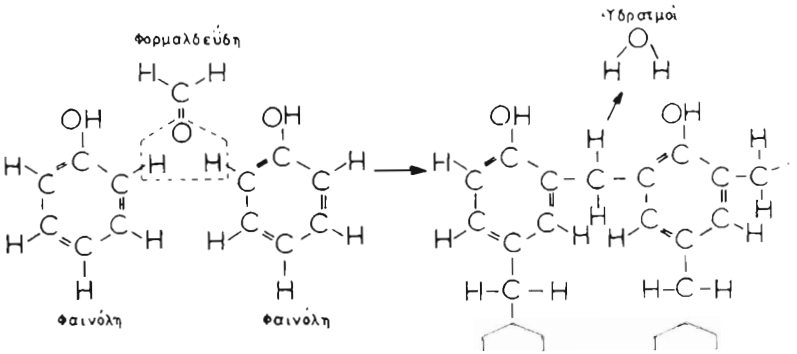
α) *Πολυσυμπύκνωσις.*

Πολυσυμπύκνωσις σημαίνει σύνδεσιν πολλῶν μικρῶν μορίων μιᾶς χημικῆς ἑνώσεως πρὸς ἕνα πολὺ μεγάλον σύμπλοκον μόριον διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως μορίων μιᾶς ἄλλης ἑνώσεως ὡς συνδετικοῦ κρίκου. Κατὰ τὴν πολυσυμπύκνωσιν ἀποσπῶνται ἄτομα καὶ ἀπὸ τὰ δύο εἴδη τῶν μορίων· τὰ ἄτομα αὐτὰ σχηματίζουν νέαν χημικὴν ἕνωσιν, ἡ ὁποία ἐκλύεται, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, ὑπὸ μορφὴν ἀερίου (σχ. 37 · 2 α), π.χ. ὕδωρ ὑπὸ μορφὴν ὑδρατμῶν.

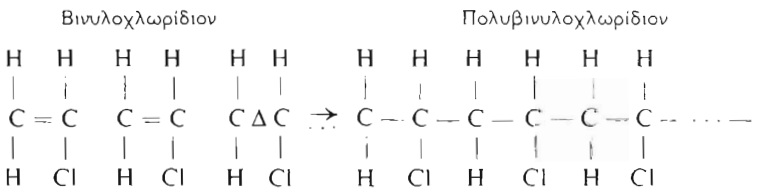
β) *Πολυμερισμός.*

Πολυμερισμὸς εἶναι ἡ ἀπ' εὐθείας ἕνωσις πολλῶν μικρῶν ὁμ

ειδῶν μορίων πρὸς πολὺ μεγάλα μόρια. Κατὰ τὸν πολυμερισμὸν δὲν ἀποσπῶνται ἄλλαι ἐνώσεις ὡς εἰς τὴν πολυσυμπύκνωσιν. Ἡ διαδικασία τοῦ πολυμερισμοῦ ἐπιτυγχάνεται διὰ τοῦ ἀνοίγματος τοῦ διπλοῦ δεσμοῦ, ὡς φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 37 · 2 β.



Σχ. 37 · 2 α.
Συμπύκνωσις φαινόλης καὶ φορμαλδεΰδης πρὸς βακελίτην.

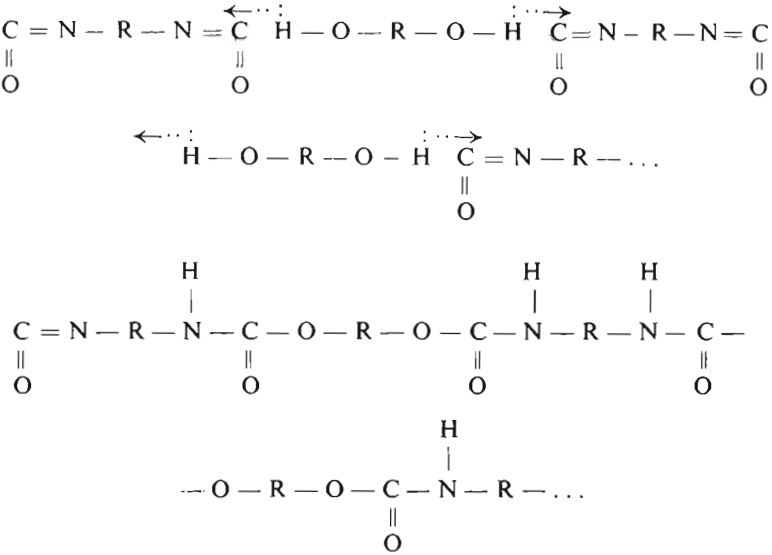


Σχ. 37 · 2 β.
Πολυμερισμὸς βινυλοχλωριδίου πρὸς πολυβινυλοχλωρίδιον.

γ) *Πολυπροσθήκη.*

Πολυπροσθήκη εἶναι τρόπος χημικῆς ἀντιδράσεως, κατὰ τὸν ὁποῖον σχηματίζονται μεγαλομοριακαὶ ἐνώσεις, χωρὶς ὅμως καὶ ἐδῶ νὰ ἀποσπασθοῦν ἄλλαι ἐνώσεις κατὰ τὸν σχηματισμόν. Ἐπίσης ἡ σύνδεσις τῶν δομικῶν μορίων μεταξύ των δὲν ἐπιτυγχάνεται μόνον διὰ τοῦ ἀνοίγματος τῶν διπλῶν δεσμῶν (ὡς συμβαίνει κατὰ τὸν πολυμερισμόν). Βασικὴ προϋπόθεσις, διὰ νὰ σχηματισθῇ ἕνα μεγαλομόριον διὰ πολυπροσθήκης, εἶναι ἡ ἀλλαγὴ θέσεως ἀτόμων ὑδρο-

γόνου ὑπὸ σύγχρονον ἄνοιγμα διπλῶν δεσμῶν. Τοῦτο φαίνεται σαφῶς εἰς τὸ σχῆμα 37 · 2 γ.



Σχ. 37 · 2 γ.
Πολυπροσθήκη πολυϊσοκυανικῆς ἐνώσεως καὶ πολυαλκοόλης πρὸς πολυουρεθάνην.

Γ. **Ὑποδιαίρεσις ἀναλόγως τῆς ἐν τῷ χώρῳ δομῆς τοῦ μεγαλομορίου.**



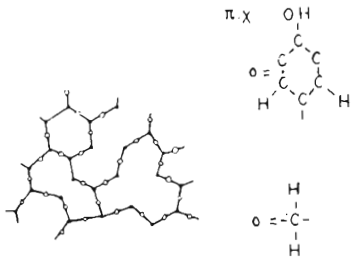
Σχ. 37 · 2 δ.
Μοριακὴ δομή: Ἀκανονίστως διατεταγμένα νηματοειδῆ μόρια προκαλοῦν θερμοπλαστικὴν συμπεριφοράν (δομὴ τολύπης ἐρίου).

Ἡ ὑποδιαίρεσις αὐτὴ ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν ταξινόμησιν τῶν συνθετικῶν ὑλῶν, ὅπως δείχνουν τὰ σχήματα 37 · 2 δ, ε καὶ στ., καὶ δίδει πολὺ καλὴν ἐποπτικὴν εἰκόνα δι' ὅλας τὰς συνθετικὰς ὕλας, διότι εἰς τὴν ἐν τῷ χώρῳ διάταξιν τῶν μεγαλομορίων τῶν συνθετικῶν ὑλῶν ὀφείλονται αἱ χαρακτηριστικαὶ ἰδιότητες αὐτῶν.

α) *Νηματοειδῆ μεγαλόμορια.*

Τὰ μόρια αὐτὰ δύνανται νὰ εἶναι συνδεδεμένα μεταξύ των κατὰ τελείως ἀκανόνιστον τρόπον, ὅπως αἱ ἶνες μιᾶς τολύπης ἐρίου (σχ. 37 · 2 δ) ἢ καὶ νὰ εἶναι ἐν μέρει ταξινομημ'

να. Τὰ ὡς ἄνω μόρια ἔχουν πάντοτε *θερμοπλαστικὰς* ἰδιότητας, δηλαδὴ διὰ τῆς θερμάνσεως καθίστανται μαλακὰ καὶ εὔπλαστα, ὅταν



Σχ. 37 · 2 ε.

Μοριακὴ δομή: Ἡ σύνδεσις ὁμάδων ἐξ ἀτόμων πρὸς ἕνα τρισδιάστατον πλέγμα δημιουργεῖ τὴν τελικὴν κατάστασιν τῶν σκληρυνομένων συνθετικῶν ὑλῶν.

δὲ ψυχθοῦν ἐκ νέου, καθίστανται σκληρά. Ἡ ἰδιότης αὐτὴ τῶν μορίων νὰ μαλακώνουν διὰ θερμάνσεως καὶ νὰ καθίστανται σκληρὰ ἐκ νέου διὰ ψύξεως δὲν ὑπόκειται εἰς περιορισμόν, δηλαδὴ τὰ σώματα δύνανται νὰ μαλακώνουν καὶ νὰ σκληρύνωνται ἀπεριορίστως.



Σχ. 37 · 2 στ.

Μοριακὴ δομή: Σύνδεσις νηματοειδῶν μορίων διὰ γεφυρῶν θείου πρὸς σχηματισμὸν δικτύου προκαλεῖ τὴν ἐλαστικότητα τοῦ καουτσούκ.

β) *Τρισδιάστατοι στερεοὶ σκελετοί.*

Ἡ διάταξις τῶν ἀτόμων πρὸς *τρισδιαστάτους στερεοὺς σκελετοὺς* μορίων προκαλεῖ τὴν κατάστασιν τῶν σκληρυνομένων συνθετικῶν ὑλῶν, δηλαδὴ συνθετικῶν ὑλῶν, αἱ ὁποῖαι θερμαινόμεναι καθίστανται εὔπλαστοι μέχρις ἑνὸς ὁρίου καὶ δύνανται νὰ μορφοποιηθοῦν, ἀλλὰ διὰ περαιτέρω θερμάνσεως σκληρύνονται. Ἀφοῦ σκληρυνθοῦν αἱ συνθετικαὶ αὐταὶ ὕλαι, δὲν δύνανται διὰ νέας θερμάνσεως νὰ καταστοῦν ἐκ νέου πλαστικαί. Ἂν ἐπιμείνωμεν εἰς τὴν θέρμανσιν, εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν ἀπανθράκωσιν τῆς συνθετικῆς αὐτῆς ὕλης, ἀλλὰ οὐδέποτε θὰ τὴν καταστήσωμεν ἐκ νέου εὔπλαστον (σχ. 37 · 2 ε).

γ) *Δομὴ ἐν εἴδει πλέγματος.*

Τρίτον εἶδος δομῆς τοῦ μορίου εἶναι ἡ δομὴ ἐν *εἴδη πλέγμα-*

τος, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν σύνδεσιν μεμονωμένων θέσεων νηματοειδῶν μορίων. Ἡ δομὴ αὐτὴ εἶναι εὐκόλως παραμορφώσιμος, εἶναι ὅμως συνεκτικὴ καὶ διὰ τοῦτο προκαλεῖ τὴν χαρακτηριστικὴν ἐλαστικότητα τοῦ καουτσούκ, τὸ ὁποῖον ἔχει ὑποστῆ βουλκανισμὸν (σχ. 37·2 στ).

37·3 Διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῶν συνθετικῶν ὑλῶν.

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 δοθῆ πληρεστέρα εἰκών.

Α. **Ἀρχιτεκτονική.**

Εἰς πολλὰς χώρας γίνεται ἤδη εὐρυτάτη χρῆσις πλαστικῶν διὰ κατασκευὴν ἑτοίμων θυρῶν καὶ παραθύρων μὲ πολὺ καλυτέρας ἰδιότητας ἀπὸ τὰ συνήθη ἐκ ξύλου καὶ μὲ ἀνταγωνιστικὸν κόστος.

Β. **Βιομηχανία ἠλεκτρικῶν καὶ ἠλεκτρονικῶν εἰδῶν.**

Λόγω τῶν ἀρίστων διηλεκτρικῶν καὶ λοιπῶν σταθερῶν αὐτῶν, τὰ πλαστικὰ χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα εἰς τὴν βιομηχανίαν ἠλεκτρικῶν καὶ ἠλεκτρονικῶν εἰδῶν διὰ μονώσεις, ἐπενδύσεις κ.λπ., ἀκόμη δὲ καὶ εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἀντιδραστῆρας.

Γ. **Οἰκιακαὶ ἐφαρμογαί.**

Τὰ πλαστικὰ χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα ὡς ἐξαρτήματα εἰδῶν οἰκιακοῦ ἐξοπλισμοῦ δι' εἴδη λουτήρων, ἐπενδύσεις ἐπιφανειῶν ἐπίπλων, ταπετσαρίας, ὑποκατάστασιν ξυλίνων τεμαχίων ἐπίπλων κ.λπ.

Δ. **Ἰατρικαὶ ἐφαρμογαί.**

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 ἁλματώδης διάδοσις τῶν πλαστικῶν εἰς τὴν συσκευασίαν

συνέβαλεν εἰς τὴν διάδοσιν τῆς τυποποιήσεως τῶν ἀγαθῶν καὶ ἰδίως τῶν τροφίμων καθὼς καὶ τὴν ἐξάπλωσιν τῆς χρήσεως τῶν κατεψυγμένων τροφίμων.

ΣΤ. **Ὑφάσματα.**

Διὰ τοῦ νάυλον, τῶν πολυεστέρων καὶ τοῦ πλήθους τῶν διαφόρων συνδυασμῶν συνθετικῶν καὶ φυσικῶν ὑφανσίμων ἰνῶν παράγονται ὑφάσματα μὲ ἰδιότητας καλυτέρας τῆς μετάξης καὶ τοῦ ἐρίου 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 εἴδη σπὸρ (ὡς ρακέττας, βατραχοπέδιλα, καλάμια ψαρέματος κ.λπ).

Η. **Μεταφοραί.**

Ἡ διάδοσις τῶν πλαστικῶν εἰς τὴν βιομηχανίαν αὐτοκινήτου, ἀεροπλάνου, εἰς τὴν ναυπηγικήν, εἰς τοὺς σιδηροδρόμους καὶ τὰ λοιπὰ μέσα μεταφορᾶς θὰ κατανοηθῆ καλύτερον εἰς τὸ ἑπόμενον κεφάλαιον, ὅπου ἐξετάζονται αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν πλαστικῶν εἰς τὰς μηχανολογικὰς κατασκευάς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 38

ΑΙ ΣΥΝΘΕΤΙΚΑΙ ΥΛΑΙ ΔΙΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣ

38 · 1 Ὑποδιαίρεσις τῶν συνθετικῶν ὑλῶν, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς.

Αἱ συνθετικαὶ ὕλαι αἱ χρησιμοποιούμεναι διὰ μηχανολογικὰς κατασκευὰς ὑποδιαιροῦνται εἰς κατηγορίας ἀναλόγως: α) *τοῦ σκοποῦ*, διὰ τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται καὶ β) *τοῦ τρόπου*, μὲ τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται.

Διὰ τὴν ὑποδιαίρεσιν αὐτὴν εἰς κατηγορίας ἀναλόγως τοῦ *σκοποῦ* λαμβάνονται ὑπ' ὄψιν βεβαίως αἱ διάφοροι ἰδιότητες, τὰς ὁποίας παρουσιάζουν αἱ συνθετικαὶ ὕλαι. Ἐπομένως διὰ τὰς ὕλας π.χ. αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν βιομηχανίαν ἠλεκτρικῶν εἰδῶν λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας, τὴν ἀντοχὴν εἰς τὰς διαφόρους θερμοκρασίας καὶ κυρίως τὰς ἠλεκτρικὰς ἰδιότητάς των, ὥστε νὰ εἶναι κατάλληλοι διὰ τὸν σκοπὸν διὰ τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται.

Διὰ τὴν ὑποδιαίρεσιν εἰς κατηγορίας ἀναλόγως τοῦ *τρόπου* χρησιμοποιήσεως ἐξετάζομεν ἂν αἱ ὕλαι χρησιμοποιοῦνται ὑπὸ μορφὴν καθαρᾶς συνθετικῆς ὕλης ἢ ἐν ἀναμίξει μὲ ἄλλας ὕλας· εἶναι δυνατὸν νὰ διαποτισθοῦν ταινίαι χάρτου ἢ ὑφάσματος ἢ νὰ ἐπιστρωθοῦν πλαστικαὶ ὕλαι ἐπὶ καπλαμάδων ὀξυᾶς.

Διακρίνομεν ἐπομένως τὰς ἑξῆς κατηγορίας, ἀναλόγως τοῦ τρόπου χρησιμοποιήσεως:

α) Καθαραὶ συνθετικαὶ ὕλαι. β) Συνθετικαὶ ὕλαι ἐν ἀναμίξει. γ) Συνθετικαὶ ὕλαι εἰς στρώσεις.

38 · 2 Ἀναγνώρισις τοῦ εἴδους μιᾶς συνθετικῆς ὕλης.

Α. **Ἐκ τῆς πυκνότητος.**

Ἐκ τῆς πυκνότητος εἰς g/cm^3 εἶναι δυνατὸν νὰ ἀναγνωρίσωμεν μίαν συνθετικὴν ὕλην ὡς ἑξῆς:

ἕως 1,0 : πολυπροπυλένιον, πολυαιθυλένιον, πολυϊσοβουτυλένιον, καουτσοὺκ ἄνευ ξένων προσθηκῶν ἐντὸς αὐτῶν.

1,0 ἕως 1,2: πολυστυρένιον ἀναμεμιγμένον μὲ ξένας ὕλας, καουτσούκ, αἰθέρες κυτταρίνης, πολυμεθακρυλικαὶ ἑνώσεις, πολυανθρακικαὶ ἑνώσεις.

1,2 ἕως 1,4: πολυβινυλοχλωρίδιον, πολυβινυλεστέρες, εἴδη βακελίτου, βακελῖται μετὰ ὀργανικῶν ὑλῶν ἐμπλησμοῦ.

1,4 ἕως 1,5: πλαστικὰ οὐρίας μετὰ ὀργανικῶν ἑνώσεων ἐμπλησμοῦ.

1,5 ἕως 1,8: πεπιεσμέναι ὕλαι μετὰ ἀνοργάνων ὑλῶν ἐμπλησμοῦ, πολυβινυλιδενοχλωρίδιον, χλωριωμένον καουτσούκ.

1,8 ἕως 1,9: πολυεστερικαὶ ρητῖναι, ὠπλισμέναι δι' ὑαλοβάμβακος, σιλικόναι μετὰ ὑφάσματος ἐξ ἰνῶν ὑάλου.

ἄνω τοῦ 2,0: πολυτετραφθοριοαιθυλένιον, πολυτριφθοριομονοχλωριοαιθυλένιον.

Β. **Διὰ δοκιμῆς καύσεως.**

Ἡ ἐξεταζομένη ὕλη φέρεται κατ' ἀρχὰς εἰς τὴν φλόγα ἑνὸς 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 ὑλῶν (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 ὑλῶν.

38 · 3 Ἰδιότητες τῶν συνθετικῶν ὑλῶν.

Εἰς τοὺς Πίνακας 38 · 3 · 1 καὶ 2 παρέχονται αἱ τιμαὶ διαφόρων ἰδιοτήτων τῶν πλαστικῶν. Αἱ τιμαὶ αὐταὶ καθωρίσθησαν ὑπὸ ὡρισμένας προτύπους πειραματικὰς συνθήκας. Δὲν εἶναι ὀρθὸν νὰ γίνεται ἀναγωγὴ τῶν ὡς ἄνω τιμῶν διὰ νὰ συγκριθοῦν πρὸς τιμάς, αἱ ὁποῖαι λαμβάνονται ὑπὸ ἄλλας πειραματικὰς συνθήκας.

Αἱ συνθετικαὶ ὕλαι, λόγω τῆς ἱκανότητός των νὰ προσροφοῦν καὶ νὰ συγκρατοῦν τὰ λιπαντικὰ ἔλαια, εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις εἶναι κατάλληλοι διὰ κατασκευὴν μὴ λιπαινομένων ἐδράνων. Ἔδρανα ἐλάστρων κατεσκευασμένα ἐκ συνθετικῶν ὑλῶν συγκρινόμενα μὲ ἄλλα ἐξ ὀρειχάλκου ἔδωσαν ἄριστα ἀποτελέσματα (μακρότερος χρόνος ζωῆς, καλυτέρα ἀπόδοσις).

ΠΙΝΑΞ 38·2·1

Χαρακτηριστικὰ καύσεως συνθετικῶν ὑλῶν

Συνθετικὴ ὕλη	Ἱκανότης ἀναφλέξεως	Ὄψις τῆς φλογός	Συμπεριφορὰ τῆς συνθετικῆς ὕλης	Ὀσμὴ
συμπεπιεσμένον ὑλικὸν ἐκ φαινολικῆς ρητίνης	ἀναφλέγεται δυσκόλως, αὐτοσβέννυται	κιτρίνη	διογκοῦται, σχίζεται	καρβονικοῦ ὀξέος, ἀμμωνίας
χαρτόνιον μετὰ ἐπιστρώσεως φαινολικῆς ρητίνης	ἀναφλέγεται μετρίως, συνεχίζει καιόμενον	κιτρίνη, αἰθαλίζουσα	διογκοῦται, σχίζεται	καρβονικοῦ ὀξέος, χάρτου
συμπεπιεσμένον ὑλικὸν ἐκ ρητίνης οὐρίας	ἀναφλέγεται δυσκόλως, ἀποσβέννυται	κιτρίνη μετὰ κυανοπρασίνου περιθωρίου, λευκὴ τέφρα	διογκοῦται, σχίζεται	οὐρίας καὶ ἀμμωνίας
συμπεπιεσμένον ὑλικὸν ἐκ ρητίνης μελαμίνης	ἀναφλέγεται δυσκόλως, ἀποσβέννυται	ἀνοικτὴ κιτρίνη	διογκοῦται, σχίζεται	προσομοιάζουσα πρὸς τὴν τῆς οὐρίας
ρητίνη ἀνιλίνης	ἀναφλέγεται εὐκόλως, συνεχίζει καιόμενον	κιτρίνη μετὰ σπινθήρων, αἰθαλίζουσα	μαλακώνει, διογκοῦται	ἀνιλίνης καὶ φορμαλδεΰδης
ρητίνη πολυεστέρος	ἀναφλέγεται εὐκόλως, συνεχίζει καιόμενον	κιτρινέρυθρον, ἐντόνως αἰθαλίζουσα	μαλακώνει, σχίζεται	στυρενίου καὶ καμένου λίπους
σκληρὸν ἐλαστικὸν	ἀναφλέγεται εὐκόλως, συνεχίζει καιόμενον	ἐρυθροκιτρίνη ἐντόνως αἰθαλίζουσα, σχηματισμὸς σπινθήρων	διογκοῦται, ἐξανθρακοῦται, ἀποβάλλει ἔλαιον	καμένου ἐλαστικοῦ
τεχνητὸν κέρας	ἀναφλέγεται δυσκόλως, ἀποσβέννυται	κιτρίνη, τεφρὸς καπνός	διογκοῦται, ἐξανθρακοῦται	καμένου κέρατος
πολυαμίδη	ἀναφλέγεται δυσκόλως, ἀποσβέννυται	κυανὴ μετὰ κιτρίνης κορυφῆς	τήκεται, στάζει μετὰ σχηματισμοῦ φυσαλλίδων, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἰξώδεις	προσομοιάζουσα πρὸς ὀσμὴν καμένου κέρατος
πολυουρεθάνη	ἀναφλέγεται εὐκόλως, συνεχίζει καιόμενον	κυανίζουσα μετὰ κιτρίνου περιθωρίου	στάζει, σχηματίζουσα φυσαλλίδας	λίαν δυσάρεστος ἀποπνικτικὴ (ἰσοκυανικαὶ ἐνώσεις,

νιτρικὴ κυτταρίνη	ἀναφλέγεται πολὺ εὐκόλως, κατακαίεται ζωηρῶς	κιτρίνη	κατακαίεται πλήρως	ἄοσμος καπνός
ὀξικὴ κυτταρίνη	ἀναφλέγεται μετρίως, συνεχίζει καιόμενον	σκοτεινὴ κιτρίνη	τήκεται, σταγόνες καίονται περαιτέρω	ὀξικοῦ ὀξέος
ἀκετοβουτυρικὴ κυτταρίνη	ἀναφλέγεται μετρίως, συνεχίζει καιόμενον	κιτρίνη φωτεινὴ αἰθαλίζουσα	στάζει	βουτυρικοῦ ὀξέος καὶ καμένου χάρτου
βενζυλοκυτταρίνη	ἀναφλέγεται εὐκόλως, συνεχίζει καιόμενον	φωτεινὴ αἰθαλίζουσα	τήκεται	πικραμυγδάλου καὶ καμένου χάρτου
πολυαιθυλένιον καὶ πολυπροπυλένιον	ἀναφλέγεται εὐκόλως, συνεχίζει καιόμενον	εἰς τὸ κατώτερον μέρος κυανῆ, εἰς τὸ ἀνώτερον κιτρίνη	μαλακώνει καὶ στάζει	παραφίνης
πολυστυρένιον	ἀναφλέγεται εὐκόλως, συνεχίζει καιόμενον	κιτρινέρυθρος, πλησίον τῶν νιφάδων αἰθαλίζουσα	μαλακώνει	στυρενίου
πολυβινυλοχλωρίδιον (PVC)	ἀναφλέγεται πολὺ δυσχερῶς, ἀποσβέννυται	κιτρίνη, μετὰ χαλκίνου σύρματος πρασίνη	μαλακώνει	ὑδροχλωρικοῦ ὀξέος, τυπικὴ συνοδεύουσα ὀσμή
ὀξικὸς πολυβινυλεστὴρ	ἀναφλέγεται εὐκόλως, συνεχίζει καιόμενον	σκοτεινὴ κιτρίνη, σπινθῆρες μετὰ αἰθαλιζουσῶν νιφάδων	μαλακώνει	ὀξικοῦ ὀξέος καὶ στυρενίου
πολυβινυλοκαρβαζόλη	ἀναφλέγεται εὐκόλως, συνεχίζει καιόμενον	κιτρίνη ἐντόνως αἰθαλίζουσα	μαλακώνει	ἀρωματικὴ ἰδιάζουσα
πολυακρυλεστέρες	ἀναφλέγεται εὐκόλως, συνεχίζει καιόμενον	κιτρίνη μετὰ κυανοῦ περιθωρίου μέλανος καπνοῦ καὶ σπινθήρων	μαλακώνει, δὲν στάζει, κατακαίεται ἄνευ ὑπολειμμάτων	ἐντόνως ἀρωματικὴ
πολυτετραφθοριοαιθυλένιον	δὲν ἀναφλέγεται	—	δὲν μαλακώνει	ἄοσμον
πολυανθρακικαὶ ἑνώσεις	ἀναφλέγεται δυσκόλως, ἀποσβέννυται	φωτεινὴ αἰθαλίζουσα	ἐξανθρακοῦται σχηματίζουσα φυσαλλίδας	φαινόλης
Σιλικόναι	ἀναφλέγεται πολὺ δυσχερῶς, ἀποσβέννυται	κιτρίνη, ὀλίγον καπνίζουσα	μαλακώνει, σχηματίζουσα λευκὴν τέφραν	ἀσθενὴς
βουλκανισμένον Fiber	ἀναφλέγεται δυσχερῶς, συνεχίζει καιόμενον	κιτρίνη μετὰ ἐρυθροῦ περιθωρίου	διογκοῦται, διασπᾶται εἰς στρώσεις	καμένου χάρτου

Ἡ ἱκανότης ἀποσβέσεως κρούσεων ἢ ταλαντώσεων, τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν αἱ συνθετικαὶ ὕλαι εἶναι ἀνωτέρα τῆς ἀναλόγου ἱκανότητος τῶν μετάλλων κατὰ περισσότερον τοῦ 100πλασίου, καὶ ὡς ἐκ τούτου ὀδοντωτοὶ τροχοὶ ἐκ πολυαμιδῶν (νάυλον) καὶ ἄλλων συνθετικῶν ὑλῶν λειτουργοῦν μὲ πολὺ μικρότερον θόρυβον παρ' ὅσον ἀντίστοιχοι ἐκ μετάλλου.

Ἂν διαιρέσωμεν τὸ εἰδικὸν βάρος ἑκάστου ὑλικοῦ διὰ τοῦ εἰδικοῦ βάρους τοῦ ὕδατος, ὁρίζομεν ἕνα 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 ἑκάστου 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 ὑπ' ὄψιν 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 $\sigma_b = 100$ kp/mm²
2. Ντουραλουμίνιον $\sigma_b = 46$ kp/mm²
3. Συνθετικὴ ρητίνη ἐπὶ καπλαμᾶ $\sigma_b = 25$ kp/mm²

Ἀντοχὴ τοῦ ὑλικοῦ διηρημένη διὰ τοῦ εἰδικοῦ συντελεστοῦ

1. Συνθετικὴ ρητίνη ἐπὶ καπλαμᾶ $\sigma_b = 19$ kp/mm²
2. Ντουραλουμίνιον $\sigma_b = 16$ kp/mm²
3. Χάλυψ $\sigma_b = 12{,}8$ kp/mm²

38 · 4 Διάδοσις τῶν συνθετικῶν ὑλῶν διὰ μηχανολογικοὺς σκοπούς.

Αἱ συθετικαὶ ὕλαι σήμερον εἶναι πλέον ἐξειδικευμέναι παρ' ὅσον κατὰ τὸ παρελθόν. Ἀντὶ ὀλίγων βασικῶν συνθετικῶν ὑλῶν διὰ τὴν βιομηχανίαν τῶν πλαστικῶν, οἱ παραγωγοὶ παράγουν πολὺ μεγαλυτέραν ποικιλίαν συνθετικῶν ὑλῶν, ἑκάστην προσηρμοσμένην εἰς τὰς ἀνάγκας εἰδικῶν ἐφαρμογῶν.

ΠΙΝΑΞ 38.3.1

Μηχανικαὶ καὶ φυσικαὶ ἰδιότητες τῶν συνθετικῶν ὑλῶν

Ὑλικόν				Φαινόμενον εἰδικὸν βάρος	Ὅριον θραύσεως	Εἰδικὴ ἐπιμήκυνσις θραύσεως	Μῆκος ἀντέχου εἰς ἴδιον βάρος	Μέτρον ἐλαστικότητος	Σκληρότης κατὰ Brinell	Δυσθραυστότης	Συντελεστὴς θερμικῆς διαστολῆς	Συντελεστὴς μεταφορᾶς θερμότητος	Εἰδικὴ θερμότης	Ἀντοχὴ διατηρήσεως τοῦ σχήματος κατὰ Martens	Ἀντοχὴ εἰς θέρμανσιν
				g/cm³	kp/mm²	%			kp/mm²	kpcm/cm²				°C	
		Συνθετικὴ ὕλη	Ὑλη ἐμπλησμοῦ ἢ φορεὺς τῆς συνθετικῆς ὕλης Τύπος	DIN 1306 53479	DIN 53371 53455 53504	DIN 53504 53455	km	kp/mm²	DIN 53456	DIN 53453	[10^{-6}/°C]	kcal/m h °C	cal/g °C	DIN 53458 53462	Κλίμαξ ἀξιολογήσεως
θερμοσκληρυνόμενα ὕλαι	φαινοπλάσται		οὐδεμία (καθαρὰ ρητίνη χυτεύσεως)	1,27 - 1,35	3,5 - 8,4	–	2,7 - 6,4	350 - 380	13	25 - 30	23 - 96	0,11 - 0,24	0,20 - 0,25	55	3
			οὐδεμία (καθαρὰ ρητίνη πρὸς συμπίεσιν)	1,27 - 1,35	4,2 - 6,3	0,7	0,2 - 4,8	500 - 700	–	5 - 25			–	–	3
			ἄλευρον πετρωμάτων	1,7 - 2,1	3	–	1,7	900 - 1500	18	3,5	15 - 30	0,27	–	150 - 180	4
			ἶνες ἀμιάντου 11	1,7 - 2,1	3	0,2	1,7	900 - 1500	15	3,5 - 5	15 - 30	0,27	0,28 - 0,32	150 - 180	4
		φαινόλη - φορμαλδεΰδη	κορδόνια ἀμιάντου 16	1,7 - 2,1	3,5	–	1,9	900 - 1500	15	15 - 18	15 - 30	0,27	–	150 - 180	4
			ξυλάλευρον (βραχυΐνων) 30	1,3 - 1,4	4	0,5	3	550 - 800	13	5 - 7	30 - 60	0,27	–	100	2
			ξυλάλευρον (βραχυΐνων) 31	1,3 - 1,4	4	0,5	3	550 - 800	13	6 - 7	30 - 50	0,27	0,35 - 0,38	125 - 140	3
			τεμαχίδια ξύλου 54	1,4	4	–	3	–	13	8 - 10	10 - 30	0,27	–	125 - 150	3
			τεμαχίδια ὑφάσματος 74	1,36 - 1,4	4	0,4	2,9	–	13	12 - 20	10 - 40	0,26	–	125 - 140	2
			λωρίδες χάρτου HP 2061	1,35 - 1,42	12 - 15	–	8,7 - 10,8	800 - 1000	13	25	10 - 25	0,25	0,37	–	2 - 3
			λωρίδες ὑφάσματος Hgw 2081,5	1,35 - 1,42	5	–	3,6	600 - 20	13	25	10 - 25	0,30	0,4	–	2
			ταινίες καπλαμᾶ PSCHKLA	1,35 - 1,42	25	1,3	18 - 21,6	2500	–	92	–	0,26	–	150	1
		φαινόλη - φουρφουρόλη	ἀνόργανα ὑλικά	1,6 - 2,0	3,5 - 7	–	1,9 - 3,9	700 - 1300	–	–	20	0,36 - 0,75	–	135 - 145	4
			ξυλάλευρον (βραχυΐνων)	1,3 - 1,4	4,2 - 7,7	–	3,1 - 5,7	700 - 1700	–	–	30	0,13 - 0,18	–	130 - 140	3
			τεμαχίδια ὑφάσματος	1,3 - 1,4	4,5 - 5,6	–	3,3 - 4,2	500 - 850	–	–	25	0,18 - 0,29	–	–	3
	ἀμινοπλάσται	οὐρία μελαμίνης 131,5	ξυλάλευρον (βραχυΐνων)	1,45 - 1,5	4	0,4	2,7	500 - 1000	15	5 - 7	15 - 50	0,26 - 0,31	0,4	100 - 120	3
		» 150	ξυλάλευρον (βραχυΐνων)	1,45 - 1,55	4	–	2,7	800 - 900	17	6 - 7	–	0,30	–	120 - 140	3 - 4
		» 152	ἶνες κυτταρίνης	1,55	5	0,6	3,2	700 - 770	19	7	50 - 80	0,12 - 0,30	–	135 - 140	4
		» 156	ἶνες ἀμιάντου	1,7 - 2,0	4 - 5	0,4	2,4 - 3,0	1125	17	3,5 - 4	20 - 45	0,47 - 0,60	–	140 - 150	4
	ἀκόρεστοι συνθετικαὶ ὕλαι πολυεστέρες		κορδόνια ὑαλοβάμβακος	1,9	84	–	4,4	4200	–	156	7	0,37	–	110 - 140	–
			ὑφάσματα ὑαλοβάμβακος	1,7 - 1,9	18 - 35	–	10 - 19	1400 - 2100	15	56	10	0,25	–	110 - 140	–
			ὑφάσματα ὑαλοβάμβακος	1,7	10	–	5,9	–	–	40 - 100	–	–	–	160 - 200	–
			τεχνητὸν κέρας	1,35	9	–	–	–	–	–	–	–	–	55	2 - 3
	ἀνιλίνη		οὐδεμία (καθαρὰ συνθετικὴ ὕλη, πρὸς συμπίεσιν)	1,2 - 1,25	7	–	5,7	450	13	30	80	0,15	–	105	4
θερμοπλάσται	παράγωγα αἰθυλενίου		πολυαιθυλένιον (πολυαιθυλένιον ὑψηλῆς πιέσεως)	0,92	1,2 - 1,4	50 - 550	1,3 - 1,5	120	–	10 - 25	45	–	0,55	–	1
			» (πολυαιθυλένιον χαμηλῆς πιέσεως)	0,94	1,9	–	2,0	–	3,1 - 3,4	–	200	0,3	–	–	1
			πολυπροπυλένιον (ἰσοτακτικόν)	0,90 - 0,94	3	> 650	3,3	110 - 190	6,2	–	103	0,36	0,4	40	1
			πολυστυρένιον III	1,05	6	1 - 3,5	5,7	240	11,5	–	180 - 210	0,26	0,32	70	1
			» VI	1,05	6,5	–	6,2	250	10,5	20	60 - 80	0,12	0,32	76	1
			» cF	1,05	6,5	–	6,2	220	10,5	25	60 - 80	0,12	0,32	75	1
			» (στυρένιον, βουταδιένιον συμπολυμερῆς) 441	1,06	4	–	3,8	220	9,5	30	60 - 80	0,12	–	70	1
			» (συμπολυμερῆς στυρενίου/ἀκρυλονιτριλίου /βινυλοκαρβαζόλης) EH	1,09	7	–	6,4	280	11	60	80 - 100	0,12	–	87	1
			» (συμπολυμερῆς στυρενίου/ἀκρυλονιτριλίου) 51	1,08	7,5	–	6,9	260	12	35	60 - 80	0,13	–	77	1
			ἑστέρες πολυμεθακρυλικοῦ ὀξέος	1,18	7,8	1 - 4	6,6	280 - 420	20	35	60 - 80	0,13	0,35	80	1
			ἑστέρες πολυακρυλικοῦ ὀξέος	1,18	–	–	–	–	–	20	70	0,16	–	69	1
			πολυβινυλοκαρβαζόλη	1,19	–	–	–	–	10	30	85	0,16	0,28 - 0,29	150 - 170	2
			πολυβινυλοχλωρίδιον	1,38	5 - 6	20 - 100	3,6 - 4,3	150	10	5	40 - 57	0,22	0,23 - 0,28	60 - 70	2
			» (συμπολυμερῆς βινυλοχλωριδίου/ ὀξικοῦ βινυλεστέρος)	1,34	5 - 6	22	3,7 - 4,5	–	9,5	50 - 240	60 - 80	0,13	–	69 - 70	2
			πολυμηλονοξειδίον	1,425	7	15 - 75	4,9	287	–	100	80	0,18	0,33	–	–
			πολυανθρακικαὶ ἐνώσεις	1,2	6,2 - 6,7	–	5,2 - 5,6	220 - 250	9 - 10	–	81	0,2	0,28	115 - 127	–
	παράγωγα κυτταρίνης		ὀξικὴ κυτταρίνη A μαλακή	1,32	5,3	6 - 70	4,0	150	7,5	–	60	0,17	0,3 - 0,42	50	1
			» μέση	1,33	8	–	6,0	190	10	40	92	0,22	0,3 - 0,42	55	1
			» σκληρὰ	1,34	9,4	–	7,0	220	11	30	86	0,21	0,3 - 0,42	63	1
			» μεγαλυτέρου βαθμοῦ ἱστεροποιήσεως S	1,29	7,4	4 - 55	5,7	210	9	12	76	0,20	0,3 - 0,42	72	1
			ἀκετοβουτυρικὴ κυτταρίνη B	1,20	4,3	40 - 88	3,6	170	6	80	97	0,17	0,3 - 0,4	64	1
			νιτρικὴ κυτταρίνη	1,38	6 - 7	40 - 45	4,3 - 5,1	250	7	120	104	0,17	0,3 - 0,4	40	0
			αἰθυλικὴ κυτταρίνη	1,14	5 - 6	10 - 40	4,4 - 5,3	140 - 286	6,5 - 7,5	100 - 265	105 - 160	0,11 - 0,19	0,3 - 0,75	55 - 65	1
			βενζυλοκυτταρίνη	1,22	4	–	3,3	250	7	–	100 - 160	0,20	–	55	1
			πολυαμίδη A	1,13	8,5	40	7,5	275	10	–	100	0,17	0,4 - 0,5	65	1
			» S	1,07	6	230	5,6	190	7	–	90 - 100	0,20 - 0,22	0,4 - 0,5	–	1
			» BM	1,12	8	100	7,1	250	9,5	–	80 - 100	0,18 - 0,20	0,4 - 0,5	–	1
			πολυουρεθάνη U_0	1,21	–	–	–	102	6,5	–	90 - 100	0,23 - 0,25	0,5	45	1
			» U_{20}	1,21	5	80	41	71	4,5	–	110 - 130	0,3	0,5	42	1
											190	0,3			
	φθοριωμένων ὑδρογονάνθρακες		πολυτριφθοριομονοχλωροαιθυλένιον	2,1 - 2,2	3 - 5	10 - 80	1,4 - 2,3	130 - 200	–	–	55 - 70	0,05 - 0,14	0,22	–	–
			πολυτετραφθοριοαιθυλένιον	2,2	1,2	110	0,54	40	1,5	–	55 - 100	0,14 - 0,22	0,25	130	–
ἐλαστομερῆ			πολυχλωροβουταδιένιον (νεοπρένιον)	1,24	2,25	950	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			συμπολυμερῆς βουταδιενίου/στυρολίου (Buna S)	1,2	2,2	600	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			συμπολυμερῆς βουταδιενίου/ἀκρυλονιτριλίου (Perbunan)	1,2	2,2	600	–	–	–	–	–	–	–	–	–
τροποποιημέναι φυσικαὶ ὕλαι			βουλκανισμένον Fiber Pertinax	1,1 - 1,45 1,2 - 1,4	5 - 12 2 - 7	–	3,9 - 9,4 1,5 - 5,4	500 –	8 - 14 –	120 - 190 –	– –	0,18 - 0,29 –	0,4 –	70 –	– –

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

ΠΙΝΑΞ 38·3·2

Ἠλεκτρικαὶ καὶ λοιπαὶ φυσικαὶ καὶ χημικαὶ ἰδιότητες τῶν συνθετικῶν ὑλῶν

Ὑλικόν					Ἠλεκτρικαὶ ἰδιότητες								Φυσικαὶ καὶ χημικαὶ ἰδιότητες										
					Εἰδικὴ ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις	Διηλεκτρικὴ σταθερὰ εἰς			Διηλεκτρικαὶ ἀπώλειαι εἰς			Πεδιακὴ ἰσχὺς ἐκκενώσεως	Δείκτης διαθλάσεως	Μεταβολαὶ λόγω ἐπιδράσεως τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς	Πρόσληψις ὕδατος μετὰ 7 ἡμέρας εἰς		Ἀντοχὴ (ναυτ.							
															α) mg/dm²		διαλυμάτων ὀξέων		διαλυμάτων ἀλκαλίων		ἀθλιότητος ἀλκαλ.	βενζίνης	ὀρυκτελαίου
															β) %		ἀραιῶν	πυκνῶν	ἀραιῶν	πυκνῶν			
		Συνθετικὴ ὕλη	Ὕλη ἐμπλησμοῦ ἢ φορεὺς τῆς συνθετικῆς ὕλης	Τύπος	DIN 53482 VDE 0303		DIN 53483 VDE 0303		DIN 53483 VDE 0303			DIN 53481 VDE 0303											
θερμοσκληρυνόμεναι ὕλαι	φαινοπλάσται	φαινόλη-φορμαλδεΰδη	οὐδεμία (καθαρὰ ρητίνη χυτεύσεως)		10^{9} - 10^{14}	—	8	6,8	—	75	80	10	1,63	ἀποχρωματισμόν	α)	135	b	b	u	u	u	b	b
			οὐδεμία (καθαρὰ ρητίνη πρὸς συμπίεσιν)		10^{12}	—	4,3	4,6	—	47	27	8	1,63	»	α)	50	b	b	m	m	u	b	b
			ἄλευρον πετρωμάτων	11	10^{9} - 10^{11}	—	10	7	—	100	80	5 - 10	—	—	α)	50	b	b	m	m	u	b	b
			ἶνες ἀμιάντου	12	10^{9} - 10^{11}	12	6 - 20	6 - 10	—	30 - 300	20 - 100	5 - 15	—	—	α)	50	b	b	m	m	u	b	b
			κορδόνια ἀμιάντου	16	10^{9} - 10^{11}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	α)	60	b	b	m	m	u	b	b
			ξυλάλευρον (βραχύϊνον)	30	10^{10} - 10^{13}	—	—	—	—	—	—	—	—	καθίσταται σκοτεινόν	α)	200	b	b	m	m	u	b	b
			ξυλάλευρον (βραχύϊνον)	31	10^{10} - 10^{12}	—	9	6,2	—	70	35 - 50	15 - 20	—	—	α)	200	b	b	m	m	u	b	b
			τεμαχίδια ξύλου	54	10^{9} - 10^{12}	—	6 - 10	6 - 9	—	40 - 100	40 - 70	8 - 15	—	—	α)	600	b	b	m	m	u	b	b
			τεμαχίδια ὑφάσματος	74	10^{9} - 10^{13}	—	6 - 10	6 - 9	—	40 - 100	40 - 70	8 - 15	—	ἐλάττωσις τῆς ἐπιφανειακῆς ἀντοχῆς	α)	500	b	b	m	m	u	b	b
			λωρίδες χάρτου	Hgw 2801,5	10^{10}	—	6	4 - 6	—	100	20 - 50	1,5 - 52	—	—	α)	1600	b	b	m	m	u	b	b
			ταινίαι καπλαμᾶ	PSCHKLA	10^{9}	5 - 7	—	4,5 - 7	50 - 60	100	20 - 80	—	—	—	α)	440	b	b	m	m	u	b	b
					10^{10}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	α)	4000	b	b	m	m	u	b	b
		φαινόλη-φουρφουρόλη	ἀνόργανα ὑλικά		10^{9} - 10^{11}	—	4,8	6 - 7,5	—	40 - 150	35 - 100	1,6 - 2,4	—	καθίσταται ὀλίγον σκοτεινόν	—		b	m	m	u	u	b	b
			ξυλάλευρον (βραχύϊνον)		10^{10} - 10^{12}	—	4,5 - 80	6 - 18	—	100 - 150	40 - 100	1 - 2	—	—	—		b	m	m	u	u	b	b
			τεμαχίδια ὑφάσματος		10^{9} - 10^{11}	—	4,5 - 6	5 - 7,5	—	80 - 200	35 - 100	1 - 2	—	—	—		b	m	m	u	u	b	b
	ἀμινοπλάσται	οὐρία μελαμίνης	ξυλάλευρον (βραχύϊνον)	131.5	10^{13} - 10^{14}	6,6	—	6	20 - 34	20 - 30	10 - 30	2,8 - 2,9	1,57	οὐδεμία	α)	140	b	u	m	u	u	b	b
		»	ξυλάλευρον (βραχύϊνον)	150	—	—	—	—	—	—	20 - 80	—	—	μικρὰ	α)	200 - 250	m	u	b	u	u	b	b
		»	ἶνες κυτταρίνης	152	10^{12} - 10^{14}	6,2 - 7,6	6,2 - 7,5	4,7 - 7	32 - 60	13 - 100	20 - 80	10	—	μεταβολὴ χρώματος	α)	200 - 300	b/m	u	b	u	u	b	b
		»	ἶνες ἀμιάντου	156	10^{11}	6,11 - 10,2	9	6,1 - 6,7	70 - 117	70	50 - 140	—	—		α)	50 - 60	b	u	b	b	b	b	b
	ἀκόρεστοι συνθετικαὶ ὕλαι		κορδόνια ὑαλοβάμβακος		—	—	—	—	—	—	—	—	—	ἐπιφανειακή		—	m	u	u	u	b	b	—
	πολυεστέρες		ὑφάσματα ὑαλοβάμβακος		—	—	—	—	—	—	10 - 20	12	—			—	—	—	—	—	—	—	—
			ὑφάσματα ὑαλοβάμβακος		—	—	—	—	—	20	—	10	—	οὐδεμία δύναται νὰ		—	b/m	m	b	u	b	—	—
	σιλικόναι		τεχνητὸν κέρας		10^{5}	—	7,5	—	—	140	50	1 - 5	1,5 - 1,6	ἀποχρωματισθῇ		600	m	u	m	u	b	b	b
	Ἀνιλίνη		οὐδεμία (καθαρὰ συνθετικὴ ὕλη πρὸς συμπίεσιν)		10^{12}	3 - 4	—	—	10 - 20	—	1,5 - 2	1	—	—	α)	17 - 24	u	u	b	b	b	b	b
θερμοπλάσται	παράγωγα αἰθυλενίου	πολυαιθυλενίων (πολυαιθυλενίων ὑψηλῆς πιέσεως)			10^{16}	2,3	2,3	2,3	0,4	0,4	0,4	60	1,51	τριχοειδεῖς ρωγμαί (*)	α)	0	b/m	b/m	b	u	b	m	u
		» (πολυαιθυλενίων χαμηλῆς πιέσεως)			10^{16}	—	2,3	—	—	0,5 - 1	—	60	1,51	»	α)	0	b/m	b/m	b	u	b	m	u
		πολυπροπυλένιον (ἰσοτακτικὸν)			10^{18}	2,25	2,25	2 - 2,25	0,5	0,8	0,1 - 0,5	70	1,49	—	α)	0	b	u	m	u	u	m	u
		πολυστυρένιον		III	10^{17}	—	2,5	—	—	0,2	—	55	1,59	ἐλαφρότης	β)	0,05	b	b	b	b	b	b	b
		»		VI	10^{17}	—	2,5	—	—	0,3	—	50	1,59	—	β)	0,1	b	b	b	b	b	b	b
		»		cF	10^{16}	—	2,5	—	—	0,7	—	50	—	ὑπὸ ὡρισμένας συνθήκας	β)	0,1	b	b	b	b	b	m	m
		»	(συμπολυμερὲς στυρενίου βουταδιενίου)	441	10^{14}	—	2,8	—	—	4	—	40	—	ἐλάττωσις τῆς ἀντοχῆς	β)	0,6	b	b	m	b	m	m	m
		»	(συμπολυμερὲς στυρενίου/ἀκρυλονιτριλίου /βινυλοακαρβαζόλης)	EH	10^{15}	—	3	—	—	10	—	40	—	—	β)	1,0	b	b	u	b	m	m	m
		»	(συμπολυμερὲς στυρενίου/ἀκρυλονιτριλίου	51	10^{14}	—	3	—	—	10	—	40	—	—	β)	0,3	b	b	u	b	b	b	b
		ἐστέρες πολυακρυλικοῦ ὀξέος			10^{13}	3,5 - 4,5	3 - 3,5	2,7 - 3,2	40 - 60	30 - 50	20 - 30	40	1,49	πολὺ μικρὰ	α)	125	b	b	u	b	b	b	b
		ἐστέρες πολυμεθακρυλικοῦ ὀξέος			10^{13}	—	3,5	—	—	40	—	15	1,5	—	β)	125 - 140	b	b	u	b	b	b	b
		πολυβινυλικαρβαζόλη			10^{13}	—	—	—	—	0,4 - 1	0,4 - 1	50	1,60	καθίστανται σκοτεινὸν	β)	10	b	b	b	b	b	b	b
		πολυβινυλοχλωρίδιον			10^{14}	4	3,4	3,4	20 - 40	20 - 40	20 - 40	50	1,54		β)	20	b	b	b	b	m	m	m
		»	(συμπολυμερὲς βινυλοχλωριδίου/ δἰκοιοῦ βινυλεστέρος)		10^{15}	—	3,5	3,2	15	15	16	20 - 60	1,53	ἐλαφρὸν θόλωμα	β)	30	b	m	b	b	m	b	b
		πολυαιθυλενοξειδίον			10^{15}	3,7	3,7	3,7	4	4	4	18	1,48		β)	0,12 (²)	b	m	b	u	u	b	b
		πολυανθρακικαὶ ἐνώσεις			10^{15}	3,0	2,9	2,7	0,7	1,3	11	100 (¹)			β)	0,36	b	m	b	u	u	b	b
	παράγωγα κυτταρίνης	ὀξικὴ κυτταρίνη Α μαλακή			10^{13}	—	5,5	4,7	—	21	82	17	1,5	μικρὰ	β)	700	m/u	u	m/u	u	m	b	b
		» μέση			10^{13}	—	5,4	4,8	—	23	71	17	1,5	»	β)	1000	m/u	u	m/u	u	m	b	b
		» σκληρὰ			10^{13}	—	5,3	4,8	—	22	65	18	1,5	»	β)	1100	m/u	u	m/u	u	m	b	b
		» μεγαλύτερου βαθμοῦ ἑστεροποιήσεως		S	10^{16}	—	4,3	4,2	—	20	37	19	1,48	»	β)	720	m/u	u	m/u	u	m	m	m
		ὑποβουτυρικὴ κυτταρίνη		B	10^{16}	—	3,5	3,5	—	10	17	21	1,475	»	β)	300	m/u	u	b	u	m	b	b
		νιτρικὴ κυτταρίνη			10^{12} - 10^{13}	—	7 - 9	—	—	100	—	30	1,5	»	β)	200	m	u	m	b	u	b	b
		αἰθυλικὴ κυτταρίνη			10^{12} - 10^{14}	—	2,5 - 3,5	2 - 3	—	5 - 15	7 - 30	60 - 100	1,47	—		—	b	u	b	u	u	b	b
		βενζυλοκυτταρίνη			10^{14}	—	3,5	3,5	—	20	100	40	—	—		32	b	u	b	u	u	b	b
		πολυαμίδη		A	10^{13}	4 - 8	4 - 7	3,5 - 4	10	20	20	50	1,53	μικρὰ μεταβολὴ χρώματος	β)	300 - 500	u	u	u	u	b/m	b	b
		»		S	10^{14}	—	—	3,3	—	—	22	50	1,53		β)	100 - 160	u	u	u	u	b/m	b	b
		»		BM	10^{13}	8	6	3,8	150	120	70	50	1,53		β)	400 - 1000	u	u	u	u	b/m	b	b
		πολυουρεθάνη		U_6	10^{14}	4	3,3	3,7	10	10	20	—	—	—	β)	100	m	m	m	m	m	m	—
		»		U_{20}	10^{14}	—	4,1	3,7	—	37	35	—	—	—	β)	150	m	m	m	m	m	m	—
	φθοριωμένοι ὑδρογ/βρακες	πολυτριφθοριομονοχλωροαιθυλένιον			10^{18}	2,3	2,8	2,5	15	24	10	20 - 30	1,43	οὐδεμία		—	b	b	b	b	b	b	b
		πολυτετραφθοριοαιθυλένιον			10^{15}	2	2	2	0,2 - 0,5	0,2 - 0,5	0,2 - 0,5	20 - 60	1,35	—		—	b	b	b	b	b	b	b
ἐλαστοχειρῆ		πολυχλωριοβουταδιενίων (νεοπρένιον)			10^{5}	—	7,5	—	—	19	—	14	—	—		—	b	b	m	b	b	m	b
		συμπολυμερὲς βουταδιενίου/στυρενίου (Bunas)			10^{8}	—	4 - 5	—	—	5	—	25	—	—		—	b	b	b				
		συμπολυμερὲς βουταδιενίου/ἀκρυλονιτριλίου (Perbunan)			10^{5}	—	18	—	—	17	—	—	—	—		—	b	m	b				
τροποποιημέναι φυσικαὶ ὕλαι		βουλκανισμένον Fiber			10^{6}	—	—	—	—	—	—	—	—	—	α)	14000	m	u	m				
		Perbspan			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—				

¹) φύλλον 0,06 mm ²) μετὰ 24 ὥρας * Ἐκτὸς εἰς μαῦρον καὶ καφέ. b = Ἀνθεκτικόν. m = μετρίως. u = μὴ ἀνθεκτικόν.

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1954

Ἡ τάσις αὐτὴ ἐξειδικεύσεως εἶναι σήμερον λίαν ἐμφανὴς εἰς τὰ διάφορα εἴδη νάυλον, ἀλλὰ ἀναμένεται ὅτι θὰ διαδοθῇ καὶ εἰς τὰ ἄλλα θερμοπλαστικὰ (παράγρ. 38 · 5), τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται εἰς μηχανολογικὰς κατασκευάς. Κατὰ τὴν παρελθοῦσαν δεκαετίαν π.χ. ἡ ἑταιρία Du Pont Co παρήγαγεν 25 ποιότητας νάυλον δι' εἰδικὰς μηχανολογικὰς κατασκευάς, ἐνῶ σήμερον παράγει περίπου 75.

Τὰ πλαστικὰ διὰ μηχανολογικοὺς σκοποὺς ἔχουν τὴν δυνατότητα ὑποκαταστάσεως τῶν μετάλλων εἰς εὐρεῖαν 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) Εὐχερεστέρα κατασκευή.

δ) Μεγαλυτέρα ἀνοχὴ διαστάσεων.

ε) Ἁπλουστέρα σχεδίασις.

Ἕνα ἐκ τῶν καλυτέρων παραδειγμάτων ἐνδεικτικὸν τοῦ βαθμοῦ, εἰς τὸν ὁποῖον τὰ θερμοπλαστικὰ τῶν μηχανολογικῶν κατασκευῶν εἰσχωροῦν εἰς τὴν ἀγοράν, εἰς τὴν ὁποίαν πρότερον ἐπεκράτουν τὰ μέταλλα, εἶναι ἡ ἀγορὰ τῆς βιομηχανίας τοῦ αὐτοκινήτου.

Αἱ μεγαλύτεραι ἑταιρίαι αὐτοκινήτων εἰς τὸν κόσμον General Motors καὶ Ford ἐνδιεφέρθησαν πρῶται διὰ τὰ θερμοπλαστικὰ τῶν μηχανολογικῶν κατασκευῶν, διότι οἱ ὀδοντωτοὶ τροχοὶ ἐκ νάυλον π.χ. κοστίζουν ὀλιγώτερον παρ' ὅσον ἐκ χυτοῦ μετάλλου. Ἀφ' 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 ὡρισμένας ἐφαρμογάς.

Κατὰ τὸ ἔτος 1960 κατὰ μέσον ὅρον ἐπὶ 10 000 000 αὐτοκινήτων, τὰ ὁποῖα παρήχθησαν εἰς τὰς Η.Π.Α., ἐχρησιμοποιήθησαν 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.

Ἡ διάδοσις τῶν πλαστικῶν διὰ μηχανολογικὰς 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 ὑλῶν, εἶναι ἕνα πλαστικόν, τὸ ὁποῖον φέρεται μὲ τὸ ἐμπορικὸν ὄνομα Lexan 500, προωρισμένον νὰ ἀντικαταστήσῃ χυτὰς κατασκευὰς ἐξ ἀλουμινίου καὶ ψευδαργύρου εἰς τὴν βιομηχανίαν τοῦ αὐτοκινήτου. Τὸ ὑλικὸν ἐμελετήθη καὶ κατεσκευάσθη οὕτως, ὥστε νὰ συνδυάζῃ ἀντοχὴν εἰς ἐφελκυσμὸν καὶ εἰς κροῦσιν, παρομοίαν πρὸς ἐκείνην τὴν ὁποίαν ἔχουν ὡρισμένα κράματα ἀλουμινίου καὶ ψευδαργύρου, μὲ μεγαλυτέραν ὅμως ἐλαστικότητα.

Ἡ χρησιμοποίησις θερμοπλαστικῶν εἰς τὰς μηχανολογικὰς κατασκευὰς τῶν αὐτοκινήτων κερδίζει ἔδαφος ἔτι περαιτέρω. Ἡ ἐξάτμισις-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 ἐξάτμισις ἐπίσης τῶν νέων αὐτοκινήτων τῆς Ford κατασκευάζεται διὰ χυτεύσεως νάυλον 11**.

Ἀλλὰ τὰ θερμοπλαστικὰ ἐκτοπίζουν ἐκ τῶν μηχανολογικῶν κατασκευῶν καὶ τὰ ἄλλα πλαστικὰ ὑλικά, κυρίως τὰ θερμοσκληρυνόμενα. Ὁ κυριώτερος λόγος εἶναι ἡ μεγαλυτέρα σκληρότης τῶν θερμοπλαστικῶν καὶ ἡ μεγαλυτέρα εὐχέρεια μορφοποιήσεώς των ἐν συγκρίσει πρὸς τὰς θερμοσκληρυνομένας ρητίνας.

Ὡρισμένα ἐκ τῶν πλαστικῶν ὑλικῶν χρησιμοποιοῦνται μὲ κατάλληλον ὁπλισμὸν διαφόρων ἰνῶν, ὡς π.χ. ἰνῶν ὑαλοβάμβακος, πρὸς ἐπαύξησιν τῆς ἀντοχῆς αὐτῶν εἰς ἐφελκυσμόν.

Ὁ τρόπος συνεργασίας τοῦ ἐξ ἰνῶν ὁπλισμοῦ μετὰ τῆς συνθετικῆς ὕλης εἶναι ἀκριβῶς ὁ αὐτὸς πρὸς τὸν τῆς συνεργασίας τοῦ σιδηροῦ ὁπλισμοῦ μετὰ τοῦ σκυροδέματος εἰς τὸ ὡπλισμένον σκυρόδεμα.

Παρὰ τὴν ἀναπόφευκτον ἐπιβάρυνσιν τοῦ κόστους διὰ τοῦ ὁπλι-

---

* Οἱ δύο ἀριθμοὶ 6 ὑποδηλοῦν ὅτι τὸ νάϋλον αὐτὸ παράγεται διὰ πολυμερισμοῦ δύο διαφορετικῶν μορίων ἐνεχόντων 6 ἄτομα ἄνθρακος ἕκαστον.

** Ὁ ἀριθμὸς 11 ὑποδηλοῖ τὸ πλῆθος ἀτόμων ἄνθρακος εἰς τὸ πολυμερισθὲν μόριον τῆς οὐσίας.

σμοῦ διὰ διαφόρων ἰνῶν, αὐτὸς διαδίδεται εἰς τὰς ἐκ θερμοπλαστικῶν μηχανολογικὰς κατασκευάς.

Οὕτω π.χ. μία ποιότης νάυλον 6/6 ὠπλισμένη δι' ὑαλοβάμβακος ἔχει ἀντοχὴν εἰς ἐφελκυσμὸν κατὰ 25 % μεγαλυτέραν τῆς κανονικῆς.

Πρέπει νὰ σημειωθῆ ὅτι διὰ τὰ ἑπόμενα ὀλίγα ἔτη ἀναμένεται ἡ δημιουργία ποιοτήτων νάυλον 6/6, αἱ ὁποῖαι θὰ παρουσιάσουν ἀντοχὰς εἰς ἐφελκυσμὸν κατὰ 50 % ἕως καὶ 100 % μεγαλυτέρας τῶν σημερινῶν. Ἡ Mercedes κατεσκεύασε τὴν μάσκαν τοῦ ψυγείου τοῦ αὐτοκινήτου τοῦ ἔτους 1972 διὰ χυτεύσεως νάυλον 6/6, ὠπλισμένου δι' ὑαλοβάμβακος. Τοῦτο ἀπεφασίσθη λόγω τῶν ἑξῆς τεχνικῶν πλεονεκτημάτων:

Ἡ μάσκα αὐτὴ παρουσιάζει μικρὰν συστολὴν μετὰ τὴν χύτευσιν, αἱ δὲ βραχύτεραι ἶνες, αἱ ὁποῖαι ἐχρησιμοποιήθησαν, ἔδωσαν λείας ἐπιφανείας, αἱ ὁποῖαι δὲν χρειάζονται μετὰ τὴν χύτευσιν εἰδικὴν κατεργασίαν λειάνσεως. Αἱ μάσκαι δὲν χρειάζονται ἠλεκτρικὴν ἐπιμετάλλωσιν ἐπὶ τοῦ πλαστικοῦ καὶ χρωματίζονται διὰ χρώματος ἀλουμινίου. Τὸ ἐργοστάσιον κατασκευῆς τῶν ὡς ἄνω μασκῶν χρησιμοποιεῖ μηχανὴν χυτεύσεως δι' ἐγχύσεως μὲ ταχύτητα παραγωγῆς ἑνὸς 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 θερμοπλαστικὰ διὰ τὰς μηχανολογικὰς κατασκευάς.

A. **Ἀκετάλαι.**

Τὸ μεγαλύτερον μειονέκτημα τῶν ὑλικῶν αὐτῶν εἶναι ὅτι δὲν εἶναι αὐτοσβεννύμενα ὑλικά, δηλαδή, ἐὰν ἀναφλεγοῦν, συντηροῦν τὴν καῦσιν ἕως κατακαύσεως. Χρησιμοποιοῦνται κυρίως εἰς τὴν βιομηχανίαν τοῦ αὐτοκινήτου, εἰς ἐγκαταστάσεις ἐσωτερικῆς ὑδρεύσεως πρὸς κατασκευὴν κρουνῶν, μπαταριῶν λουτήρων κ.λπ.

B. **Φθοριοπλαστικὰ (Πολυτετραφθοριοαιθυλένιον κ.λπ.).**

Παρουσιάζεται μεγάλη αὔξησις τῶν φθοριοπλαστικῶν εἰς τὴν βιομηχανίαν κατασκευῆς ἠλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν. Ἐπίσης ἡ ἁπλοποίησις τῆς τεχνικῆς ἐπενδύσεων διὰ πολυτετραφθοριοαιθυλενίου

αὐξάνει τὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ὡς ἄνω πλαστικοῦ διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς.

Γ. **Βελτιωμένον πολυαιθυλενοξείδιον.**

Τὸ ὡς ἄνω νέον ὑλικὸν χρησιμοποιεῖται διὰ μεγάλας κατασκευάς, αἱ ὁποῖαι θὰ πρέπει νὰ εἶναι ἀνθεκτικαὶ εἰς τὴν θερμότητα, νὰ μὴ εἶναι εὔφλεκτοι καὶ νὰ ἀντέχουν εἰς τὴν ἐπίδρασιν θερμοῦ ὕδατος.

Δ. **Νάυλον.**

Ὡς προανεφέρθη, εἶναι τὸ κυριώτερον πλαστικόν, τὸ ὁποῖον 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.**

Εἶναι ἐκ τῶν νέων πλαστικῶν, τῶν ὁποίων τὸ μέλλον παρουσιάζεται λαμπρὸν διὰ τὰς κατασκευὰς μηχανολογικῶν ἐξαρτημάτων.

Τὰ πολυανθρακικὰ πλαστικὰ χρησιμοποιοῦνται ἰδίως ὅπου ἀπαιτεῖται μεγάλη ἀντοχὴ εἰς κροῦσιν.

ΣΤ. **Πολυϊμῖδαι.**

Εἶναι νέον πλαστικὸν μὲ ραγδαίαν ἀνάπτυξιν. Αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν πολυϊμιδῶν εἰς τὰς μηχανολογικὰς κατασκευὰς περιλαμβάνουν τεμάχια ἀεροπλάνων, ἔδρανα καὶ ἠλεκτρολογικὰ ἐξαρτήματα. Μὲ τὴν αὔξησιν τῆς καταναλώσεως καὶ τοῦ ὄγκου τῆς παραγωγῆς τοῦ ὡς ἄνω πλαστικοῦ προβλέπεται μετὰ ἀσφαλείας ἡ σημαντικὴ ἐλάττωσις τῆς τιμῆς του.

Ζ. **Αἱ στερεαὶ οὐχὶ ἀφρώδεις πολυουρεθάναι.**

Ἡ γιγαντιαία Ἀγγλικὴ ἑταιρία ICI παρήγαγε σειρὰν μὴ ἀφρωδῶν πολυουρεθανῶν, αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ ὑποστοῦν μορφοποίησιν ἐντὸς τῶν ὑπαρχουσῶν μηχανῶν χυτεύσεως ἀφρώδους πολυουρεθάνης. Ἐν συγκρίσει πρὸς τοὺς εὐκάμπτους ἀφροὺς πολυουρεθανῶν τὰ νέα ὑλικὰ ἔχουν καλυτέρας κατασκευαστικὰς ἰδιότητας.

Συγκρινόμεναι αἱ νέαι πολυουρεθάναι μὲ ὠπλισμένους πολυεστέρας, οἱ ὁποῖοι μορφοποιοῦνται διὰ τῆς χειρός, προσφέρουν συγκρισίμους κατασκευαστικὰς ἰδιότητας καὶ πολὺ μικρότερον κόστος μορ-

φοποιήσεως. Συγκρινόμεναι πρὸς θερμοπλαστικὰ χυτευόμενα δι' ἐγχύσεως μὲ παρομοίας ἰδιότητας ἀντοχῆς, αἱ νέαι οὐρεθάναι ἀπαιτοῦν μήτρας καὶ ἐξοπλισμὸν χαμηλοτέρου κόστους.

Αἱ νέαι πολυουρεθάναι χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατασκευὴν στοιχείων μηχανῶν εἰς τὴν ναυπηγικήν, εἰς τὴν ἠλεκτροτεχνίαν, 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 ὀδοντωτοὶ τροχοί, σκάφη, ἀνεμιστῆρες, ἕλικες, εἰδικὰ τεμάχια σωλήνων κ.λπ. Τὰ νέα ὑλικὰ εἶναι αὐτοσβεννύμενα, δηλαδὴ δὲν συντηροῦν τὴν καῦσιν των, ἀλλὰ ἀποσβέννυνται μόνα των. Ἔχουν μεγάλην ἀντοχὴν εἰς τὴν θέρμανσιν καὶ ἐξαιρετικῶς μεγάλην ἀντοχὴν εἰς κροῦσιν.

Τὸ μικρὸν ἰξῶδες τῶν δύο πρώτων ὑλῶν, ἐκ τῶν ὁποίων σχηματίζονται αἱ ὡς ἄνω πολυουρεθάναι ἐπιτρέπει χύτευσιν μεγάλων τεμαχίων, ἄνευ ἀτελειῶν. Ὁ χρόνος πηκτωματοποιήσεως, δηλαδὴ ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ γίνῃ ἕνα ρευστὸν ὑλικὸν στερεόν, ὡς ἡ «πηκτή», εἶναι 4 ἕως 5 λεπτὰ καὶ ἐπαρκεῖ διὰ καλὴν ἀνάμιξιν τῆς ἀναγκαιούσης ποσότητος ὑλικοῦ. Ἐὰν προστεθοῦν καταλύται, δημιουργοῦνται συστήματα ἀντιδρῶντα πολὺ ταχύτερον μὲ χρόνους πηκτωματοποιήσεως ἀπὸ 30 ἕως 90 δευτερόλεπτα.

Γενικῶς εἶναι δυνατὸν νὰ λεχθῇ ὅτι ἡ ἀνάπτυξις καὶ ἡ διάδοσις τῶν νέων οὐρεθανῶν ὀφείλεται περισσότερον εἰς τὰ πλεονεκτήματα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν ὅσον ἀφορᾶ εἰς τὴν εὐχέρειαν τῆς μορφοποιήσεως τεμαχίων διὰ τὰς μηχανολογικὰς κατασκευὰς ἐξ αὐτῶν, παρ' ὅσον εἰς τὰς βελτιωμένας ἰδιότητας, τὰς ὁποίας προσφέρουν τὰ νέα ὑλικά. Δηλαδὴ ἂν καὶ αἱ φυσικαὶ καὶ χημικαὶ ἰδιότητες τῶν στερεῶν οὐρεθανῶν εἶναι καλαί, δὲν εἶναι σημαντικῶς ἀνώτεραι ἢ διαφορετικαὶ ἐκ τῶν ἰδιοτήτων τῶν ἄλλων πολυμερῶν, ὥστε νὰ παρουσιάζουν ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον ὡς νέα ὑλικά.

Ὡς ἐλέχθη, τὸ τεράστιον πλεονέκτημα αὐτῶν εἶναι ἡ εὐχερεστέρα μορφοποίησις τεμαχίων ἐκ τῶν ὡς ἄνω ὑλικῶν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 39

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ

39 · 1 Μορφοποίησις τῶν πλαστικῶν διὰ μηχανολογικοὺς σκοπούς.

Αἱ χρησιμοποιούμεναι μέθοδοι μορφοποιήσεως τῶν πλαστικῶν διὰ μηχανολογικοὺς σκοποὺς κατὰ βάσιν εἶναι αἱ αὐταὶ μὲ τὰς γενικῶς χρησιμοποιουμένας διὰ τὴν μορφοποίησιν τῶν πλαστικῶν ἐν γένει.

Ἐπειδὴ ἡ μορφοποίησις τῶν θερμοπλαστικῶν διὰ μηχανολογικὰς κατασκευὰς εἶναι κατά τι δυσχερεστέρα, παρ' ὅσον ἡ μορφοποίησις τῶν συνήθων πλαστικῶν, αἱ μεγάλαι ἑταιρίαι κατασκευῆς μηχανῶν διὰ μορφοποίησιν πλαστικῶν κατασκευάζουν συνεχῶς καὶ νέους τύπους καταλλήλων μηχανῶν διὰ τὴν μορφοποίησιν τῶν πλαστικῶν διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς.

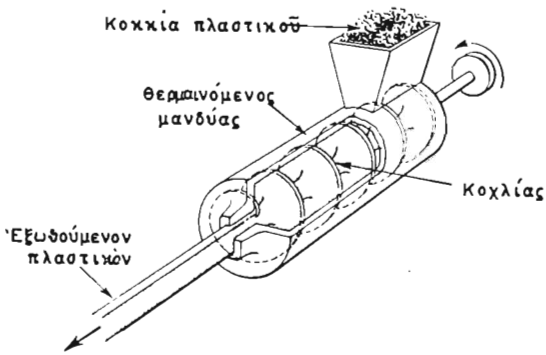
Αἱ νέαι μηχαναὶ μορφοποιήσεως τῶν πλαστικῶν διὰ τὰς ἀνωτέρω κατασκευὰς παρουσιάζουν ἐλάττωσιν τοῦ χρόνου κατασκευῆς, ἑνὸς ἑκάστου μηχανολογικοῦ τεμαχίου, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ χαρακτηριστικὸν τῆς καταβαλλομένης προσπαθείας διὰ τὴν ἐλάττωσιν γενικῶς τοῦ κόστους μορφοποιήσεως τῶν πλαστικῶν διὰ μηχανολογικὰς κατασκευάς.

39 · 2 Χρησιμοποιούμενα μηχανήματα κατεργασίας.

Ὅσον ἀφορᾶ εἰς τὰ χρησιμοποιούμενα μηχανήματα μορφοποιήσεως, ἡ χύτευσις δι' ἐγχύσεως ἀποτελεῖ τὴν κυριωτέραν μέθοδον διὰ τὴν παραγωγὴν ἐξαρτημάτων καὶ διαδίδεται ὅλον καὶ περισσότερον εἰς τὴν κατασκευὴν χυτῶν τεμαχίων βάρους ἄνω τῶν 5 kg καὶ ἰδίως ἐκείνων, τὰ ὁποῖα κατασκευάζονται ἐκ νάυλον ἢ πολυανθρακικῶν ρητινῶν.

Ἐπίσης διαδίδεται εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις ἡ χύτευσις δι' ἐμφυσήσεως. Ἡ διάδοσις ὀφείλεται περισσότερον εἰς τὴν δημιουργίαν νέων ὑλικῶν 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 ὁποία

χαρακτηρίζεται ἐκ τοῦ ὅτι λαμβάνει χώραν ἀνιονικὸς πολυμερισμὸς τοῦ πλαστικοῦ ἐντὸς τῆς μήτρας (καλούπι). Ἡ μέθοδος δίδει ἀντικείμενον ἐκ νάυλον μὲ ἀντοχὴν εἰς ἐφελκυσμὸν καὶ ἐλαστικότητα πολὺ μεγαλυτέραν ἐκείνου, τὸ ὁποῖον θὰ ἔδιδε μία παρομοία χύτευσις δι' ἐγχύσεως πολυμεροῦς. Ἐφ' ὅσον τὸ τεμάχιον πολυμερίζεται ἐντὸς



Σχ. 39·2α.

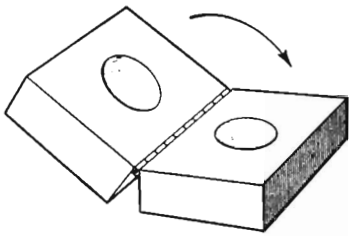
Ἐξώθησις. Τὸ πλαστικὸν θερμαινόμενον καθίσταται μαλακὸν καὶ ἐν συνεχείᾳ ὠθεῖται διὰ μιᾶς ὀπῆς, ἐκ τῆς ὁποίας ἐξέρχεται ὡς συνεχὲς ἐπίμηκες τεμάχιον διατομῆς καθοριζομένης ὑπὸ τοῦ σχήματος τῆς ὀπῆς.

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 ἐξελίξεως εἰς τὸν τομέα τῆς μορφοποιήσεως περιπλόκων καὶ φερόντων ὁπλισμὸν τεμαχίων ἐκ νάυλον.

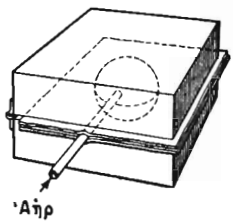
Εἰς τὰ σχήματα ποὺ ἀκολουθοῦν, παρίστανται οἱ διάφοροι τρόποι μορφοποιήσεως τῶν πλαστικῶν:

α) Ἐξώθησις (σχ. 39·2α).
β) Χύτευσις δι' ἐμφυσήσεως (σχ. 39·2β).
γ) Χύτευσις δι' ἐγχύσεως (σχ. 39·2γ).
δ) Χύτευσις διὰ πιέσεως (σχ. 39·2δ).

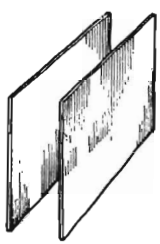
ΧΥΤΕΥΣΙΣ ΔΙ' ΕΜΦΥΣΗΣΕΩΣ



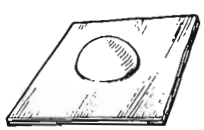
Ἕνα ἁπλοῦν καλούπι ἐμφυσήσεως ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἡμίσεων, τὰ ὁποῖα ὅταν κλείσουν, σχηματίζουν ἕνα πλῆρες καλούπι.



Δύο φύλλα κυτταροειδοῦς θερμαίνονται διὰ νὰ καταστοῦν μαλακὰ



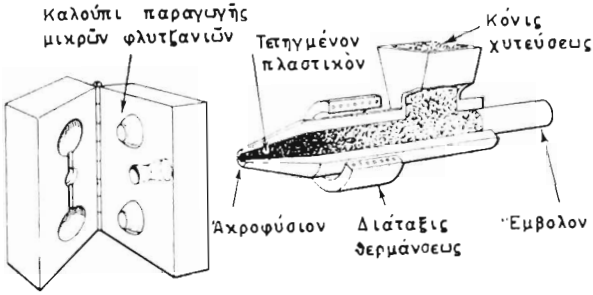
....καὶ ἀκολούθως συμπιέζονται μεταξὺ τῶν δύο τμημάτων τοῦ καλουπιοῦ. Διὰ μιᾶς βελόνης σύριγγος εἰσαγομένης μεταξὺ τῶν δύο φύλλων ἐμφυσᾶται ἀήρ. Ὁ ἀὴρ πιέζει τὰ φύλλα καὶ τὰ ἀναγκάζει νὰ φουσκώνουν καὶ νὰ καταλάβουν τὸ κοῖλον σχῆμα τοῦ καλουπιοῦ. Τελικῶς ἡ βελόνη ἐξάγεται.



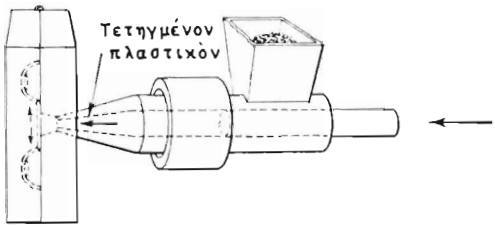
Ὅταν ψυχθῇ τὸ κυτταροειδές, διατηρεῖ τὸ σχῆμα, τὸ ὁποῖον ἔλαβε διὰ τῆς ἐμφυσήσεως. Τὸ μὴ ἐμφυσηθὲν μέρος τοῦ φύλλου ἀποκόπτεται.

Σχ. 39 · 2 β.

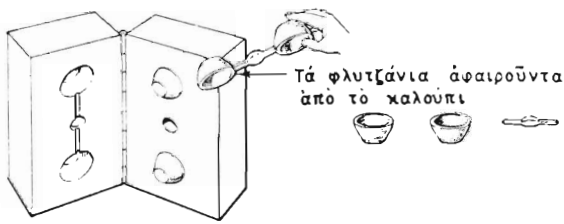
ΧΥΤΕΥΣΙΣ ΔΙ' ΕΓΧΥΣΕΩΣ



Ἡ κόνις χυτεύσεως τήκεται ἐντὸς τοῦ θαλάμου τῆς μηχανῆς χυτεύσεως δι' ἐγχύσεως.



Τὸ ἀκροφύσιον εὑρίσκεται ἐν ἐπαφῇ μὲ τὸ καλούπι καὶ τὸ τετηγμένον πλαστικὸν προωθεῖται ἐντὸς τοῦ καλουπιοῦ, πιεζόμενον ὑπὸ τοῦ ἐμβόλου.



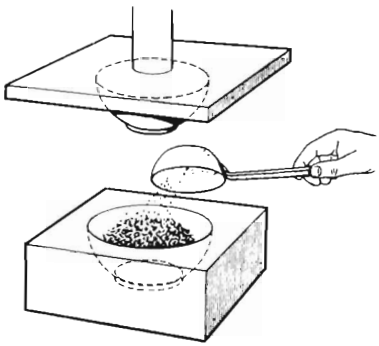
Σχ. 39·2γ.

Τὸ πλαστικὸν σκληρύνεται ἐντὸς τοῦ ψυχροῦ καλουπιοῦ, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀνοικτόν. Τὸ στερεοποιηθὲν πλαστικὸν χυτὸν ἀντικείμενον ἐξάγεται.

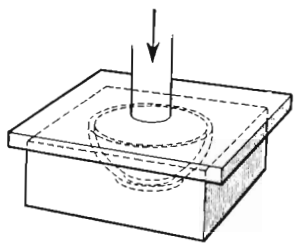
Τὰ δύο χυτευθέντα φλυτζάνια εἶναι ἡνωμένα μεταξύ των διὰ μιᾶς λωρίδος πλαστικοῦ σχηματισθείσης ὑπὸ τῆς στενῆς αὔλακος, διὰ τῆς ὁποίας ἔρρευσεν τὸ πλαστικὸν ἐντὸς τῶν καλουπίων. Ἡ λωρὶς αὐτὴ κόπτεται.

Σημείωσις: Αἱ σύγχρονοι μηχαναὶ χυτεύσεως δι' ἐκχύσεως εἶναι πλήρως αὐτόματοι καὶ ἡ ὅλη διαδικασία (κύκλος τῆς χυτεύσεως) τὰς περισσοτέρας φορὰς δὲν ὑπερβαίνει τὰ ὀλίγα δευτερόλεπτα. Ἡ ταχύτης παραγωγῆς τῶν ὡς ἄνω μη-

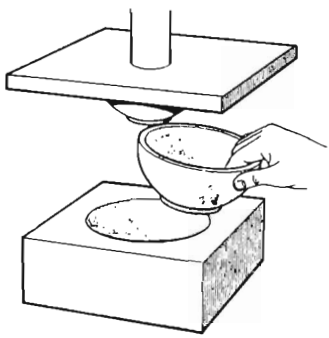
ΧΥΤΕΥΣΙΣ ΔΙΑ ΠΙΕΣΕΩΣ



Ἐντὸς τοῦ κοίλου καλουπιοῦ τίθεται μετρηθεῖσα ποσότης κόνεως χυτεύσεως.



Τὸ ἔμβολον πιέζει τὴν κόνιν χυτεύσεως, ἡ ὁποία καθίσταται μαλακὴ ὑπὸ τοῦ θερμανθέντος καλουπιοῦ καὶ διαρρέει λαμβάνουσα τὸ σχῆμα τοῦ καλουπιοῦ. Τὸ ὑλικόν, ἂν εἶναι θερμοσκληρυνόμενον, σκληρύνεται διὰ συνεχίσεως τῆς θερμάνσεως ἐντὸς τοῦ καλουπιοῦ.



Ὅταν σκληρυνθῇ τὸ χυτὸν ἀντικείμενον, ἀνοίγει τὸ καλούπιον καὶ τὸ ἀντικείμενον ἐξάγεται.

Σχ. 39·2δ.

χανῶν εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλυτέρα τῆς ταχύτητος τῶν μηχανῶν χυτεύσεως διὰ πιέσεως τῶν θερμοσκληρυνομένων πλαστικῶν.

Κατὰ τὰ πρῶτα ἔτη ἀπὸ τῆς ἀνακαλύψεώς των αἱ ὡς ἄνω μηχαναὶ ἠδύναντο νὰ μορφοποιοῦν μικρὰ τεμάχια βάρους ἕως 48 g περίπου.

Ἔκτοτε αἱ μηχαναὶ ἐγχύσεως παρουσίασαν τεραστίαν ἐξέλιξιν.

Σήμερον διὰ τῶν μηχανῶν ἐγχύσεως χυτεύονται ἀντικείμενα ὁσονδήποτε μεγάλου μεγέθους, ὡς π.χ. λουτῆρες ἢ ἀκόμη καὶ ἀμαξώματα αὐτοκινήτων.

Αἱ σύγχρονοι μηχαναὶ χυτεύσεως δι' ἐγχύσεως ἐκμεταλλεύονται πλήρως τὰς θερμοπλαστικὰς ἰδιότητας ὑλικῶν, ὡς ὁ μεθακρυλικὸς πολυμεθυλεστήρ, τὸ πολυαιθυλένιον, τὸ πολυστυρένιον καὶ ἡ ὀξικὴ κυτταρίνη.

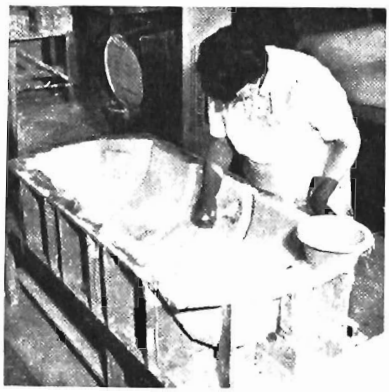
39·3 Κυριώτερα κατασκευαζόμενα στοιχεῖα μηχανῶν.

Τὰ κυριώτερα κατασκευαζόμενα σήμερον ἐκ πλαστικῶν στοιχεῖα μηχανῶν εἶναι: ὀδοντωτοὶ τροχοί, ἀτέρμονες κοχλίαι, εἰδικοὶ ὀδοντωτοὶ τροχοί, περιβλήματα ἐδράνων, κοχλίαι, περικόχλια, κεφαλαὶ σφυρῶν, δακτύλιοι στεγανώσεως, μανσέτται, ἔδρανα βαλβίδων, ἁρματοῦραι, τεμάχια περιβλημάτων, βραχίονες διὰ βελόνας γραμμοφώνου καὶ πολλὰ ἄλλα.

Πολὺ σημαντικὸν πλεονέκτημα τῶν ἀνωτέρω ἐκ συνθετικῆς ὕλης στοιχείων μηχανῶν εἶναι ἡ ἀθόρυβος λειτουργία των. Ἰδιαιτέρως καλὰ ἀποτελέσματα ἔδωσαν ἔδρανα ἐκ πολυαμίδης (νάυλον), τὰ ὁποῖα ἔχουν πολὺ καλὰς ἰδιότητας λειτουργίας, ἀκόμη καὶ ὑπὸ *δυσμενεῖς συνθήκας*. Ἐκτὸς τῆς συνήθους λιπάνσεως δι' ἐλαίου εἶναι δυνατὴ εἰς τὰ ἐκ πολυαμίδης ἔδρανα εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις καὶ λίπανσις δι' ὕδατος ἢ ἀκόμη καὶ ἡ λειτουργία ἄνευ οἱασδήποτε λιπάνσεως, ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι ἡ φόρτισις τοῦ ἐδράνου εἶναι μικρά. Γενικῶς εἶναι καλύτερον νὰ προστίθεται κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς χρησιμοποιήσεως ἑνὸς ἐδράνου ἐκ πολυαμίδης ἐλαχίστη ποσότης ἐλαίου διὰ τὰς πρώτας ὥρας τῆς λειτουργίας. Ὡς αὐτολιπαινόμεναι διατάξεις στεγανώσεως καὶ ἔδρανα ἐνδείκνυνται συνδυασμοὶ μὲ γραφίτην καὶ διθειοῦχον μολυβδαίνιον, εἰς τοὺς ὁποίους δὲν χρειάζεται προσθήκη λιπαντικοῦ.

Εἰς τὴν βιομηχανίαν κατασκευῆς μηχανημάτων ὑφαντουργίας χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης αἱ πολυαμῖδαι ὡς ὁδηγοὶ τοῦ νήματος, ὡς δακτυλιωτοὶ δρομεῖς - ἄτρακτοι εἰς ἀργαλειούς, συγκροτήματα ὁδηγήσεως εἰς ἀργαλειούς, πηνία καὶ πολλὰ ἄλλα τεμάχια, τὰ ὁποῖα ἀντέχουν εἰς τὴν φθορὰν ἐκ τριβῆς.

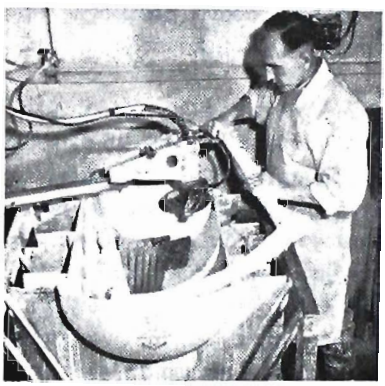
Εἰς τὴν ἠλεκτροτεχνίαν αἱ πολυαμῖδαι (νάυλον) κατὰ τὰ πρῶτα ἔτη ἀπὸ τῆς ἀνακαλύψεώς των, λόγω τῆς σχετικῶς μεγάλης ἱκα-



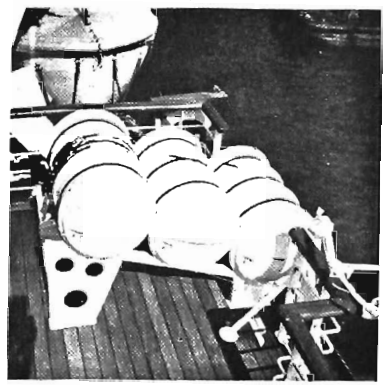
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχ. 39 · 3 α.

Κατασκευαὶ ἐκ πολυεστέρων ὡπλισμένων δι' ὑαλοβάμβακος. Οἱ ὑποδοχεῖς τοποθετήσεως τῶν σωσιβίων σχεδιῶν τῶν πλοίων χυτεύονται ἐκ πολυεστέρων ὡπλισμένων δι' ὑαλοβάμβακος. Ἔχουν ἐξαιρετικὰς μηχανικὰς ἀντοχάς, εἶναι ἀνοξείδωτοι καὶ δὲν προσβάλλονται ὑπὸ τῶν καιρικῶν ἐπιδράσεων.

Κατασκευὴ τοῦ ὑποδοχέως:

α) Ἡ ρητίνη τοῦ πολυεστέρος ἐπαλείφεται ἐπὶ τοῦ ὑφάσματος ἐξ ἰνῶν ὑάλου διὰ πινέλων καὶ κυλινδρικῶν χρωστήρων.

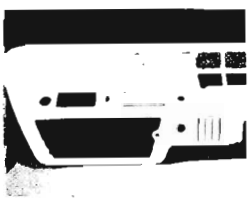
β) Τὰ τεμάχια ἐξάγονται ἐκ τοῦ καλουπιοῦ καὶ φέρονται εἰς «θερμὸν θάλαμον» διὰ τὴν συμπλήρωσιν τῆς σκληρύνσεως τοῦ πολυεστέρος.

γ) Γίνεται προσεκτικὴ κατεργασία τῶν δύο ἡμίσεων τοῦ ὑποδοχέως πρὸς ἐξάλειψιν ἀνωμάλων ἀκμῶν.

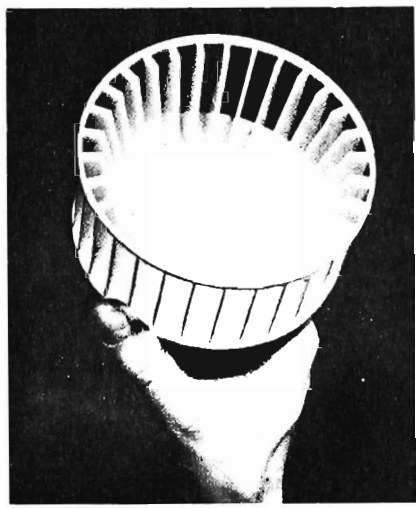
δ) Οἱ ὑποδοχεῖς εἶναι ἕτοιμοι.

νότητός των προσλήψεως ὑγρασίας, δὲν ἐχρησιμοποιοῦντο εὐρέως ὡς μονωτικαὶ ὕλαι καὶ μόνον εἰς μερικὰς εἰδικὰς περιπτώσεις ἐχρησίμευον ὡς ταινίαι ἢ φύλλα διὰ τὴν μόνωσιν συρμάτων ἢ καλωδίων διὰ τὴν μόνωσιν τῶν αὐλάκων τοῦ δρομέως. Τουναντίον ἐχρησιμοποιοῦντο εἰς μεγάλην ἔκτασιν δι' ἐπενδύσεις ἀνθεκτικὰς εἰς τὴν φθορὰν ἐκ τριβῆς, καλωδίων καὶ ἀγωγῶν, οἱ ὁποῖοι εἶναι ἐπενδεδυμένοι μὲ ἄλλον μονωτικὸν ὑλικόν. Ἐν συνδυασμῷ μὲ ἄλλας ρητίνας, αἱ διαλυταὶ συμπολυμερεῖς ἀμῖδαι ἔδωσαν ἔξοχα ἀποτελέσματα ὡς μονωτικὰ βερνίκια διὰ τὴν ἠλεκτρικὴν βιομηχανίαν.

Ἡ ἀνάπτυξις πολυαμιδῶν μὲ μικρὰν ἱκανότητα προσλήψεως ὕδατος (π.χ. πολυαμίδη 6/10, πολυαμίδη 11) ἐπέτρεψε τὴν χρησιμοποίησιν τῶν πολυαμιδῶν διὰ τὴν παρασκευὴν πηνίων, πλακῶν



ⓐ



ⓑ

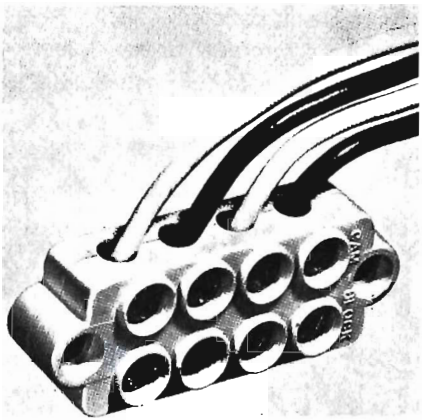
Σχ. 39 · 3 β.

α) Περίβλημα πίνακος ὀργάνων αὐτοκινήτου ἐξ ἀκετάλης δι' ἐγχύσεως. Ἔχει μηχανικὰς ἀντοχὰς προσεγγιζούσας τὰς ἀντιστοίχους τῶν μὴ σιδηρούχων μετάλλων καὶ ἔχει πολλὰς ἰδιότητας προσομοιαζούσας πρὸς τὰς τῶν μετάλλων.

β) Πτερωτὴ φυσητῆρος διὰ καλοριφὲρ αὐτοκινήτου ἐξ ἀκετάλης μορφοποιηθείσης δι' ἐγχύσεως.

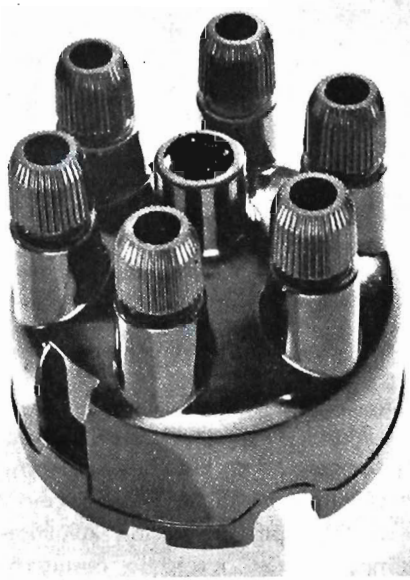
μονώσεως βάσεων διὰ φωτιστικοὺς λαμπτῆρας καὶ τεμαχίων συνδέσεως πλήκτρων ἐξαρτημάτων τηλεφώνων κ.λπ. Ἐπίσης καὶ εἰς τὴν ναυπηγικὴν χρησιμοποιοῦνται τεμάχια ἐκ πολυαμιδῶν εἰς αὔξοντα βαθμόν. Ἀναφέρονται πυξίδες σφαιρικῶν τριβέων, πυξίδες κυλινδρικῶν τριβέων, παρεμβύσματα σιδηροτροχιῶν, πτερύγια ἀνεμιστή-

ρων, τεμάχια μετρητῶν ταχύτητος, τεμάχια μετρητῶν διατάξεων, ἕλικες πλοίων καὶ ἄλλα πολλά. Εἰς τὰ σχήματα 39 · 3 α ἕως 39 · 3 ιε εἰκονίζονται διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῶν πλαστικῶν.



Σχ. 39 · 3 γ.

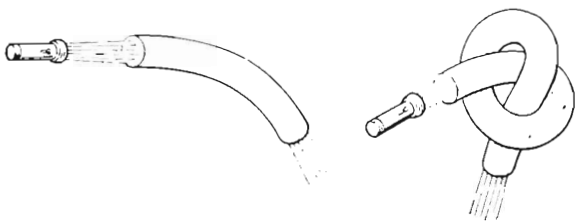
Αἱ πολυανθρακικαὶ ἑνώσεις ἐπελέγησαν διὰ κατασκευὴν ἠλεκτρικῶν ἀκροδεκτῶν λόγω τῶν καλῶν διηλεκτρικῶν καὶ μηχανικῶν ἰδιοτήτων ἀντοχῆς τὰς ὁποίας ἔχουν.



Σχ. 39 · 3 δ.

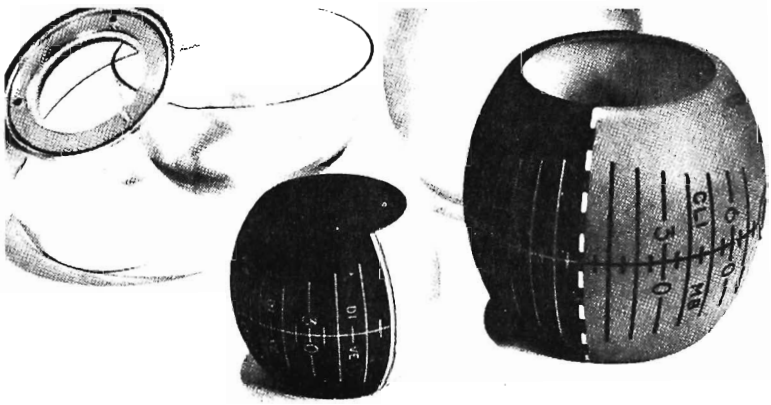
Φαινολικὰ πλαστικά.

Τὸ εἰκονιζόμενον κάλυμμα τοῦ διανομέως κινητῆρος αὐτοκινήτου, τὸ ὁποῖον ἔχει χυτευθῆ ἐκ φαινολικῶν πλαστικῶν, ἀποτελεῖ ἔξοχον παράδειγμα ἑτοίμου τεμαχίου περιπλόκου σχήματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ κατασκευασθῆ εὐκόλως καὶ ἀποδοτικῶς διὰ τῶν συγχρόνων πλαστικῶν.



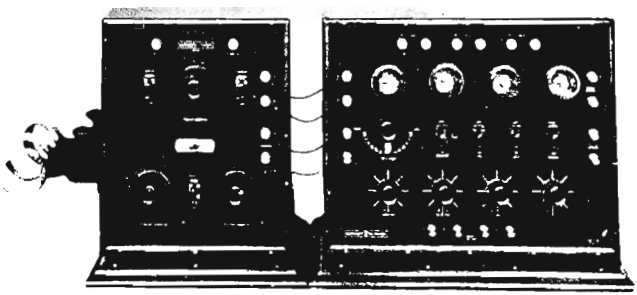
Σχ. 39·3 ε.

Ἐντὸς ράβδων εἰδικῶν ἐκ μεθακρυλικοῦ πολυμεθυλεστέρος τὸ φῶς μεταδίδεται κατὰ οἱανδήποτε καμπύλην τροχιάν.



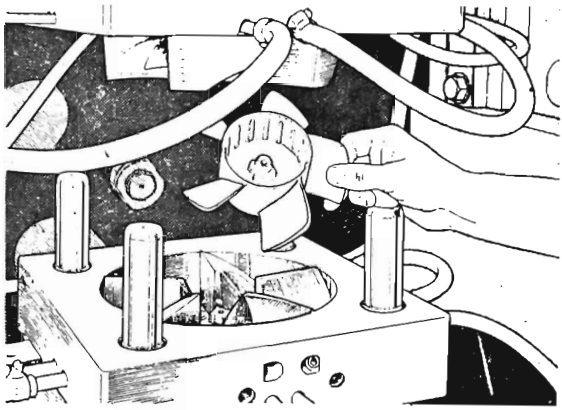
Σχ. 39·3 στ.

Τὰ ἀνωτέρω τεμάχια ὀργάνων ἀκριβείας διὰ τὴν ἀεροπλοΐαν ἔχουν χυτευθῆ δι' ἐγχύσεως πολυανθρακικῶν ρητινῶν.

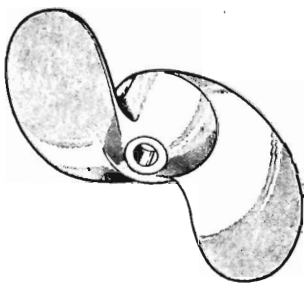


Σχ. 39·3 ζ.

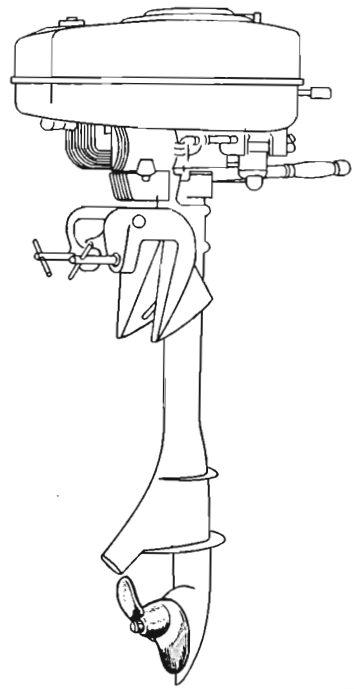
Ὁ βακελίτης ἦτο τὸ πρῶτον συνθετικὸν ὑλικόν, τὸ ὁποῖον ἐχρησιμοποιήθη διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν πρώτων δεκτῶν ραδιοφώνων πρὸ πεντήκοντα ἐτῶν.

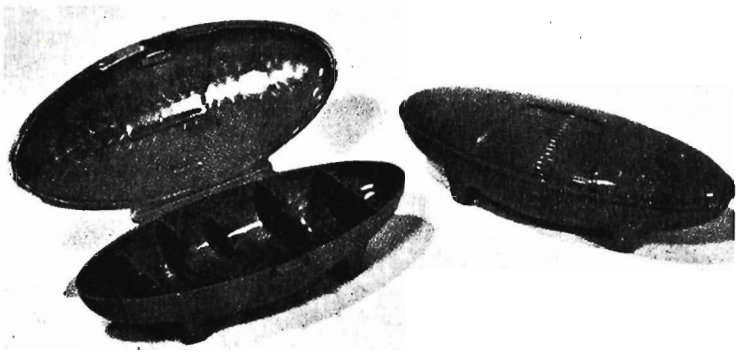


Σχ. 39 · 3 η.
Χύτευσις διὰ πιέσεως. Πτερωτὴ ἀνεμιστῆρος ἐκ μελαμίνης - φορμαλδεΰδης.



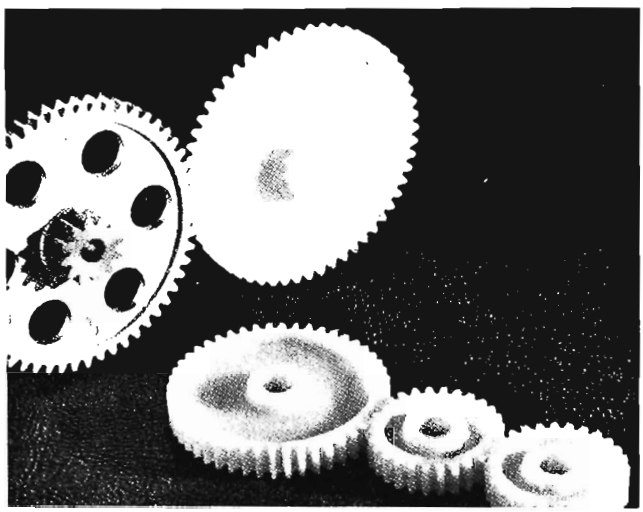
Σχ. 39 · 3 θ.
Ἡ ἕλιξ ἐκ νάυλον τῆς εἰκονιζομένης ἐξωλεμβίου μηχανῆς εἶναι σκληρά, στερεά, ἀνθεκτικὴ εἰς κρούσεις καὶ δὲν προσβάλλεται ἀπὸ διαβρώσεις εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ. Κατασκευάζεται εὐκόλως καὶ ὑπὸ χαμηλὸν κόστος. Ἡ ἐξαιρετικὴ ἀντοχὴ ἔναντι τῆς ἐκ τριβῆς φθορᾶς εἶναι ἰδιαιτέρως χρήσιμος εἰς τὰ ἀβαθῆ ὕδατα, ὅπου ἡ ἕλιξ πολλάκις ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ πυθμένος.





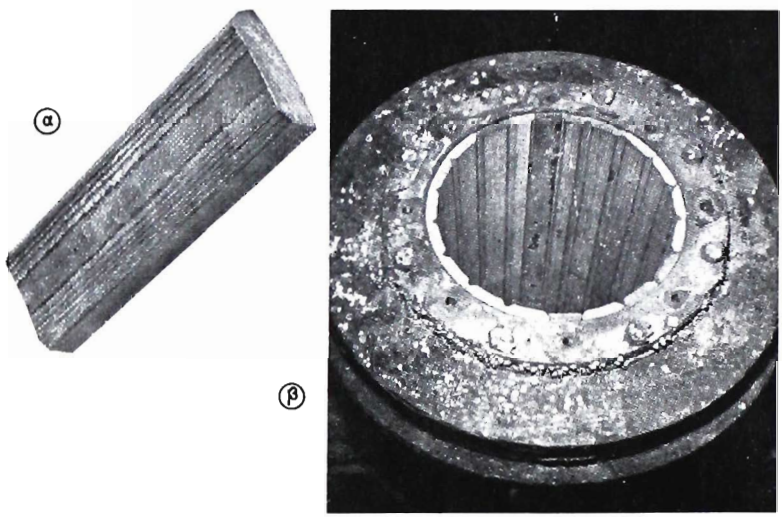
Σχ. 39·3 ι.

Τὸ ἀνωτέρω ἀντικείμενον ἔχει κατασκευασθῆ ἐκ πολυπροπυλενίου διὰ τῆς ἐσχάτως ἀναπτυχθείσης μεθόδου χυτεύσεως εἰς μίαν φάσιν ἐργασίας κινητῶν τεμαχίων συνδεδεμένων διὰ στροφέων.



Σχ. 39·3 ια.

'Οδοντωτοὶ τροχοὶ ἐκ νάυλον ἔχουν μεγάλην μηχανικὴν ἀντοχήν, στερεότητα, μακρὰν διάρκειαν ζωῆς καὶ παρέχουν ἐξαιρετικὰς συνθήκας λειτουργίας: 'Η λειτουργία των εἶναι ἀθόρυβος, δὲν ἀπαιτοῦν λίπανσιν καὶ διατηροῦν μεγάλην ἀντοχὴν ἔναντι τῆς ἐκ τριβῆς φθορᾶς ἀκόμη καὶ εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας.

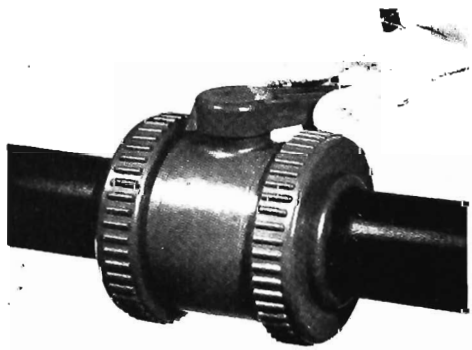


Σχ. 39 · 3 ιβ.

Τὰ ἔδρανα τοῦ ἄξονος τῆς ἑλικος εἰς πλοῖα 45 000 τόννων καὶ ἄνω ἐπενδύονται διὰ φύλλων πλαστικοῦ :

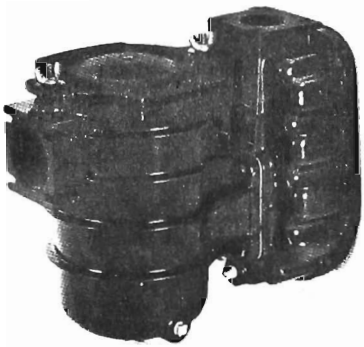
α) Τεμάχιον φύλλου ἐκ πλαστικοῦ δι' ἐπένδυσιν ἑδράνου πλοίου.

β) Ἕτοιμον ἔδρανον πλοίου.

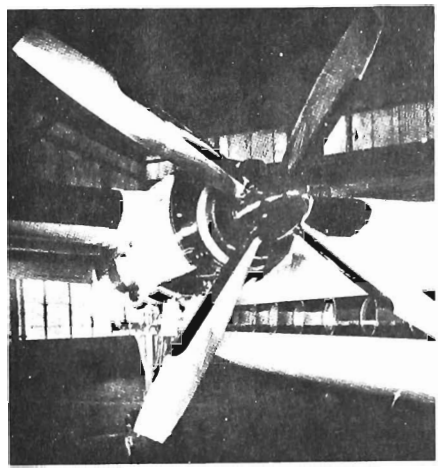


Σχ. 39 · 3 ιγ.

Βαλβὶς μετὰ σφαίρας ἐκ χλωριωμένου πολυαιθέρος χυτευθεῖσα δι' ἐγχύσεως.



Σχ. 39·3 ιδ.
Κυρίως σῶμα φυγοκεντρικῆς ἀντλίας κατεσκευασμένον ἐκ πολυακετάλης.



Σχ. 39·3 ιε.
Αἱ ἐλικες τῶν ἀεροπλάνων προστατεύονται διὰ πλαστικῆς ἐπενδύσεως ἔναντι τῶν καιρικῶν ἐπιδράσεων.

39·4 Κατασκευὴ μεγάλων ἀντικειμένων ἐκ θερμοπλαστικῶν.

Ἡ βιομηχανία τῶν αὐτοκινήτων, ἡ ὁποία δύναται νὰ χαρακτηρισθῆ ὡς ἡ σημαντικωτέρα ἐκ τῶν μηχανολογικῶν βιομηχανιῶν, πρώτη ἤρχισε νὰ χρησιμοποιῆ μεγάλας μηχανὰς χυτεύσεως δι' ἐγχύσεως καὶ μορφοποιήσεως ὑπὸ πίεσιν διὰ τὴν κατασκευὴν μεγάλων τεμαχίων ἐκ πλαστικῶν ὑλικῶν. Αἱ μηχαναὶ αὐταὶ ἔχουν βάρος 2000 τόννων καὶ πλέον. Μεγάλος ἀριθμὸς ἐργοστασίων αὐτοκινήτων ἐξ ἄλλου ἐγκαθιστᾶ μεγάλας μηχανὰς μορφοποιήσεως διὰ πιέσεως διὰ τὴν παραγωγὴν ὡπλισμένων πλαστικῶν τεμαχίων ἐκ συνθετικῶν ὑλῶν ὑπὸ μορφὴν φύλλων. Αἱ μηχαναὶ αὐταὶ ἔχουν βάρος 1500 τόννων.

Αὐτοκίνητα, τὰ ὁποῖα προορίζονται καὶ δι' ἀνώμαλα ἐδάφη θὰ κατασκευάζωνται ἐξ ὁλοκλήρου ἐξ ὡπλισμένου πολυεστέρος εἰς τὰ τεράστια προαναφερθέντα πιεστήρια. Ἄλλα προϊόντα, τὰ ὁποῖα παράγονται διὰ τῆς ὡς ἄνω μεθόδου χυτεύσεως ὑπὸ πίεσιν, εἶναι στοιχεῖα δομικῶν κατασκευῶν, ἕτοιμαι θύραι, ἕτοιμα παράθυρα, ἕτοιμα διαχωρίσματα οἰκιῶν κ.λπ., τῶν ὁποίων ἡ διάδοσις θὰ ἐπιφέρη πραγματικὴν ἐπανάστασιν εἰς τὰς δομικὰς κατασκευάς.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

(Οἱ ἀριθμοὶ ἀναφέρονται εἰς σελίδας τοῦ βιβλίου)

Ἀκετάλαι 283, 293
ἀλουμίνα 228
ἀλχημεία 3
ἀναγωγὴ (ὁρισμὸς) 2
ἀνακρυσταλλώσεως, θερμοκρασία 61
ἀνακρυστάλλωσις 61
ἀνόπτησις, ἀποτατικὴ 118
— δι' ἀνακρυστάλλωσιν 61, 118
— πλήρης (ἢ ἀνόπτησις) 110
— σφαιροποιήσεως σεμεντίτου 117
ἀπόψυξις ἀπότομος 95
— ἤρεμος 94
— μὲ ἐνδιαμέσους ταχύτητας 97
ἀργίλιον (ἀλουμίνιον) 228
ἀργιλίου κράματα 230, 232, 233
— — μαλακτὰ 230, 232, 233
— — χυτευτὰ 236, 232, 233
ἄτομα 5
— ἠλεκτρικῶς οὐδέτερα 8
ἀτομικοὶ δεσμοὶ 8
ἀτομικὸς ἀριθμὸς 6
— δεσμὸς ἑτεροπολικὸς ἢ ἰοντικὸς 9
— — μεταλλικὸς 10
— — ὁμοιοπολικὸς 9
ἀτόμου, δομὴ 6
— πυρὴν 6

Βακελίτης 279, 295
βανάδιον 176
βαφὴ 119, 157
— δι' ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς 148
— ἐπίδρασις μεγέθους τεμαχίου 123
— κλιμακωτή, μαρτενσιτικὴ 126
— — μπαινιτικὴ 127
— χαλυβοκραμάτων 157
βαφῆς λουτρὰ 122
— λουτρῶν δραστικότης 123
βολφράμιον 173
βουλκανισμὸς 276
βωξίτης 228

Δενδρίτης 16
διάγραμμα χρόνου - θερμοκρασίας - μετασχηματισμοῦ (Χ-Θ-Μ) 97
διαταραχὴ 58
δοκιμασία ἐφελκυσμοῦ 38
— — εἰδικὴ ἐκλέπτυνσις θραύσεως 42
— — — ἐπιμήκυνσις 39
— — — — θραύσεως 41
— — μέτρον ἐλαστικότητος 40
— — νόμος τοῦ Hooke 40
— — ὅριον ἀναλογίας 40
— — — διαρροῆς 41
— — — ἐλαστικότητος 40
— — — θραύσεως 41
— — τάσις ἐφελκυσμοῦ 39
— εἰς κροῦσιν, μέθοδος Charpy καὶ Izod 49
— θλίψεως 42
— κοπώσεως 52
— — καμπύλη Woehler 54
— σκληρότητος, μέθοδος Brinell 43
— — — Rockwell 46
— — — Shore 47
— — — Vickers 45
— τῶν μετάλλων ἄνευ καταστροφῆς τοῦ δοκιμίου 36, 37
— — μὲ καταστροφὴν τοῦ δοκιμίου 36
δομὴ νηματοειδὴς 272
— πλέγματος 273
— τρισδιαστάτου στερεοῦ σκελετοῦ 273
δυσθραυστότης 50

Ἕδρανα κυλίσεως 249
— ὀλισθήσεως 249
ἐναζώτωσις 145
ἐνανθράκωσις 136
— ἀέρια ἐνανθρακωτικὰ μέσα 140
— στερεὰ ἐνανθρακωτικὰ μέσα 137
— ὑγρὰ ἐνανθρακωτικὰ μέσα 139
ἐξαγωγικὴ μεταλλουργία (ὁρισμὸς) 3
ἐξανθράκωσις (χάλυβος) 113
ἐξομάλυνσις 114
ἐξώθησις 287
ἐπαναφορὰ 127

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ 1956

ἐπαναφορὰ μετασχηματισμὸς μαρτενσίτου 127
— χαλυβοκραμάτων 158
ἐπιβελτίωσις 133, 168
εὐτηκτικὴ ἀναλογία 24
— θερμοκρασία 24
εὐτηκτικὸν κρᾶμα ἢ εὐτηκτικὴ 24
— — (λεδεμβουρίτης) 84
εὐτηκτοειδὲς κρᾶμα ἢ εὐτηκτοειδὴς 25
— — (περλίτης) 85
ἐφελκυσμὸς 38
ἐφελκυσμοῦ διάγραμμα 40

Ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης μετάλλων 21
ἠλεκτρόνια, πλανητικὰ 6
— σθένους 9
ἠλεκτρονικὸς φλοιὸς 8
— — σθένους 9

Θερμηλασία 64
θερμικὴ ἀγωγιμότης μετάλλων 11
— κατεργασία (ὁρισμὸς) 92
θερμικὸν διάγραμμα ἁπλοῦ εὐτηκτικοῦ τύπου (βισμουθίου-καδμίου) 30
— — ἰσορροπίας κράματος 26
— — — κραμάτων σιδήρου - σεμεντίτου 82
— — — συνθέτου κράματος (κασσιτέρου - μολύβδου) 32
θερμικοῦ διαγράμματος κράματος κατασκευὴ 27
θερμοηλεκτρικὰ ζεύγη 107
— πυρόμετρα 106
θερμοκρασίας, δεῖκται **Seger** 109
— μέτρησις 103
— — μὲ ὀπτικὴν ἐκτίμησιν χρωματισμοῦ 104
θερμόμετρα διαστολῆς ὑγροῦ 104
— ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως 106
— πιέσεως ἀερίου 106
— — ἀτμοῦ 105
θερμομετρικαὶ κλίμακες 103
θερμοπλαστικαὶ ὕλαι 281, 282
θερμοπλαστικὴ ἰδιότης 273
θλῖψις 38

Ἰόν 9
ἰσορροπία φάσεων 26
ἰσότοπα 6

Καλούπι 287
καμπύλη ἀποψύξεως μετάλλων ἢ κράματος 27
καουτσούκ 269, 278, 279
κατεργασίαι παραμορφώσεως 62
κατεργαστικότης μετάλλου ἢ κράματος 110
καῦσις συνθετικῶν ὑλῶν 279
κέντρον κρυσταλλώσεως ἢ φύτρον 15
κλίβανοι θερμικῶν κατεργασιῶν 150
— — — ἠλεκτρικοὶ 153
— — — στερεοῦ, ὑγροῦ ἢ ἀερίου καυσίμου 153
— — — συνεχοῦς ροῆς 151
— — — τύπου παρτίδος 150
κόκκος ἢ κρυσταλλίτης 17
κονιομεταλλουργία 253
— ἐμποτισμὸς αὐτολιπαινομένων ἐδράνων 261
κονιομεταλλουργίας ἄλλαι ἐφαρμογαὶ 267, 264
— ἀνάμιξις συστατικῶν 257
— ἀναπυροσυσσωμάτωσις 261
— δι' ἀναγωγῆς ὀξειδίων μετάλλων 256
— δι' ἠλεκτρολύσεως ἁλάτων μετάλλων 257
— διὰ ρεύματος πεπιεσμένου ἀέρος 256
— προπυροσυσσωμάτωσις 261
— πυροσυσσωμάτωσις 259
— συμπίεσις 257
— φάσεις 254
— — δευτερεύουσαι 260
— — παραγωγὴ τῶν κόνεων 256
κρᾶμα (ὁρισμὸς) 21
— μετάλλου-ἀμετάλλου 22
— — -μεταλλοειδοῦς 22
— — -μετάλλου 22
κράματα ἀντιτριβικὰ ἢ ἐδράνων ὀλισθήσεως 249
— — μὲ βάσιν τὸν χαλκὸν 250
κρατέρωμα 2
κρατερώματα ἢ μπροῦντζοι 224, 225
κρυσταλλικῆς δομῆς μετασχηματισμοὶ 26
κρυσταλλικὸν πλέγμα 14
— — ἐνδοκεντρωμένον κυβικὸν 14, 15
— — μεγίστης πυκνότητος ἑξαγωνικὸν 15
— — στοιχειῶδες κύτταρον 14
— — χωροκεντρωμένον κυβικὸν 14, 15
κρυσταλλίτης ἢ κόκκος 17
κρύσταλλος 16

Lexan 500, 282
λευκὰ μέταλλα 251
— — μὲ βάσιν τὸν κασσίτερον 251
— — — — — μόλυβδον 252
λουτρὰ τετηγμένων ἁλάτων 154, 156

Μαγγάνιον 164
μαγνήσιον 239
μαγνησίου κράματα 239
— — Mg - Al - Zn - Mn 238
— — Mg - Mn 239
— — Mg - Zn - Z 238, 239
μαζικὸς ἀριθμὸς 6
μαρτενσίτης 95, 119
μεσομεταλλικὴ ἕνωσις 22, 25
μέταλλα αὐτοφυῆ 1
— ἐλατὰ 12
— ὄλκιμα 12
μετάλλευμα 3
μεταλλογνωσία (ὁρισμὸς) 4
μέταλλον, πολυκρυσταλλικὸν 17
μετάλλου σημεῖον τήξεως ἢ πήξεως 15
— στερεοποίησις (ἢ κρυστάλλωσις) 15
μετάλλων, ἰδιότητες 12
— ὁρισμὸς 12
— κρυσταλλικὴ δομὴ 13
— φυσικαὶ σταθεραὶ 13
μήτρα 287
μηχάνημα ἐφελκυσμοῦ καὶ θλίψεως 39
μολυβδαίνιον 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 οὐδετερόνια 6
νηματοειδὴς δομὴ 272
νικέλιον 166, 245
νικελίου κράματα 246
— — ἠλεκτρικ. ἀντιστάσεων 248
— — Ἰνκονὲλ 246
— — Μονὲλ 246
— — Νιμόνικ 247
— — πυρίμαχα 246
— — χαστελλόϋ 247,
νουκλεόνια 6
ντουραλουμίνιον 231, 232, 233

Ὀρείχαλκοι 223, 225
οὐδετερόνια ἢ νετρόνια 6

Πλαστικὰ 269
πλαστικῆς παραμορφώσεως, μηχανισμὸς 57
πλαστικότης 12, 41
πλέγμα 273
πολυαιθυλένιον 278
πολυαιθυλενοξείδιον 284
πολυακετάλαι 282
πολυαμῖδαι 280, 284, 291, 293
Πολυανθρακικὰ πλαστικὰ 279, 282, 284, 294
πολυβινυλοχλωρίδιον 271
πολυεστέρες 277, 279, 292
πολυμερῆ, ὁρισμὸς 269
— ὑποδιαίρεσις 270
πολυμερισμὸς 270
πολυουρεθάναι (μὴ ἀφρώδεις) 284
πολυπροπυλένιον 279, 297,
πολυπροσθήκη 271
πολυστυρένιον 279
πολυσυμπύκνωσις 270
πολυτετραφθοριοαιθυλένιον 279, 283
προσθηκῶν ἐπίδρασις 161, 165
πρωτόνια 6
πυρίτιον 178
πυρόμετρα ἀκτινοβολίας 108

Ρητῖναι 269

Σεμεντίτης 82
— πρωτογενὴς 91
σιδηρομεταλλεύματα 66
σιδηρομεταλλευμάτων, μηχανικὴ προεργασία 68
σιδήρου α-σίδηρος 80
— — γ-σίδηρος 81
— — δ-σίδηρος 81
— — ἀλλοτροπία 79
— — κρίσιμα σημεῖα 80
— σφυρηλάτου παρασκευὴ 74
σκληρυνομένη συνθετικὴ ὕλη 273
σκληρομέταλλα μὲ καρβίδια ἢ σκληρομέταλλα 253, 262
σκληρομετάλλων ἰδιότητες καὶ χρήσεις 266
— παραγωγὴ 262, 264
— τυποποίησις 267
σκληρόμετρον 44
σκληρότης (ὁρισμὸς) 43

σκλήρωσις 55
σκλήρωσις κραμάτων ἀργιλίου ἐκ κατακρημνίσεως διὰ γηράνσεως 235, 236
σορμπίτης 130, 131
στερεὸν διάλυμα 23
— — ἀντικαταστάσεως 23
— — κεκορεσμένον 24
— — παρεμβολῆς 23
στερεοποίησις μετάλλων ἢ κράματος 27
— — — liquidus 28
— — — Solidus 29
— — — Solvus 32
στοιχεῖα ἠλεκτραρνητικὰ 9
— ἠλεκτροθετικὰ 9
συμπύκνωσις 269
συνθετικαὶ ὕλαι 269
σώματα ἄμορφα 14
— κρυσταλλικὰ 14

Ταχύτης ἀποψύξεως 18
— — ἐπίδρασις 94
— — κρίσιμος 102
ταχυχάλυβες, 194, 196, 197
τρισδιάστατος στερεὸς σκελετὸς 273
τροοστίτης 130, 131
τυποποίησις χαλύβων 182
— — ἀμερικανικὸν σύστημα 185
— — γερμανικὸν — 182

Ὑλικὰ συνεκτικὰ 42
— ψαθυρὰ 42
ὑπόψυξις 18

Φαινολικὰ πλαστικὰ 270, 294
φερρίτης 83
φθοριοπλαστικὰ 283
φλογοβαφὴ 146
φύτρον ἢ κέντρον κρυσταλλώσεως 15

Χαλκοαργίλιον 226
χαλκονικέλιον 227
χαλκὸς 221
χαλκοῦ κράματα 222
χάλυβες ἀνθρακοῦχοι 79, 85
— — εὐτηκτοειδεῖς 89
— — ὑπερευτηκτοειδεῖς 90
— — ὑποευτηκτοειδεῖς 87
— ἀνοξείδωτοι 198
— — μαρτενσιτικοὶ 199
— — περικρυσταλλικοί, διάβρωσις 201
— — φερριτικοὶ 202
— — ὠστενιτικοὶ 200
χάλυβες βαναδιοῦχοι (πλὴν ταχυχαλύβων) 179
— βολφραμιοῦχοι (πλὴν ταχυχαλύβων) 175
— ἐργαλείων 189
— — ἀντοχῆς εἰς κρούσεις 191
— — θερμηλασίας 193
— — θερμικαὶ κατεργασίαι 195
— — κοινοὶ 191, 192
— — ψυχρηλασίας 192
— ἠλεκτρομαγνητικῶν ἐφαρμογῶν 202
— κατασκευῶν 185
— — ἀνθρακοῦχοι 186, 187
— μαγγανιοῦχοι 164, 167
— — μαρτενσιτικοὶ 166
— — περλιτικοὶ 164
— — ὠστενιτικοὶ 166
— μολυβδαινιοῦχοι 177
— νικελιοῦχοι 166, 170
— — ἰνβὰρ 168
— — μαρτενσιτικοὶ 168
— — περλιτικοὶ 166
— — πέρμαλλόϋ 168
— — ὠστενιτικοὶ 168
— νικελιοχρωμιοῦχοι 172, 174
— — ἐναυθρακώσεως 172
— πυρίμαχοι 202, 207
— πυριτιοῦχοι 178
— χρωμιοῦχοι 169, 171
χαλυβοκράματα εἰδικὰ 198
— κατασκευῶν 188
— — ἐναζωτώσεως 189
χαλυβοκραμάτων, εὐθραυστότης ἐξ ἐπαναφορᾶς 159, 173
χάλυβος ἐπιβελτίωσις 133
— παρασκευὴ 75
— — ἠλεκτρικὴ μέθοδος 78
— — μέθοδος Μπέσσεμερ 76
— — μέθοδος Σῆμενς-Μαρτὲν 76
χαλύβων ἀκαθαρσίαι, 178
— ἐπιφανειακὴ σκλήρωσις 135
— ἐργαλείων, θερμικαὶ κατεργασίαι 195
χημικὰ στοιχεῖα 5
χημικαὶ ἑνώσεις 5, 8
χρώμιον 169
χύτευσις δι' ἐγχύσεως 286, 289, 299
— — ἐμφυσήσεως 286, 288
— — πιέσεως 286, 290, 295
χυτοσίδηροι εἰδικοὶ 212, 219, 220
— λευκοὶ 207, 209
— μαλακτοποιημένοι 213
— φαιοὶ 210

χυτοσίδηροι φαιοὶ λευκῆς ἐπιφανείας θραύσεως 215
— — περλιτικοὶ 211
— — φερριτικοὶ 211
— — μελαίνης — — 213
— σφαιροειδοῦς γραφίτου 217
χυτοσίδηρος 206
— λευκὸς 72
— φαιὸς 72
χυτοσίδηρος παρασκευὴ διὰ τῆς μεθόδου Κρούπ-Ρένν 73
— — — — τῆς ὑψικαμίνου 69

Ψευδάργυρος 241
ψευδαργύρου κράματα 241
ψυχρηλασία 61

Ὠστενίτης 82
— κεκορεσμένος 83

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: ΓΡΑΦΙΚΑΙ ΤΕΧΝΑΙ "ΑΣΠΙΩΤΗ - ΕΛΚΑ" Α. Ε.