

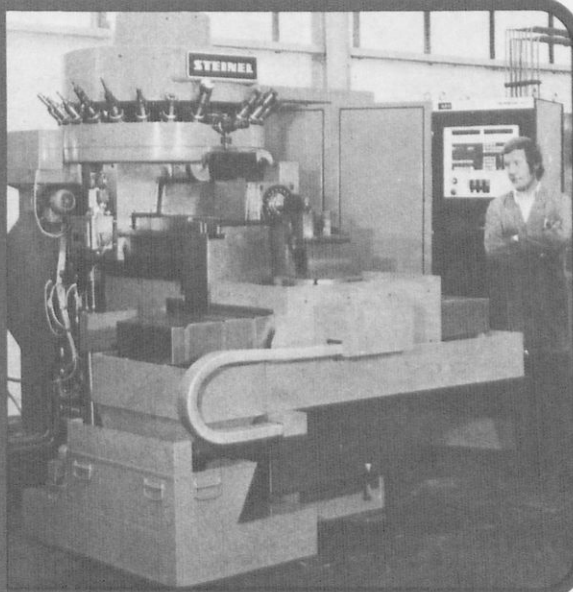


Β' Τεχνικού Λυκείου

ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Πέτρου Γ. Πετρόπουλου

ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ Α.Π.Θ.





1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ





Πετροπούλου, Πέτρος Γ.

Β' ΤΑΞΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ — ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

ΠΕΤΡΟΥ Γ. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΠΑΝ/ΜΙΟΥ ΘΕΣΣ/ΚΗΣ

ΑΘΗΝΑ
1979



002
418
ET2B
2136

ΜΗΧΑΝΟΤΡΟΠΗ
ΑΥΤΟΛΟΓΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΗΣ ΒΟΥΛΗΣ
ΕΔΩΡΗΣΑΤΟ
Διεύθυνση Εκδόσεων
Αρ. Αριθ. Εισαγ. *1804* Έτος *1980*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης, ὁ ἱδρυτὴς καὶ χορηγὸς τοῦ «Ἰδρύματος Εὐγενίδου», πολὺ νωρὶς πρόβλεψε καὶ σχημάτισε τὴν πεποίθησιν ὅτι ἡ ἄρτια κατάρτιση τῶν τεχνικῶν μας, σὲ συνδυασμὸ μὲ τὴν ἐθνικὴ ἀγωγὴ, θά ἦταν ἀναγκαῖος καὶ ἀποφασιστικὸς παράγοντας τῆς προόδου τοῦ Ἑθνους μας.

Τὴν πεποίθησίν του αὐτὴ ὁ Εὐγενίδης ἐκδήλωσε μὲ τὴ γενναιοφρονα πράξιν εὐεργεσίας, νὰ κληροδοτήσῃ σεβαστὸ ποσὸ γιὰ τὴ σύστασιν Ἰδρύματος ποῦ θά εἶχε σκοπὸ νὰ συμβάλλῃ στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευσιν τῶν νέων τῆς Ἑλλάδας.

Ἔτσι τὸ Φεβρουάριον τοῦ 1956, συστάθηκε τὸ «Ἴδρυμα Εὐγενίδου», τοῦ ὁποῖου τὴν διοίκησιν ἀνέλαβε ἡ ἀδελφὴ του κυρία Μαριάνθη Σίμου, σύμφωνα μὲ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτη.

Ἀπὸ τὸ 1956 μέχρι σήμερα ἡ συμβολὴ τοῦ Ἰδρύματος στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευσιν πραγματοποιεῖται μὲ διάφορες δραστηριότητες. Ὅμως ἀπ' αὐτὰς ἡ σημαντικότερη, ποῦ κριθῆκε ἀπὸ τὴν ἀρχὴ ὡς πρώτης ἀνάγκης, εἶναι ἡ ἐκδόσις βιβλίων γιὰ τοὺς μαθητὰς τῶν τεχνικῶν σχολῶν.

Μέχρι σήμερα ἐκδόθηκαν 150 τόμοι βιβλίων, ποῦ ἔχουν διατεθεῖ σὲ πολλὰ ἑκατομμύρια τεύχη, καὶ καλύπτουν ἀνάγκες τῶν Κατώτερων καὶ Μέσων Τεχνικῶν Σχολῶν τοῦ Ὑπ. Παιδείας, τῶν Σχολῶν τοῦ Ὁργανισμοῦ Ἀπασχολήσεως Ἑργατικοῦ Δυναμικοῦ (ΟΑΕΔ) καὶ τῶν Δημοσίων Σχολῶν Ἑμπορικοῦ Ναυτικοῦ.

Μοναδικὴ φροντίδα τοῦ Ἰδρύματος σ' αὐτὴ τὴν ἐκδοτικὴν του προσπάθειαν ἦταν καὶ εἶναι ἡ ποιότητα τῶν βιβλίων, ἀπὸ ἀποψη ὅχι μόνον ἐπιστημονικὴ, παιδαγωγικὴ καὶ γλωσσικὴ, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ ἀποψη ἐμφανίσεως, ὥστε τὸ βιβλίον νὰ ἀγαπηθεῖ ἀπὸ τοὺς νέους.

Γιὰ τὴν ἐπιστημονικὴ καὶ παιδαγωγικὴ ποιότητα τῶν βιβλίων, τὰ κείμενα ὑποβάλλονται σὲ πολλὰς ἐπεξεργασίας καὶ βελτιώνονται πρὶν ἀπὸ κάθε νέα ἐκδόσι.

Ἰδιαίτερη σημασία ἀπέδωσε τὸ Ἴδρυμα ἀπὸ τὴν ἀρχὴ στὴν ποιότητα τῶν βιβλίων ἀπὸ γλωσσικὴ ἀποψη, γιὰ τὴν πιστεύει ὅτι καὶ τὰ τεχνικὰ βιβλία, ὅταν εἶναι γραμμένα σὲ γλῶσσα ἄρτια καὶ ὁμοίομορφη ἀλλὰ καὶ κατάλληλη γιὰ τὴν στάθμην τῶν μαθητῶν, μποροῦν νὰ συμβάλλουν στὴν γλωσσικὴ διαπαιδαγώγησιν τῶν μαθητῶν.

Ἔτσι μὲ ἀπόφασιν ποῦ πάρθηκε ἤδη ἀπὸ τὸ 1956 ὅλα τὰ βιβλία τῆς Βιβλιοθήκης τοῦ Τεχνίτη, δηλαδὴ τὰ βιβλία γιὰ τίς Κατώτερες Τεχνικὲς Σχολὰς, ὅπως ἀργότερα καὶ γιὰ τίς Σχολὰς τοῦ ΟΑΕΔ, εἶναι γραμμένα σὲ γλῶσσα δημοτικὴ μὲ βάση τὴν γραμματικὴν τοῦ Τριανταφυλλίδη, ἐνῶ ὅλα τὰ ἄλλα βιβλία εἶναι γραμμένα στὴν ἀπλὴ καθαρεύουσα. Ἡ γλωσσικὴ ἐπεξεργασία τῶν βιβλίων γίνεται ἀπὸ φιλόλογους τοῦ Ἰδρύματος καὶ ἔτσι ἐξασφαλίζεται ἡ ἐνιαία σύνταξιν καὶ ὁρολογία καθὲς κατηγορίας βιβλίων.

Ἡ ποιότητα τοῦ χαρτιοῦ, τὸ εἶδος τῶν τυπογραφικῶν στοιχείων, τὰ σωστά σχήματα καὶ ἡ καλαίσθητη σελιδοποίηση, τὸ ἐξώφυλλο καὶ τὸ μέγεθος τοῦ βιβλίου περιλαμβάνονται καὶ αὐτὰ στίς φροντίδες τοῦ Ἰδρύματος.

Τὸ Ἰδρυμα θεώρησε ὅτι εἶναι υποχρέωσή του, σύμφωνα μέ τὸ πνεῦμα του ἰδρυτῇ του, νὰ θέσει στήν διάθεση τοῦ Κράτους ὅλη αὐτὴ τὴν πείρα του τῶν 20 ἐτῶν, ἀναλαμβάνοντας τὴν ἐκδοση τῶν βιβλίων καὶ γιὰ τίς νέες Τεχνικές καὶ Ἑπαγγελματικές Σχολές καὶ τὰ νέα Τεχνικά καὶ Ἑπαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα μέ τὰ Ἀναλυτικά Προγράμματα τοῦ Κ.Ε.Μ.Ε.

Τὰ χρονικά περιθώρια γι' αὐτὴ τὴν νέα ἐκδοτικὴ προσπάθεια ἦταν πολὺ περιορισμένα καὶ ἴσως γι' αὐτό, ἰδίως τὰ πρῶτα βιβλία αὐτῆς τῆς σειρᾶς, νὰ παρουσιάσουν ἀτέλειες στὴ συγγραφὴ ἢ στὴν ἐκτύπωση, πού θὰ διορθωθοῦν στὴ νέα τους ἐκδοση. Γι' αὐτό τὸ σκοπὸ ἐπικαλούμαστε τὴν βοήθεια ὅλων ὧν θὰ χρησιμοποιοῦσιν τὰ βιβλία, ὥστε νὰ μᾶς γνωστοποιήσουν κάθε παρατήρησή τους γιὰ νὰ συμβάλλουν καὶ αὐτοὶ στὴ βελτίωση τῶν βιβλίων.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ἀλέξανδρος Ι. Παπᾶς, Ὁμ. Καθηγητῆς ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης, Διπλ. Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Ἀντιπρόεδρος.

Μιχαὴλ Γ. Ἀγγελόπουλος, Τακτικὸς Καθηγητῆς ΕΜΠ, Διοικητῆς ΔΕΗ.

Παναγιώτης Χατζηγιάννου, Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ, Γεν. Δ/ντῆς Ἑπαγ/κῆς Ἑκπ. Ὑπ. Παιδείας, Ἐπιστημ.

Σύμβουλος, Γ. Ροῦσσος, Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ.

Σύμβουλος ἐπὶ τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος **Κ.Α. Μανᾶφης**, Καθηγητῆς Φιλοσοφικῆς

Σχολῆς Παν/μίου Ἀθηνῶν.

Γραμματεὺς, **Δ.Π. Μεγαρίτης**.

Διατελέσαντα μέλη ἢ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

Γεώργιος Κακριδῆς † (1955 — 1959) Καθηγητῆς ΕΜΠ. **Ἄγγελος Καλογεράς** † (1957 — 1970)

Καθηγητῆς ΕΜΠ, **Δημήτριος Νιάνιαν** (1957 — 1965) Καθηγητῆς ΕΜΠ, **Μιχαὴλ Σπετσιέρης**

(1956 — 1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960 — 1967) **Θεόδωρος Κουζέλης** (1968 — 1976)

Μηχ.-Ἡλ. ΕΜΠ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Βασικό αντικείμενο του τόμου αυτού, του πρώτου τής Μηχανουργικής Τεχνολογίας του Τεχνικού και Έπαγγελματικού Λυκείου, αλλά και εκείνου που θα ακολουθήσει, είναι οι **κατεργασίες κοπής των μετάλλων** και οι **έργαλειομηχανές κοπής**.

Η πολύ πλατιά χρήση, που βρίσκουν οι κατεργασίες κοπής στη βιομηχανική πράξη, τόσο των βασικών από αυτές (τόρνευση, τρυπάνισμα, πλάνισμα, φραιζάρισμα και λείανση), όσο και των ποικίλων παραλλαγών τους, οφείλεται σε τούτο το

Βασικό αντικείμενο του τόμου αυτού, του πρώτου τής Μηχανουργικής Τεχνολογίας του Τεχνικού και Έπαγγελματικού Λυκείου, αλλά και εκείνου που θα ακολουθήσει, είναι οι **κατεργασίες κοπής των μετάλλων** και οι **έργαλειομηχανές κοπής**.

Η πολύ πλατιά χρήση των κατεργασιών κοπής στη βιομηχανική πράξη, τόσο των βασικών από αυτές (τόρνευση, τρυπάνισμα, πλάνισμα, φραιζάρισμα και λείανση), όσο και των ποικίλων παραλλαγών τους, οφείλεται σε τούτο το βασικό τους πλεονέκτημα, αν τις συγκρίνουμε με τις λοιπές κατεργασίες και μεθόδους μορφοποιήσεως μεταλλικών προϊόντων: παρέχουν γενικά ακρίβεια διαστάσεων και μορφής υψηλής στάθμης, όπως και καλή τραχύτητα επιφάνειας. Είναι δυνατό, με τις κατεργασίες αυτές, να επιτύχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια και την καλύτερη δυνατή τραχύτητα επιφάνειας με παραγωγικό κόστος βεβαίως ανάλογο ψηλό.

Όμως, για να συντελεσθεί ή μηχανουργική παραγωγή, εκτός από την κατάλληλη κατά περίπτωση έργαλειομηχανή και το κατάλληλο κοπτικό έργαλειο, συμμετέχουν ο τεχνίτης, που χειρίζεται την έργαλειομηχανή, το κατεργαζόμενο υλικό και ο έλεγχος, τον οποίο διενεργούμε με τη βοήθεια των προβλεπομένων μετρητικών οργάνων. Με τον έλεγχο αυτό διαπιστώνουμε κάθε φορά, αν το κομμάτι που κατασκευάζουμε ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές, που έχουμε προκαταβολικά θέσει γι' αυτό. Έτσι, πέρα από τα σχετικά με τις κατεργασίες κοπής και με τις έργαλειομηχανές, αφιερώνουμε στον τόμο αυτό και δύο ξεχωριστά Κεφάλαια, όπως θα δούμε παρακάτω. Τό ένα από αυτά αναφέρεται στις **μηχανουργικές μετρήσεις** και το άλλο στα **μηχανουργικά υλικά**.

Σε όρισμα από τα αντικείμενα των μηχανουργικών μετρήσεων (π.χ. πρότυπα πλακίδια, συγκριτικές μετρήσεις, συναρμογές και άνοχές τους) ίσως φανεί στον αναγνώστη ότι έχουμε επεκταθεί περισσότερο από ό, τι πρέπει. Αυτό το θεωρήσαμε αναγκαίο, γιατί οι σημερινές απαιτήσεις για ακρίβεια στις μηχανουργικές κατασκευές είναι αρκετά αυστηρές (πολύ παραπάνω από την ακρίβεια που επιτυγχάνουμε με το παχύμετρο ή και με το μικρόμετρο).

Η συγγραφή του βιβλίου αυτού έγινε με βάση το αναλυτικό πρόγραμμα του ΚΕΜΕ.

Καταβάλαμε κατά τη συγγραφή κάθε προσπάθεια και φροντίδα ώστε, για καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου του βιβλίου, να περιληφθούν σ' αυτό τα απαραίτητα σχήματα ή εικόνες. Επίσης, όπου ήταν δυνατό, παραθέσαμε και σχετικούς πίνακες προτυποποιήσεως.

Για να αποφυγουμε επαναλήψεις, κάνουμε πάρα πολλές παραπομπές.

Τονίζουμε ιδιαίτερα και πάλι εδώ, ότι οι γνώσεις που παρέχονται στο μαθητή με

τό βιβλίο αυτό, θά πρέπει **νά συνδυάζονται μέ έποπτική διδασκαλία καί μέ πρακτική άσκηση** στό μηχανουργείο, γιά νά έπιτευχθεΐ έτσι τό βέλτιστο άποτέλεσμα τής έκπαιδεύσεως.

Τό κείμενο διαιρείται σέ τρία Μέρη καί σέ έννέα Κεφάλαια.

Στό πρώτο Μέρος περιγράφεται τό μηχανουργείο καί δίνονται όρισμένα στοιχεία σχετικά μέ τήν όργάνωση καί τή λειτουργία του, όπως καί μέ τήν ασφάλεια κατά τήν εργασία μέσα σ' αυτό. Έπίσης, συμπληρώνονται τόσο οι μηχανουργικές μετρήσεις, όσο καί τά μηχανουργικά υλικά, πού είχαμε άρχίσει στό Μηχανολογικό Έργαστήριο, μέ νέα άπολύτως χρήσιμα αντικείμενα.

Στό δεύτερο Μέρος, μετά από μία ταξινόμηση τών κατεργασιών κοπής καί τών συναφών εργαλειομηχανών πού επιχειρούμε, αναπτύσσουμε, όσο άπλούστερα γίνεται, τίς θεμελιώδεις άρχές τής κοπής τών μετάλλων καί κατόπιν μελετούμε τή δομή τών εργαλειομηχανών. Τό Μέρος αυτό είναι γενικό καί από αυτό ό μαθητής θά πάρει συστηματοποιημένες γνώσεις, πού θά τόν βοηθήσουν σημαντικά στην κατανόηση τών βασικών κατεργασιών κοπής καί εργαλειομηχανών, μέ τίς όποιες θά άρχίσουμε στό τρίτο Μέρος, καί πού θά συνεχισθούν καί στον έπόμενο τόμο.

Στό τρίτο Μέρος προτάσσουμε ένα Κεφάλαιο (Κεφάλ. 7) γιά τή συντήρηση τών εργαλειομηχανών καί κατόπιν ασχολούμαστε μέ τίς βασικές κατεργασίες κοπής καί τίς συναφείς εργαλειομηχανές, άρχίζοντας από τό τρυπάνισμα καί τό δρόπανο (Κεφάλ. 8) καί από τό πλάνισμα καί τήν πλάνη (Κεφάλ. 9). Γιά κάθε κατεργασία δίνουμε τήν άρχή στην όποία αυτή βασίζεται, τίς δυνατότητες, τίς όποιες έχει καί περιγράφουμε τήν εργαλειομηχανή, στην όποία εκτελείται ή κατεργασία. Επί πλέον παρέχουμε στοιχεία γιά τή σωστή εκτέλεσή της (πρόσδεση κομματιού, εργαλείου κλπ), όπως καί γιά τήν έκλογή τών συνθηκών κατεργασίας, τής γεωμετρικής μορφής του κοπτικού εργαλείου καί του ύγρου κοπής. Τέλος μέ εύχρηστες σχέσεις προσδιορίζουμε τήν κύρια συνιστώσα τής δυνάμεως κοπής καί τήν ίσχύ κοπής.

Ό συγγραφέας

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΤΟ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ. ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΤΟ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ

1.1 Περιγραφή, όργάνωση και λειτουργία του μηχανουργείου.

1.1.1 Πώς συγκροτείται τό μηχανουργείο.

Μηχανουργείο είναι ο έργοστασιακός χώρος, όπου μορφοποιούνται μεταλλικά κομμάτια με κατεργασίες κοπής κατά κύριο λόγο καί, σέ περιορισμένη σχετικά έκταση, με κατεργασίες διαμορφώσεως. Τίς περισσότερες φορές τά παραγόμενα κομμάτια συναρμολογούνται στό μηχανουργείο, γιά νά μās δώσουν έτοιμα προϊόντα, όπως μηχανήματα, μεταλλικές κατασκευές, συσκευές, διατάξεις, σύνθετα εργαλεία, έξαρτήματα κ.ά.

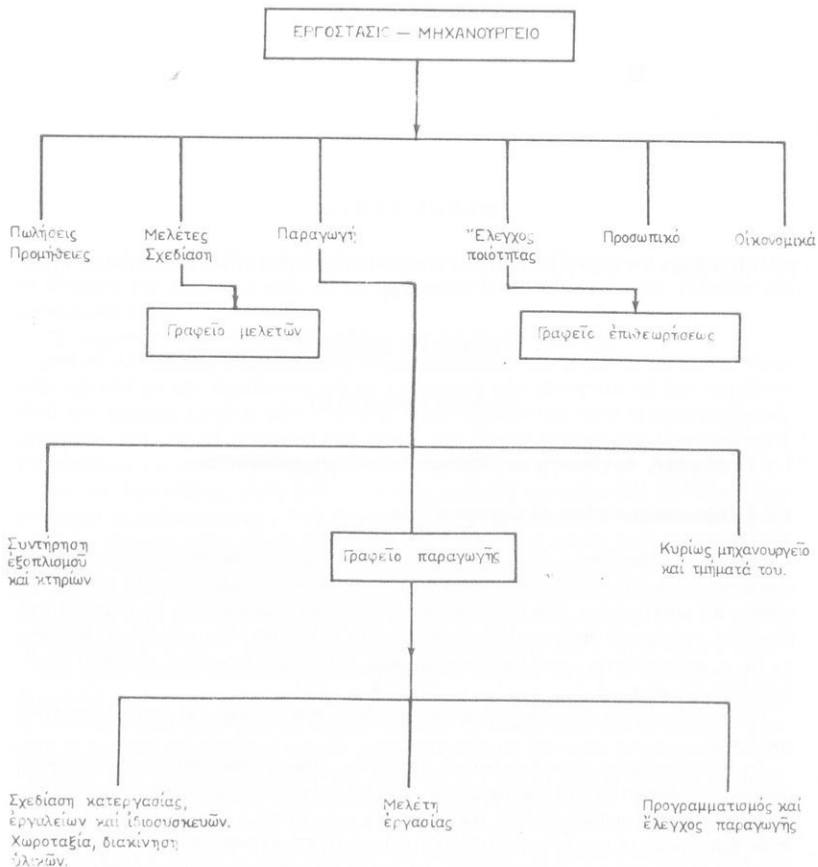
Τό μηχανουργείο άποτελεί τή βάση τής όλης παραγωγής γιά μηχανολογικούς σκοπούς.

Τό μηχανουργείο είναι δυνατό νά ύφίσταται είτε ως άνεξάρτητη βιομηχανική μονάδα (ως έργοστάσιο-μηχανουργείο), είτε νά άποτελεί τμήμα ενός έργοστασίου. Τό μέγεθος του μηχανουργείου, ό έξοπλισμός του γενικά, ή συγκρότησή του καί τό άπασχολούμενο σ' αυτό τεχνικό, διοικητικό καί έργατοτεχνικό προσωπικό, όλα αυτά είναι συνάρτηση των προϊόντων, τά όποια τό μηχανουργείο παράγει καί του ρυθμού παραγωγής τους. (Ρυθμός παραγωγής είναι ή ποσότητα ενός προϊόντος, πού παράγεται σέ μία καθορισμένη χρονική μονάδα, π.χ. σέ μία ώρα, σέ ένα όκτώωρο, σέ μία έβδομάδα κλπ.).

Γιά νά πάρουμε μία γενική ιδέα επάνω στό πώς είναι συγκροτημένο ένα έργοστάσιο-μηχανουργείο, αναφέρουμε παρακάτω συνοπτικά μερικά στοιχεία γιά τίς βασικές δραστηριότητες μέσα σ' αυτό καί γιά τά τμήματά του.

Οι δραστηριότητες (ή λειτουργίες) μέσα στό μηχανουργείο εικονίζονται στό διάγραμμα του σχήματος 1.1α, στό όποιο αναλύεται ή δραστηριότητα - **παραγωγή**, ή όποια καί μās ενδιαφέρει περισσότερο στήν ανάπτυξη μας αυτή.

Ός τμήματα του μηχανουργείου, εκτός βέβαια από τό κυρίως μηχανουργείο, όπου εκτελούνται οι διάφορες κατεργασίες στίς εργαλειομηχανές, μπορούμε νά ά-
παριθμήσουμε τά ακόλουθα:



Σχ. 1.1α.

Οι δραστηριότητες μέσα σέ ένα εργοστάσιο-μηχανουργείο.

Τό τμήμα συναρμολογήσεως.

Τό εφαρμοστήριο, καμινευτήριο, σιδηρουργείο και χυτήριο, ανάλογα μέ τά παραγόμενα προϊόντα.

Τό εργαλειοκατασκευαστήριο (συνήθως σέ συνδυασμό μέ τήν αίθουσα προτύπων και έλεγκτήρων).

Τό τμήμα θερμικών κατεργασιών.

- Τό τμήμα μηχανικών και άλλων δοκιμασιών, μεταλλογνωσιακών έλέγχων και χημικών αναλύσεων.

- Τήν απόθήκη ύλικού.

— Τήν αποθήκη εργαλείων καί μετρητικῶν ὀργάνων.

Θεωροῦμε σκόπιμο ἐδῶ νά ποῦμε λίγα λόγια σχετικά μέ τό εργαλειοκατασκευαστήριο καί τήν αποθήκη ὑλικοῦ, ὅπως καί μέ τήν αποθήκη εργαλείων καί μετρητικῶν ὀργάνων. Αὐτό τό κάνομε, γιατί θά συναντήσουμε τά τμήματα αὐτά παρακάτω (παράγρ. 1.1.4), ὅταν μιλήσουμε γιά τήν ἐκτέλεση τῆς ἐργασίας στό μηχανουργεῖο.

Στό **εργαλειοκατασκευαστήριο** κατασκευάζονται τά εἰδικά εργαλεῖα, ὅπως καί οἱ ἰδιοσυσκευές γιά τή συγκράτηση κομματιῶν καί τήν ὁδήγηση εργαλείων, πού χρειάζονται κάθε φορά γιά τήν παραγωγή. Οἱ μελέτες γιά τίς κατασκευές αὐτές γίνονται ἀπό τό εἰδικό τμήμα τοῦ Γραφείου Παραγωγῆς (σχ. 1.1α).

Γιά νά ἐπιτελέσει τόν προορισμό του, τό εργαλειοκατασκευαστήριο εἶναι ἐξοπλισμένο μέ ἐργαλειομηχανές ἀκρίβειας καί ἐπاندρωμένο μέ τούς καλύτερους τεχνίτες (ἐργαλειομηχανικούς καί ἐφαρμοστές), γιατί ἡ ἐργασία σ' αὐτό ἀπαιτεῖ μεγάλη δεξιότητα καί ἐμπειρία.

Στό εργαλειοκατασκευαστήριο ὑπάγεται συνήθως ἡ αἰθουσα προτύπων (παράγρ. 2.3.3) καί ἐλεγκτῆρων (παράγρ. 2.7.1).

Στήν **ἀποθήκη εργαλείων καί μετρητικῶν ὀργάνων** βρίσκονται ταξινομημένα τά πάσης φύσεως εργαλεῖα (κοπτικά εργαλεῖα, λοιπά εργαλεῖα χεριοῦ, εργαλεῖα διαμορφώσεως), οἱ τυπικές (στάνταρντ, Standard) συσκευές συγκρατήσεως εργαλείων καί κομματιῶν, οἱ ἰδιοσυσκευές συγκρατήσεως κομματιῶν καί ὁδηγήσεως εργαλείων, ὅπως καί τά διάφορα μετρητικά ὄργανα γιά χρήση ἀπό τούς τεχνίτες.

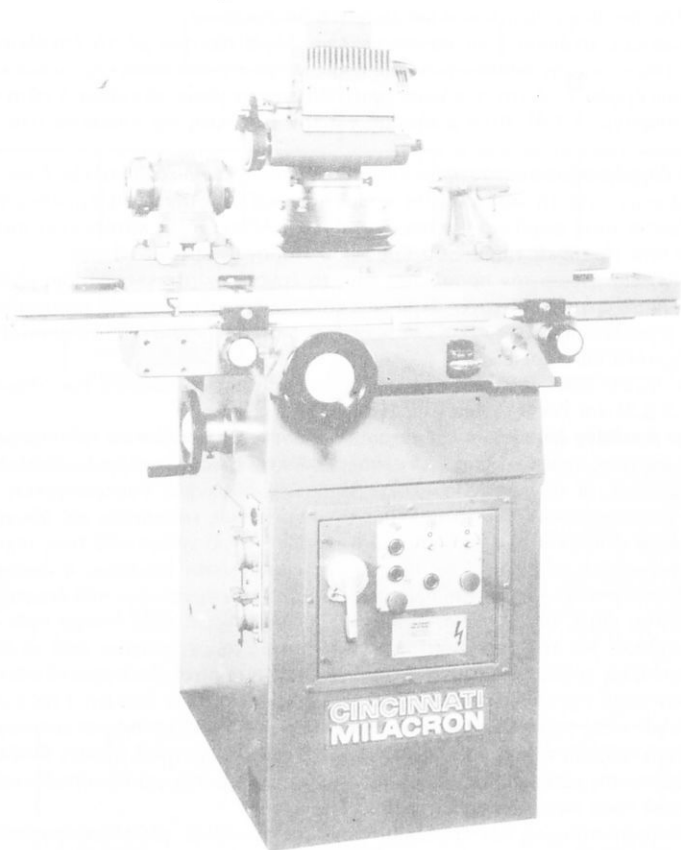
Σέ ξεχωριστό χῶρο τῆς ἀποθήκης εργαλείων γίνεται συνήθως ἡ **ἀνατρόχισι** (καί ἀξιοποίηση, ἂν χρειάζεται) ὅλων τῶν φθαρμένων εργαλείων πού ἐπιστρέφουν οἱ τεχνίτες, ὥστε τά εργαλεῖα, μετά τήν ἀνατρόχισι, νά εἶναι ἔτοιμα πάλι γιά νά διανεμηθοῦν. Μέ τόν τρόπο αὐτόν ἀνατροχίσσεως τῶν εργαλείων ἀπό τό ἓνα μέρος κερδίζομε χρόνο καί ἀπό τό ἄλλο ἡ τρόχισι γίνεται κανονικά ἀπό τό εἰδικευμένο προσωπικό τῆς ἀποθήκης. Θά πρέπει νά ὑπογραμμίσουμε ἐδῶ ὅτι ἡ τρόχισι τῶν εργαλείων εἶναι πολύ δύσκολη ἐργασία καί ἀπαιτεῖ ἐξειδίκευση καί ἐμπειρία* ἐπίσης, ὅτι ἡ τρόχισι τῶν εργαλείων στή σωστή τους γεωμετρική μορφή, ἀνάλογα μέ τήν περίπτωση κατεργασίας, εἶναι σημαντικός παράγοντας γιά τήν ἀποδοτική συμπεριφορά τους κατά τήν κατεργασία.

Γιά τήν ἀνατρόχισι τῶν εργαλείων (φραιζες, τρυπάνια, γλύφανα, εργαλεῖα τορνεύσεως κ.ἄ.) χρησιμοποιοῦμε κατάλληλα λειαντικά μηχανήματα εργαλείων (σχ. 1.1β).

Στήν **ἀποθήκη ὑλικοῦ** ταξινομοῦνται οἱ διάφορες πρῶτες ὕλες [μισοκατεργασμένα χαλύβδινα προϊόντα ἐμπορίου (Μ.Ε. παράγρ. 2.7)*, ράβδοι καί ἐλάσματα ἀπό μὴ σιδηροῦχα μέταλλα καί κράματα κλπ.], ὅπως καί τά ἀνταλλακτικά, πού χρειάζονται γιά τήν παραγωγή* ἀκόμα καί τά ὑλικά γιά τή λειτουργία καί συντήρηση τῶν εργαλειομηχανῶν (ὕγρα κοπῆς, λάδια συντηρήσεως κ.ἄ.) Τά ὑλικά αὐτά εἶναι διαθέσιμα, μόλις ζητηθοῦν ἀπό τούς τεχνίτες.

Μέ τήν ὀργάνωση καί τή λειτουργία τῶν ἀποθηκῶν, ὅπως καί μέ τόν ἐλεγχό τῶν ἀποθεμάτων δέν θά ἀσχοληθοῦμε, γιατί αὐτό δέν περιλαμβάνεται στό σκοπό τοῦ βιβλίου αὐτοῦ.

* Τά ἀρχικά Μ.Ε. ὑποδηλώνουν τό βιβλίο «Μηχανολογικό Ἐργαστήριο» τοῦ Ἰδρύματος Εὐγενεῖδῃ γιά τήν Α' Τεχνικοῦ καί Ἐπαγγελματικοῦ Λυκείου.

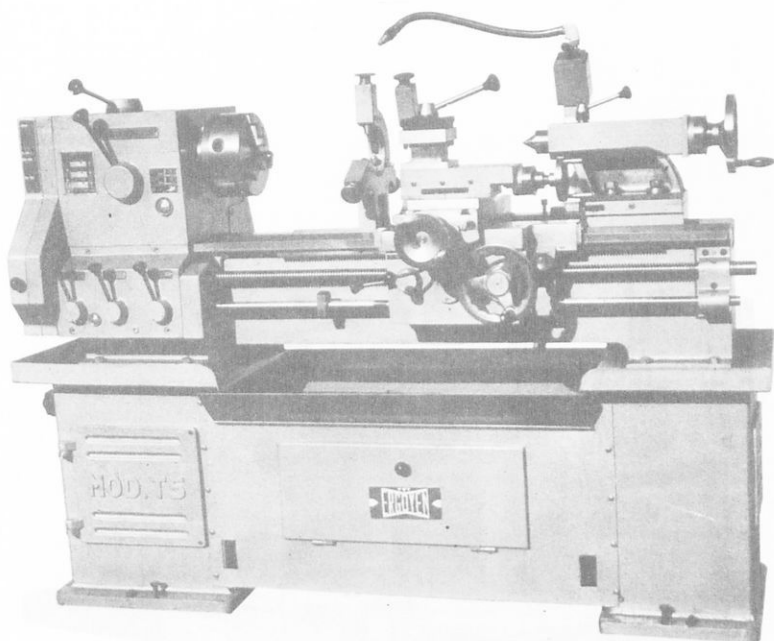


Σχ. 1.1β.

Ειδικό λειαντικό μηχανήμα τροχίσσεως έργαλειών γενικής χρήσεως.

1.1.2 Ποιός είναι ο εξοπλισμός του μηχανουργείου.

Τό μηχανουργείο είναι εξοπλισμένο βασικά με τυπικές εργαλειομηχανές κοπής γενικής χρήσεως [παράγρ. 4.5(Γ) (1)], όπως είναι οι τόρνοι (σχ. 1.1γ), οι φραιζομηχανές (σχ. 1.1δ), τά δράπανα (σχ. 1.1ε), τά φραιζοδράπανα (σχ. 1.1στ), οι πλάνες (σχ. 1.1ζ) καί τά λειαντικά μηχανήματα (σχ. 1.1η). Επί πλέον στό μηχανουργείο βρίσκονται καί **ειδικές εργαλειομηχανές**, [παράγρ. 4.5(Γ) (2)], όπως είναι οι πυργωτοί (ήμιαυτόματοι) καί οι αυτόματοι τόρνοι (σχ. 1.1θ), εργαλειομηχανές κοπής όδοντώσεων (γρναζοκόπτες, σχ. 1.1ι), λειαντικά μηχανήματα όδοντώσεων, σύγχρονες εργαλειομηχανές με ψηφιακό έλεγχο (σχ. 1.1ια) καί άλλες. Επίσης, ό έ-



Σχ. 1.1γ.

Όριζόντιος μηχανουργικός τórνος γενικής χρήσεως.

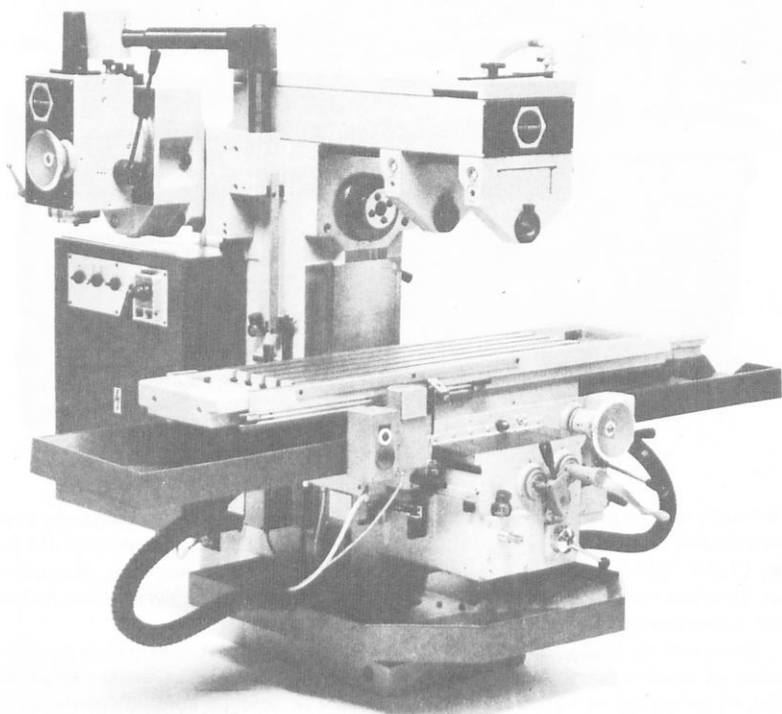
Ξεπλισμός του μηχανουργείου μπορεί να περιλαμβάνει και εργαλειομηχανές διαμορφώσεως, κυρίως μηχανικές (Μ.Ε., σχ. 17.2γ) και υδραυλικές πρέσες (Μ.Ε., σχ. 17.2ε). Άλλες εργαλειομηχανές διαμορφώσεως (ειδικές πρέσες, αερόσφυρες, έλαστρα, τράπεζες όγκης κλπ.) ανήκουν στον έξοπλισμό καμινευτηρίων ή ειδικών εργοστασίων (σωληνουργείων, χαλυβουργείων κ.ά.).

Έκτός από τις εργαλειομηχανές που αναφέρομε, τό μηχανουργείο είναι εφοδιασμένο με ποικίλα εργαλεία του χεριού (στό Μ.Ε. άσχοληθήκαμε αναλυτικά με τά είδη, τή χρήση και τίς εφαρμογές των εργαλείων χεριού), με κοπτικά εργαλεία και εργαλεία διαμορφώσεως, με μετρητικά όργανα, με παρελκόμενα εργαλειομηχανών, με τυπικές συσκευές συγκρατήσεως κομματιών και εργαλείων και με διάφορες ίδιουσσκευές: επίσης με τράπεζες και θέσεις εργασίας, όπως και με μέσα διακινήσεως υλικών, κομματιών και εργαλείων.

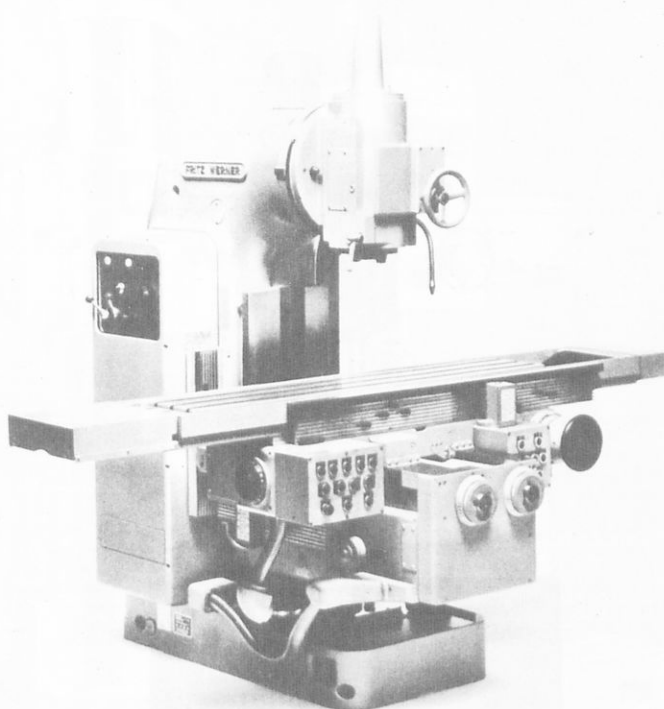
1.1.3 Χωροταξική διάταξη του μηχανουργείου και διακίνηση των υλικών (μεταφορές).

Α. Χωροταξική διάταξη.

Λέγοντας **χωροταξική διάταξη** του μηχανουργείου έννοούμε τίς σχετικές θέσεις



Όριζόντια

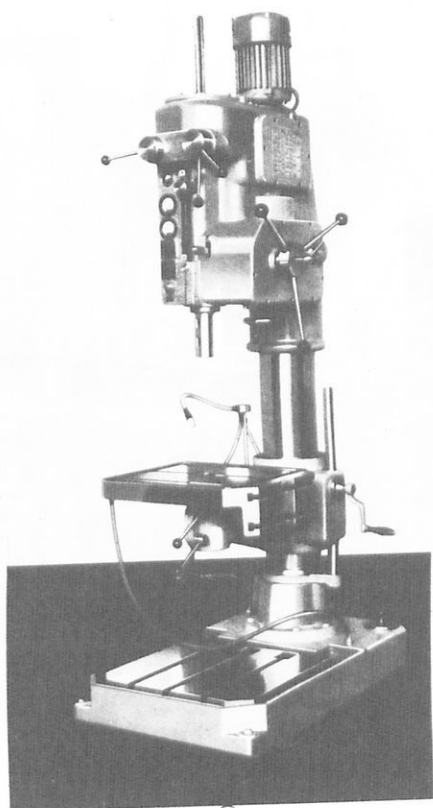


Κατακόρυφη

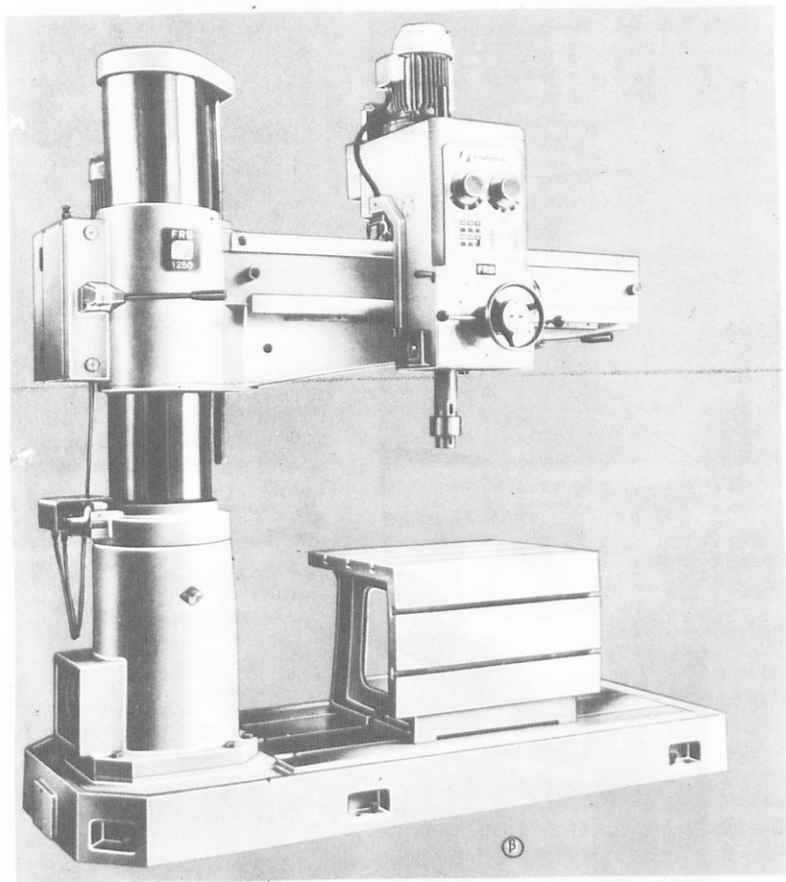
Fritz Wehrhahn Works, Mannheim, Germany

Σχ. 1.16.

Φραιζομηχανή γενικής χρήσεως (γιουνιβέρσαλ, Universal).

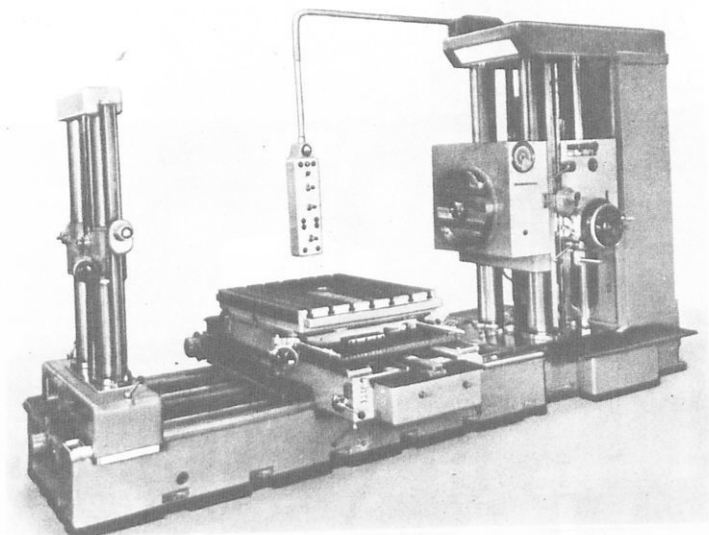


α

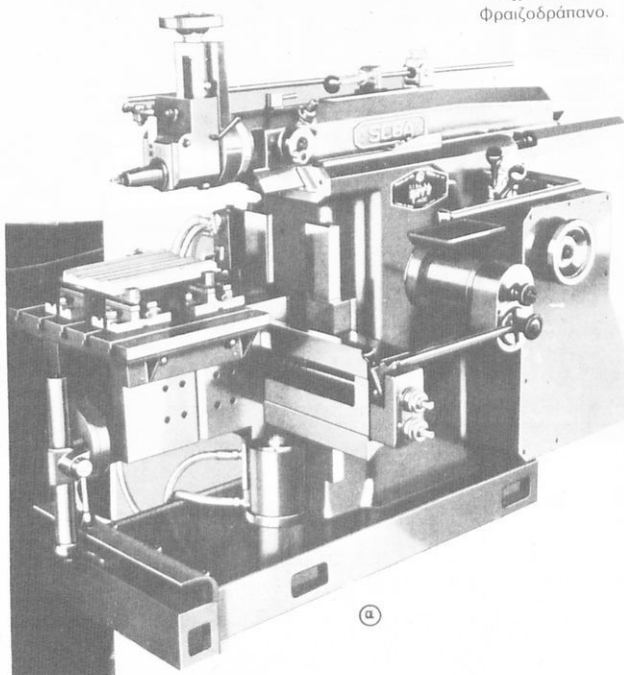


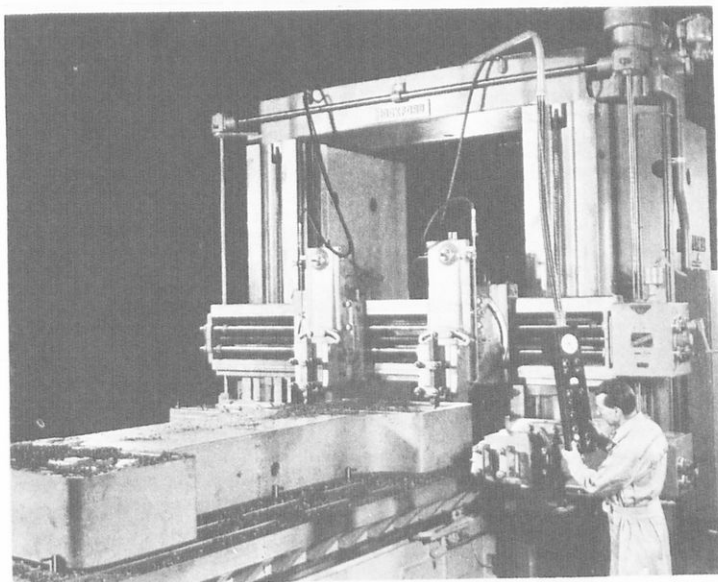
Σχ. 1.1ε.

(α) Κατακόρυφο δράπανο στήλης. (β) 'Ακτινωτό δράπανο.



Σχ. 1.1στ.
Φραιζοδράπανο.





(β)

Σχ. 1.1ζ.

(α) Όριζόντια βραχεία πλάνη ή ταχυπλάνη. (β) Τραπεζοπλάνη.

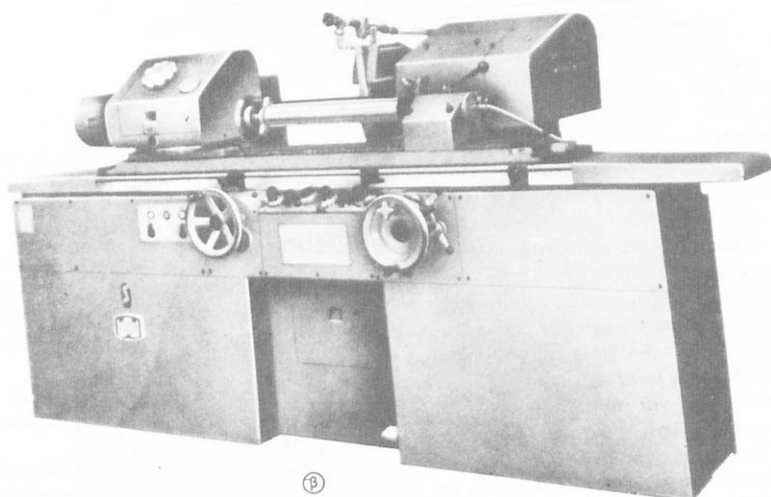
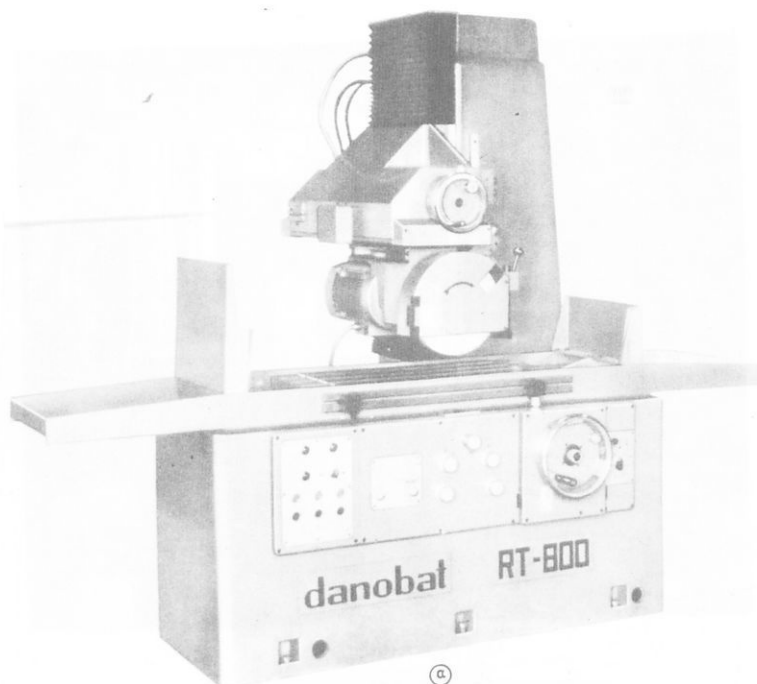
πού παίρνουν μεταξύ τους, μέσα στο διαθέσιμο χώρο, τὰ διάφορα τμήματα, οἱ ἐργαλειομηχανές, οἱ τράπεζες καὶ θέσεις ἐργασίας, οἱ ἀποθήκες καὶ οἱ θέσεις συγκεντρώσεως τῶν προϊόντων (ἐτοιμῶν ἢ μισοετοιμῶν).

Ἡ διάταξη τῶν ἐργαλειομηχανῶν μπορεῖ νὰ γίνῃ κατὰ δύο τρόπους:

α) **Διάταξη κατὰ εἶδος ἐργαλειομηχανῆς.** Οἱ ὁμοειδεῖς ἐργαλειομηχανές, κατὰ τύπο, συγκεντρώνονται ὅλες μαζί καὶ ἀποτελοῦν ξεχωριστὴ ὁμάδα (π.χ. ὁμάδα ἐλαφρῶν τὸρνων, ὁμάδα φραιζομηχανῶν γενικῆς χρήσεως κλπ.), ἐνῶ οἱ ὁμάδες αὐτές συγκροτοῦνται σὲ τμήματα (τμήμα τὸρνων, τμήμα φραιζομηχανῶν, τμήμα πλανῶν, τμήμα λειαντικῶν μηχανημάτων, τμήμα γραναζοκοπτῶν κ.ἄ.).

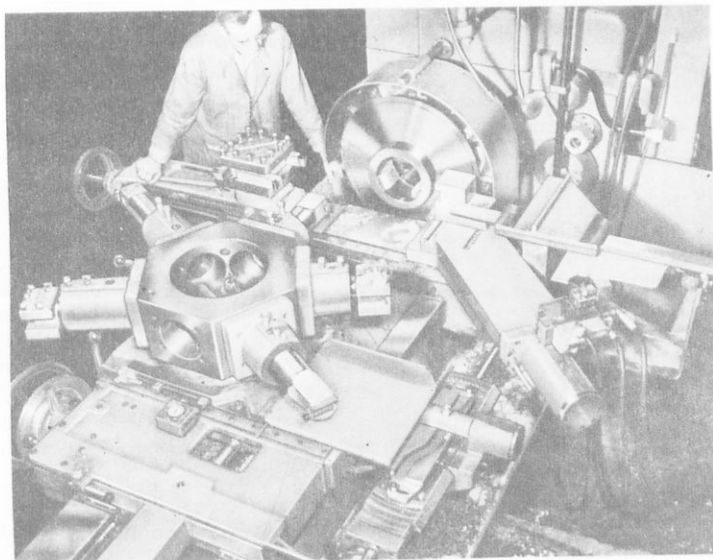
β) **Διάταξη κατὰ κατασκευαζόμενο κομμάτι ἢ προϊόν.** Ἐδῶ οἱ ἀπαραίτητες ἐργαλειομηχανές γιὰ τὴν παραγωγή ἑνὸς συγκεκριμένου κομματιοῦ ἢ προϊόντος διατάσσονται κατὰ τὴν τάξη τῶν φάσεων κατεργασίας του.

Ὡς παράδειγμα ἀναφέρομε τὴν κατασκευὴ ἑνὸς ὀδοντοτροχοῦ, ἡ ὁποία ἀπαιτεῖ ἀνόμοιες κατεργασίες (ἐξωτερικὴ καὶ ἐσωτερικὴ τὸρνευση, κοπή καὶ λείανση ὀδοντώσεων, λείανση τοῦ κοίλου τῆς πλήμνης) ἀρα καὶ ἀντίστοιχες ἐργαλειομηχανές.

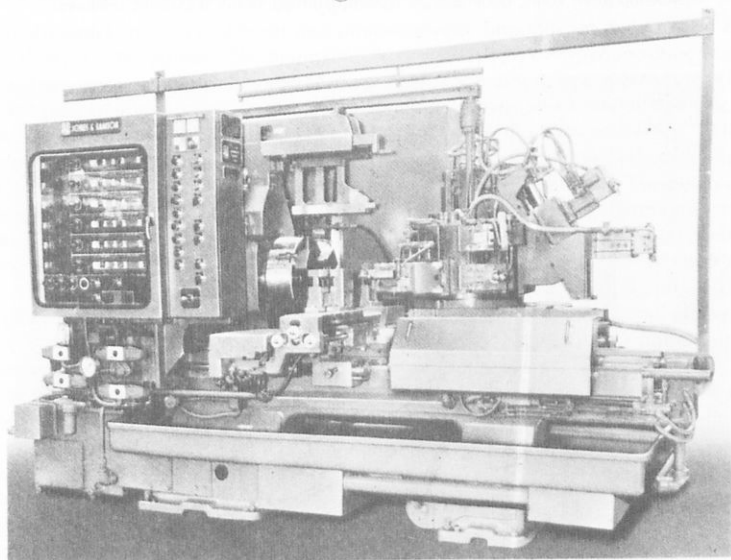


Σχ. 1.1η.

(α) Λειαντικό μηχανήμα επιπέδων επιφανειών. (β) Λειαντικό μηχανήμα εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών.



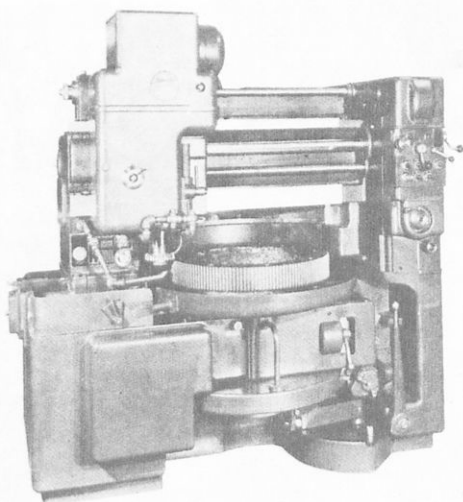
α



β

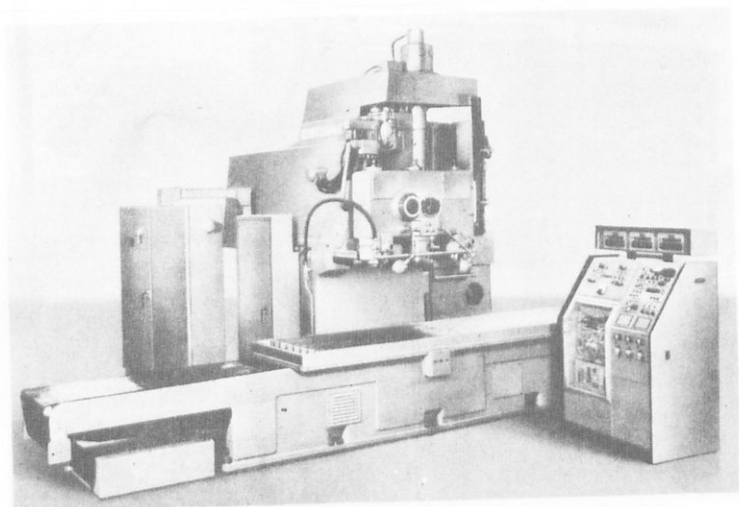
Σχ. 1.16.

(α) Πυργωτός (ή ημιαυτόματος) τόρνος. (β) Αυτόματος τόρνος.



Σχ. 1.1ι.

Έργαλειομηχανή κοπής όδοντώσεων (γρναζοκόπτης) τύπου Φέλλους (Fellows).



Σχ. 1.1ια.

Φραιζομηχανή με ψηφιακό έλεγχο.

B. Διακίνηση υλικών (μεταφορές) μέσα στο μηχανουργείο.

Μέ τη χωροταξική διάταξη του μηχανουργείου και μέ την παραγωγική διαδικασία, που ακολουθείται, σχετίζεται στενά η όλη οργάνωση και λειτουργία του συστήματος διακινήσεως των υλικών (πρώτες ύλες, εργαλεία, παρελκόμενα εργαλειομηχανών και ιδιοσυσκευών, ήμιέτοιμα κομμάτια από φάση σε φάση, έτοιμα κομμάτια κλπ.) μέσα στο μηχανουργείο.

Ός μέσα μεταφορᾶς υλικών στο μηχανουργείο μπορούμε νά αναφέρουμε: Κιβώτια ή δοχεία μεταφερόμενα από τεχνίτες ή εργάτες, διάφορα καροτσάκια, ειδικά τροχοφόρα όχηματα (που κινούνται μηχανικά ή ηλεκτρικά), περονοφόρα όχηματα (κλάρκ), βαροῦλκα, γερανούς, μεταφορικές ταινίες, κινούμενες πλατφόρμες, μεταφορικές σιδηροτροχιές (ράγιες) όροφης κ.ά.

Έδω πρέπει νά τονίσουμε (θά τό έπαναλάβουμε και όταν μιλήσουμε γιά τά προστατευτικά μέτρα ασφάλειας στην παράγραφο 1.2.2) ότι, πέρα από την καλή χωροταξική διάταξη και τό καλά οργανωμένο σύστημα διακινήσεως των υλικών στο μηχανουργείο, ή **καθαριότητα** και ή **εὐταξία** έχουν εύεργετικά αποτελέσματα στην παραγωγή από τό ένα μέρος και προλαμβάνουν ατύχηματα από τό άλλο.

1.1.4 Ἡ εργασία στο μηχανουργείο.

A. Τά είδη τῆς μηχανουργικῆς παραγωγῆς.

Οι εργασίες, που εκτελούνται στο μηχανουργείο, μπορούν νά ανήκουν σε ένα από τά ακόλουθα βασικά είδη βιομηχανικῆς παραγωγῆς ή σε συνδυασμούς τους:

α) **Στήν παραγωγή κατά μονάδα (ένα και έξω).** Τά προϊόντα παραγγέλλονται ειδικά και μπορούν νά εἶναι μόνο ένα σε κάθε είδος ή ένας πολύ μικρός αριθμός όμοιων προϊόντων (π.χ. ένα ειδικό άνυψωτικό μηχανήμα ή μία ιδιοσυσκευή). Ἡ ἴδια παραγγελία συνήθως δέν έπαναλαμβάνεται. Οι χρησιμοποιούμενες εργαλειομηχανές γι' αυτό τό είδος τῆς παραγωγῆς εἶναι όλες γενικῆς χρήσεως. Ἰδιοσυσκευές δέν χρησιμοποιούνται, έκτός βέβαια αν θεωρεῖται αναγκαία ή σχεδίαση και κατασκευή τους γιά τήν έπιτυχή παραγωγή του προϊόντος. Οι τεχνίτες χρειάζεται νά έχουν μεγάλο βαθμό εξειδικεύσεως και πολλή έμπειρία και νά μπορούν νά εργάζονται αυτόδυναμα, δηλαδή χωρίς συνεχῆ επίβλεψη ή τεχνική καθοδήγηση.

β) **Στήν παραγωγή κατά παρτίδα.** Τά προϊόντα κατασκευάζονται βάσει παραγγελίας ή κατά τακτά χρονικά διαστήματα γιά τήρηση αποθεμάτων. Ὁ αριθμός των κομματιών στην παρτίδα πολλές φορές μπορεί νά εἶναι αρκετά μεγάλος.

Ἡ παραγωγή κατά παρτίδα εἶναι τό πιο συνηθισμένο είδος παραγωγῆς στη μηχανουργική βιομηχανία.

Γιά μεγάλες παρτίδες χρησιμοποιούνται ειδικές εργαλειομηχανές ύψηλης παραγωγικῆς ικανότητας (π.χ. αυτόματοι τórνοι γιά τήν παραγωγή κομματιών από ράβδους), ένω γιά μικρότερες παρτίδες προσαρμόζονται καλύτερα οι γνωστές μας εργαλειομηχανές γενικῆς χρήσεως και οι σύγχρονες αυτοκυβερνώμενες εργαλειομηχανές (π.χ. εργαλειομηχανές μέ ψηφιακό έλεγχο, σχήμα 1.1ια).

Στό είδος αυτό παραγωγῆς γίνεται χρήση ιδιοσυσκευών γιά τή συγκράτηση και απομάκρυνση κομματιών, γιά τροφοδότηση τῆς εργαλειομηχανῆς κλπ.

Τό ἀπασχολούμενο γιά τό χειρισμό τῶν ἐργαλειομηχανῶν προσωπικό εἶναι συνήθως μέσης τεχνικῆς στάθμης καί ἐμπειρίας.

γ) **Στή μαζική παραγωγή.** Προϋποθέτει παραγγελίες μεγάλου ἀριθμοῦ προϊόντων, πού καλύπτουν συνήθως μακρό σχετικά χρονικό διάστημα παραγωγῆς. Τά προϊόντα αὐτά εἶναι κατὰ κανόνα προτυποποιημένα, ὅπως κοχλίες, περικόχλια, παράκυκλοι (ροδέλλες) κ.ἄ.

Ἡ ἐργασία γίνεται σέ εἰδικές (καθορισμένης χρήσεως) ἐργαλειομηχανές. Στήν παραγωγή αὕτη ἀπαιτεῖται **μεγάλος βαθμός αὐτοματοποιήσεως** τόσο στίς χρησιμοποιούμενες ἐργαλειομηχανές, ὅσο καί στή διακίνηση τῶν ὑλικῶν. Τό ἀπασχολούμενο στίς εἰδικές ἐργαλειομηχανές προσωπικό μπορεῖ νά εἶναι χαμηλῆς τεχνικῆς στάθμης.

Μιλώντας γιά τά διάφορα εἶδη μηχανουργικῆς παραγωγῆς θά ἦταν παράλειψη, ἂν δέν ἀναφέραμε καί τή **ροϊκή** ἢ **συνεχή παραγωγή**, πού βρίσκει ἐφαρμογή στή βιομηχανία αὐτοκινήτων, οἰκιακῶν συσκευῶν (ψυγεία, κουζίνες, ἠλεκτρικά σίδερα κλπ), τηλεπικοινωνιακῶν συσκευῶν (ραδιόφωνα, τηλεοράσεις κ.ἄ.) καί σέ ἄλλους βιομηχανικούς τομεῖς.

Κατά τή ροϊκή παραγωγή ὁλόκληρο τό ἐργοστάσιο διατάσσεται ἔτσι, ὥστε τά κομμάτια καί ἐξαρτήματα νά κινοῦνται προοδευτικά μέσα σέ προκαθορισμένα κανάλια ἀπό τίς πρῶτες ὕλες πρὸς τό ἔτοιμο προϊόν.

Στή μηχανουργικὴ βιομηχανία, πολύ μεγάλος ὄγκος παραγωγῆς ἐπιτυγχάνεται μέ χρήση τῶν λεγομένων **ἐργαλειομηχανῶν μεταφορᾶς** (συγκρότημα ἐργαλειομηχανῶν, ὅπου τό κομμάτι κατὰ τήν παραγωγή του μετακινεῖται αὐτόματα ἀπὸ ἐργαλειομηχανή σέ ἐργαλειομηχανή) σέ συνδυασμό μέ εἰδικές ἰδιοσυσκευές καί μέσα διακινήσεως τῶν ὑλικῶν.

Β. Τά βήματα, πού ἀκολουθοῦμε γιά τή σχεδίαση καί ἐκτέλεση μιᾶς μηχανουργικῆς ἐργασίας.

Γιά κάθε μία ἐργασία πού ἔρχεται στό μηχανουργεῖο γιά ἐκτέλεση, θά πρέπει νά ἀκολουθοῦμε διαδοχικά τά ἀκόλουθα βήματα:

— Βῆμα πρῶτο: **Πληροφόρηση.** Ἀναζητοῦμε καί καθορίζουμε τί ἐπακριβῶς πρόκειται νά κάνουμε. Οἱ ἀναγκαῖες πληροφορίες παίρνονται κατὰ βάση ἀπὸ τό μηχανολογικὸ σχέδιο τοῦ κομματιοῦ, τό ὁποῖο μπορούμε νά τό βροῦμε στό Γραφεῖο Μελετῶν (σχ. 1.1α).

— Βῆμα δεύτερο: **Σχεδίαση τῆς κατεργασίας τοῦ κομματιοῦ.** Ἀποφασίζουμε πῶς θά κατασκευάσουμε τό κομμάτι.

Ἄς ὑποθέσουμε ὅτι πρόκειται νά κατασκευάσουμε ἓνα περίπλοκο κομμάτι σέ πολλές φάσεις κατεργασίας καί σέ διάφορες ἐργαλειομηχανές.

Καθορίζουμε τότε τίς φάσεις κατεργασίας του καί ἐπιλέγουμε τίς κατάλληλες ἐργαλειομηχανές καί ἐργαλεῖα, ὅπως καί τίς τυπικές συσκευές συγκρατήσεως κομματιῶν καί ἐργαλείων. Ἄν χρειάζονται ἰδιοσυσκευές, τότε ἀπευθυνόμαστε στήν ἀποθήκη ἐργαλείων γιά νά διαπιστώσουμε, ἂν εἶναι διαθέσιμες. Ἐάν δέν εἶναι, τότε τό ἀρμόδιο τμήμα τοῦ Γραφείου Παραγωγῆς (σχ. 1.1α) θά προβεῖ στή μελέτη καί σχεδίασή τους καί τό ἐργαλειοκατασκευαστήριο θά τίς κατασκευάσει.

Ἐκλέγουμε γιά κάθε φάση κατεργασίας τίς συνθήκες κοπῆς (ταχύτητα κοπῆς, πρῶση καί βάθος κοπῆς, παράγρ. 4.2) καί τό ὑγρὸ κοπῆς, ἂν ἀπαιτεῖται. Προσδιο-

ρίζομε επίσης τόν αντίστοιχο κατά φάση χρόνο κατεργασίας, όπως ακόμα και τό συνολικό χρόνο κατεργασίας.

Καθορίζομε σέ ποιούς ἐλέγχους (διαστάσεων, γωνιών, μορφῆς κλπ) θά προβοῦμε κατά τή διάρκεια τῆς κατεργασίας καί στό ἔτοιμο κομμάτι καί διαλέγομε τά κατάλληλα γιά τήν ἐργασία αὐτή μετρητικά ὄργανα καί ἐλεγκτῆρες.

Τέλος βρίσκομε πόσο καί ποιῶν εἰδικοτήτων προσωπικό χρειάζεται.

Μέ βάση ὅλα τά στοιχεῖα αὐτά καταρτίζομε τό λεγόμενο **φύλλο κατεργασίας**, τό ὁποῖο θά ἀποτελέσει τόν ὁδηγό τῆς ὅλης ἐργασίας γιά τήν κατασκευή τοῦ κομματιοῦ. "Ὅταν μιλήσομε γιά τό τρυπάνισμα καί τό πλάνισμα στό βιβλίο αὐτό, θά δώσομε ἀντίστοιχα παραδείγματα γιά τήν κατάρτιση αὐτοῦ τοῦ φύλλου.

— Βῆμα τρίτο: **Προπαρασκευή γιά τήν κατεργασία**. Μέ βάση τό φύλλο κατεργασίας, προετοιμάζομε ὅτι θά χρειασθεῖ γιά τήν παραγωγή σέ ὑλικά, ἐργαλεῖα καί ἄλλα μέσα, ἐργαλειομηχανές καί προσωπικό. Παραλαμβάνομε δηλαδή ἀπό τήν ἀποθήκη ὑλικοῦ τό ἀπαιτούμενα ὑλικά καί συλλέγομε ὅλα τά ἐργαλεῖα, πού θά χρειασθοῦν, συσκευές, ἰδιοσκευεῖς καί μετρητικά ὄργανα· ἀκόμα βρίσκομε τούς κατάλληλους γιά τήν ἐκτέλεση τῆς ἐργασίας τεχνίτες.

— Βῆμα τέταρτο: **Ἐκτέλεση τῆς κατεργασίας**. Ρυθμίζομε τίς ἐργαλειομηχανές καί ἐκτελοῦμε τίς διάφορες φάσεις, ὅπως αὐτές ἔχουν σχεδιασθεῖ στό φύλλο κατεργασίας. Ὁ κάθε τεχνίτης, ἀνάλογα μέ τήν περίπτωση, ἀναλαμβάνει νά ἐκτελέσει μία ἢ περισσότερες φάσεις κατεργασίας.

— Βῆμα πέμπτο: **Ἐπιθεώρηση**. Ἐλέγχομε τό ἀποτέλεσμα κάθε φάσεως, ὅπως καί τό τελικό, γιά νά διαπιστώσομε, ἐάν ἡ κατεργασία ἔγινε σωστά σέ ὅλες τῆς τίς φάσεις σύμφωνα μέ τά στοιχεῖα τοῦ φύλλου κατεργασίας καί ἐπί πλέον ἐάν τό ἔτοιμο κομμάτι ἀνταποκρίνεται πλήρως στίς ἀπαιτήσεις τοῦ μηχανολογικοῦ σχεδίου.

Σέ μικρά μηχανουργεῖα τό πρῶτο καί τό δεύτερο βῆμα, δηλαδή ἡ πληροφόρηση καί ἡ σχεδίαση τῆς κατεργασίας ἐκτελοῦνται συνήθως ἀπό τόν ἐργοδηγό, ἐνῶ σέ μεγάλα μηχανουργεῖα ἀπό τό ἀρμόδιο γιά τή σχεδίαση τῆς κατεργασίας τμήμα τοῦ Γραφείου Παραγωγῆς. Τό τρίτο καί τέταρτο βῆμα, δηλαδή ἡ προπαρασκευή γιά τήν κατεργασία καί ἡ ἐκτέλεση τῆς κατεργασίας εἶναι ἀρμοδιότητες τοῦ παραγωγικοῦ τμήματος τοῦ κυρίως μηχανουργείου, τό ὁποῖο θά ἀναλάβει τήν ἐντολή γιά τήν κατασκευή. Τέλος ἡ ἐπιθεώρηση κατά τή διάρκεια τῆς κατεργασίας καί ὁ ἐλεγχος τῶν ἐτοιμῶν κομματιῶν διενεργεῖται ἀπό τό Γραφεῖο Ἐπιθεωρήσεως (σχ. 1.1α), πού **ὑπάγεται κατ' εὐθείαν στή διεύθυνση τοῦ μηχανουργείου**. Ἡ ἐπιθεώρηση εἶναι μία βασική λειτουργία στό μηχανουργεῖο ἀνεξάρτητη ἀπό τήν παραγωγή, γιά νά εἶναι σέ θέση νά τήν ἐλέγχει.

1.1.5 Ἑρωτήσεις.

1. Νά ἐξηγήσετε τούς ἑξῆς ὅρους: *χωροταξική διάταξη μηχανουργείου, παραγωγή κατά παρτίδα, μαζική παραγωγή, ροϊκή ἢ συνεχῆς παραγωγή*.
2. Νά ἀναφέρετε τέσσερα τμήματα ἐνός ἐργοστασίου-μηχανουργείου.
3. Ποιός εἶναι ὁ βασικός ἐξοπλισμός ἐνός μηχανουργείου;
4. Ποιά εἶναι τά κύρια βήματα, πού ἀκολουθοῦμε γιά τή σχεδίαση καί ἐκτέλεση μιᾶς μηχανουργικῆς ἐργασίας;

5. Τι δουλειές κάνομε στο έργαλειοκατασκευαστήριο;
6. Πού γίνεται η άγαστροχία των φθαρμένων έργαλειών; Τι κερδίζομε με τή σωστή άνατροχίαή τους;

1.2 Άσφάλεια κατά τήν έργασία στο μηχανουργείο.

1.2.1 Γενικά.

Κατά τήν έργασία μας στο μηχανουργείο ύπάρχει κίνδυνος, κάτω από όρισμένες συνθήκες, νά συμβοούν άτυχήματα, πού προξενούν σωματικές βλάβες ή ύλικές ζημιές ή και τά δύο. Μπροστά στόν κίνδυνο αυτό οι έργαζόμενοι στο μηχανουργείο όφείλουν νά παίρνουν τά κατάλληλα κάθε φορά προστατευτικά μέτρα γιά τήν πρόληψη των άτυχημάτων.

Ή πρόληψη των άτυχημάτων είναι έπιβεβλημένη πρώτα από καθαρά άνθρωπιστικό καθήκον (δέν έπιτρέπεται σέ μία όργανωμένη και πολιτισμένη κοινωνία νά άδιαφοροΰμε και νά μήν καταπολεμοΰμε τίς αιτίες πού προκαλοΰν θανάτους, άναπηρίες, σοβαρούς ή λιγότερο σοβαρούς τραυματισμούς, δηλητηριάσεις κ.ά.) και κατόπιν γιά οικονομικούς λόγους (προξενούνται οικονομικές ζημιές και στόν έργαζόμενο και στόν έργοδότη: χάσιμο ήμερομισθίων, έξοδα φαρμάκων, νοσοκομείων, ζημιές σέ έγκαταστάσεις, φθορές σέ μηχανήματα, καθυστέρηση τής παραγωγής κλπ.).

Οι αιτίες, πού προκαλοΰν τά άτυχήματα στην έργασία, είναι βασικά οι άκόλουθες:

- Οι έπικίνδυνες ή άστοχες πράξεις, ένέργειες ή και σφάλματα των έργαζομένων.
- Οι έπικίνδυνες καταστάσεις των μηχανημάτων, έργαλειών, κτηρίων και γενικά τό έπικίνδυνο περιβάλλον τής έργασίας και
- τά άπρόβλεπτα γεγονότα.

Δηλαδή, μέ άλλα λόγια, άλλα άτυχήματα όφείλονται σέ μās τους ίδιους (σύμφωνα μέ στατιστικές τό ποσοστό τους άνέρχεται σέ 80%), άλλα στα μηχανήματα και έργαλεία πού χειριζόμαστε και στους χώρους έργασίας (ποσοστό 15%) και τέλος άλλα σέ μικρό σχετικά ποσοστό (5%) στην τύχη.

Ή όκνηρία, ή άμέλεια, ή άφρηρημάδα, ή βιασύνη, ή άπροσεξία, τά άκαιρα παιχνίδια και τά άστεϊα στην ώρα τής δουλειάς, ή έπιπόλαιη άντιμετώπιση του κινδύνου και ή άδιαφορία άκόμα μπροστά στόν κίνδυνο, όλα αυτά είναι άφορμές γιά άτυχήματα. Όφείλομε, και μποροΰμε βέβαια, άν παίρνομε τίς δέουσες προφυλάξεις και δίνομε τήν πρέπουσα προσοχή νά τίς άποφύγομε. Άκόμα, άτυχήματα όφείλονται σέ κινούμενα μέρη μηχανών (όδοντοτροχοί, άξονες, τροχαλίες, ιμάντες, έργαλεία κλπ.), τά όποια δέν φέρουν κατάλληλους προφυλακτικές, σέ έργαλεία πού χειρίζομαστε (σφυριά, πριόνια, λίμες, τρυπάνια, ξύστρες κ.ά.), σέ έλαττωματικές ηλεκτρικές συσκευές, σέ όλισθηρά δάπεδα και σέ τόσα άλλα.

1.2.2 Τά προστατευτικά μέτρα ή μέσα άπέναντι στα άτυχήματα.

Πρίν μιλήσομε γιά τά διάφορα μέτρα ή μέσα προστασίας, πού παίρνομε ή χρησιμοποιοΰμε γιά νά προλάβομε και νά άποφύγομε άτυχήματα, θά πρέπει νά τονί-

σομε ότι η **εὐταξία** καί η **καθαριότητα** στό μηχανουργεῖο (καί σ' ὅποιονδήποτε χῶρο ἐργασίας), ἐκτός τοῦ ὅτι μᾶς ἐξασφαλίζει ὑγεία καί εὐχαρίστηση στήν ἐργασία μας, μᾶς γλυτώνει ἀπό πολλά ἀτυχήματα. Ἡ ἀκαταστασία καί ἡ βρωμιά δείχνουν ὅτι ὁ ἐργαζόμενος δέν ἔχει σύστημα καί ὀργάνωση στή δουλειά του. Αὐτό μᾶς δείχνει ὅτι ἡ ἀπόδοσή του θά εἶναι μειωμένη καί ἡ ἐργασία, πού ἐκτελεῖ, πολύ χαμηλῆς ποιότητας.

Α. Ἀτομικά προστατευτικά μέσα.

Ἀνάλογα μέ τή φύση τῆς ἐργασίας τους, τά ἐργοστάσια ἐφαρμόζουν ὀρισμένα ἰδιαίτερα γενικά μέτρα γιά τήν προστασία τῶν ἐργαζομένων σ' αὐτά ἀπέναντι στά ἀτυχήματα (μέσα κατά τῆς πυρκαϊᾶς, ὀρθές συνθηκές ἐργασίας, κανονικός φωτισμός, εὐταξία, καθαριότητα, προφυλακτῆρες γιά κινούμενα μέρη μηχανῶν κλπ.).

Τά γενικά αὐτά μέτρα προστασίας, πού παίρνει τό ἐργοστάσιο, θά πρέπει νά τά πληροφορεῖται ἐγκαιρά κάθε νέος τεχνίτης, μόλις προσληφθεῖ γιά ἐργασία.

Ὁ κάθε ἐργαζόμενος ὅμως, ἐκτός ἀπό τά γενικά προστατευτικά μέτρα ἀπέναντι στά ἀτυχήματα πού παίρνει τό ἐργοστάσιο (τό μηχανουργεῖο στήν ἱερίπτωσή μας), ὀφείλει νά χρησιμοποιεῖ ὀρισμένα μέσα καί ὁ ἴδιος, δηλαδή **ἀτομικά προστατευτικά μέσα**. Σάν τέτοια μπορούμε νά ἀναφέρομε τά παρακάτω:

— Τά **προστατευτικά ματογυῶλια**: Προστατεύουν τά μάτια ἀπό ἐκτοξευόμενα τεμαχίδια ἀποβλίττων (γρεζιῶν), λειαντικῶν τροχῶν κ.ἄ.· ἐπίσης ἀπό σπινθήρες κατά τή συγκόλληση.

— **Μάσκες ἢ ἀσπίδες**: Προστατεύουν τά μάτια κατά τή συγκόλληση.

— **Γάντια**: Δερμάτινα γάντια προστατεύουν τά χέρια κατά τή μεταφορά ἢ ἐπεξεργασία ὑλικῶν. Λαστιχένια γάντια μᾶς προστατεύουν, ὅταν ἐργαζόμαστε σέ ἡλεκτρικό ρεῦμα καί γάντια ἀπό ἀμίαντο προστατεύουν τά χέρια μας ὅταν ἐργαζόμαστε σέ θερμά κομμάτια.

— **Ὑποδήματα ἀσφάλειας**: Προφυλλάσσουν τά δάκτυλα τῶν ποδιῶν μας ἀπό πτώσεις βαριῶν ἀντικειμένων.

Ἀπό τήν παράγραφο αὕτη καταλήγομε σέ ἓνα πολύ σπουδαῖο κανόνα ἀσφάλειας:

Χρησιμοποιεῖτε πάντοτε, ὅταν χρειάζεται, τά κατάλληλα ἀτομικά προστατευτικά μέσα.

Β. Προστατευτικά μέτρα κατά τή χρήση τῶν ἐργαλείων χεριοῦ.

Ἡ χρήση τῶν ἐργαλείων χεριοῦ, ὅπως γνωρίζομε, ἀπαιτεῖ προσοχή καί τέχνη. Ἡ κακή χρήση τῶν ἐργαλείων αὐτῶν μπορεῖ νά προκαλέσει ἀτύχημα.

Παρακάτω δίνομε μερικά γενικά βασικά προστατευτικά μέτρα, πού παίρνομε, κατά τή χρήση τῶν ἐργαλείων χεριοῦ:

— Γιά κάθε ἐργασία πρέπει νά διαλέγομε καί νά χρησιμοποιοῦμε τό κατάλληλο ἐργαλεῖο χεριοῦ (π.χ. τό κατάλληλο κλειδί γιά τό σφύξιμο ἢ τό ξεσφύξιμο ἐνός περικολχίου καί ὄχι ἓνα κοπίδι καί σφυρί).

— Τά ἐργαλεῖα πρέπει νά χρησιμοποιοῦνται μέ τό σωστό γιά τό καθένα τρόπο.

— Τά ἐργαλεῖα πρέπει νά διατηροῦνται σέ καλή κατάσταση. Κακοδιατηρημένα ἐργαλεῖα εἶναι ἐπικίνδυνα.

— Τά εργαλεία, μετά τή χρήση τους, πρέπει νά τοποθετοῦνται μέ τάξη σέ ἀσφαλές μέρος καί ὀχνάνακατεμένα. Δυσκολεύεται ἔτσι ὁ τεχνίτης νά διαλέξει τό εργαλεῖο, πού χρειάζεται, καί ἐπί πλέον διατρέχει τόν κίνδυνο νά πάθει ἀτύχημα.

Ἰδιαίτερα προστατευτικά μέτρα κατά τή χρήση κάθε εργαλείου χειριοῦ, ὅπως καί κατά τήν ἐκτέλεση τῶν ἠλώσεων καί τῶν συγκολλήσεων, ἀναφέραμε στό Μ.Ε. (σελ. 80, 85, 115, 130, 139, 159, 300, 327 καί 334).

Γ. Προστατευτικά μέτρα κατά τήν ἐργασία στίς ἐργαλειομηχανές.

Παρακάτω θά ἀναφερθοῦμε στά βασικά μέτρα ἀσφάλειας, πού ἰσχύουν κατά τήν ἐργασία μας σέ ὅλες γενικά τίς ἐργαλειομηχανές. Γιά τά ἰδιαίτερα προστατευτικά μέτρα, πού παίρνομε ὅταν ἐργαζόμαστε στό κάθε εἶδος ἐργαλειομηχανῆς (στό δρόπανο ἢ στήν πλάνη ἢ στόν τόρνο κλπ), θά μιλήσουμε στίς ἀντίστοιχες παραγράφους.

— Νά διατηρεῖτε πάντοτε τίς ἐργαλειομηχανές σέ καλή κατάσταση καί νά τίς χειρίζεσθε μέ τό σωστό γιά τήν κάθε μία τρόπο. Νά μήν ἐπιχειρήσετε νά χειρισθεῖτε μίαν ἐργαλειομηχανή παρά μόνο ἂν ἔχετε εἰδικευθεῖ σ' αὐτή.

— Μή θέτετε σέ κίνηση μίαν ἐργαλειομηχανή, ἂν δέν φέρι τοὺς κατάλληλους προφυλακτῆρες (ἐνῶ θά ἔπρεπε νά τοὺς εἶχε). Οἱ προφυλακτῆρες ἐμποδίζουν τό χειριστή καί ὅσους περνοῦν κοντά της νά ἔρθουν σέ ἐπαφή μέ κινούμενα μέρη μέ κίνδυνο νά πάθουν ἀτύχημα.

— Μήν ἀφαιρεῖτε τοὺς προφυλακτῆρες, ἂν δέν σταματήσετε πλήρως τήν κίνηση τῆς ἐργαλειομηχανῆς· ἐπίσης, νά ξανατοποθετεῖτε τοὺς προφυλακτῆρες εὐθύς ἀμέσως μετά τή συντήρηση ἢ ἐπισκευή τῆς ἐργαλειομηχανῆς.

— Νά προσέχετε πάντοτε κατά τήν ἐργασία σας στίς ἐργαλειομηχανές. Νά μήν εἴστε ἀφηρημένος ἢ βιαστικός. Νά ἀποφεύγετε τίς ἀσκοπες συνομιλίες ἢ τὰ ἀστεῖα. Νά συγκεντρώνεσθε στή δουλειά σας· ἐπίσης νά μήν μιλάτε σέ ἄλλους, πού ἐργάζονται σέ ἐργαλειομηχανή.

— Ἡ εὐταξία καί ἡ καθαριότητα εἶναι ἀπαραίτητες τόσο στήν ἐργαλειομηχανή σας, ὅσο καί στό γύρω χώρο.

— Τό ντύσιμό σας πρέπει νά εἶναι τό κατάλληλο (σχ. 1.2). Τά φαρδιά ροῦχα, τὰ σχισμένα ροῦχα, τὰ μακριά μανίκια καί τὰ μακριά μαλλιά, ἢ γραβάτα, τὰ δακτυλίδια, τό ρολοῖ τοῦ χειριοῦ, μποροῦν νά γίνουν (καί ἔχουν γίνει) ἀφορμές γιά σοβαρά ἀτυχήματα. Νά φορᾶτε πουκάμισο μέ κοντά ἢ ἀναδιπλωμένα μανίκια. Ἄν ἔχετε μακριά μαλλιά, νά φορᾶτε σκούφο ἢ νά τὰ συγκρατεῖτε κατάλληλα.

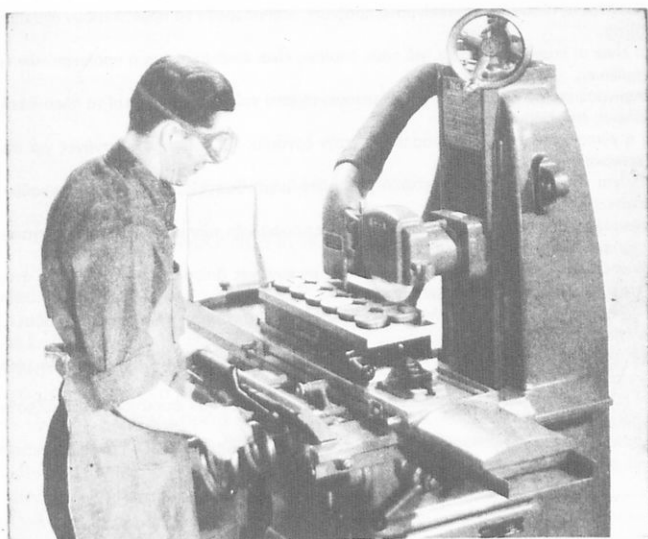
— Νά φορᾶτε πάντοτε τὰ προστατευτικά ματογυᾶλια σας ἢ ἀσπίδα· ἀκόμα ὑποδήματα ἀσφάλειας, ἂν πρόκειται νά δουλέψετε σέ βαριά κομμάτια.

— Μήν φορᾶτε γάντια, ὅταν χειρίζεσθε ἐργαλειομηχανή.

— Νά διατηρεῖτε πάντοτε τὰ κοπτικά εργαλεῖα σέ καλή κατάσταση. Φθαρμένα εργαλεῖα ἐγκυμονοῦν κινδύνους.

— Νά βεβαιώνεσθε ὅτι ἡ ἐργαλειομηχανή σας ἔχει ρυθμισθεῖ σωστά στήν ἐπιθυμητή περιστροφική ταχύτητα καί πρόωση. Τό ἴδιο ἰσχύει καί γιά τὰ ὅρια διαδρομῆς (στόπ). Σέ ἐνάντια περίπτωση ὑπάρχει κίνδυνος σπασίματος τοῦ εργαλείου ἢ τοῦ κομματιοῦ μέ ἀποτέλεσμα πιθανό ἀτύχημα.

— Μήν πλησιάζετε στά κινούμενα μέρη τῶν ἐργαλειομηχανῶν ράκη. Εὐκόλα ἀρπάζονται καί μαζί μέ αὐτά καί τό χέρι σας.



Σχ. 1.2.

“Ένας τεχνίτης που εργάζεται τηρώντας όλους τους κανόνες ασφάλειας σέ ένα λειαντικό μηχάνημα έπιπέδων έπιφανειών. Φορεί φαρδιά ρούχα και προστατευτικά ματογυάλια. Έχει άναδιπλωμένα τά μανίκια του πουκαμισού του. Ή εργαλειομηχανή είναι έφοδιασμένη μέ προφυλακτήρα του λειαντικού τροχού.

— Νά μή σκουπίζετε τά γρέζια μέ τό χέρι σας. Χρησιμοποιείστε κατάλληλη βούρτσά ή άγκιστρο.

— Νά συγκρατείτε στερεά και μέ προσοχή τά κοπτικά εργαλεία και τά πρós κατεργασία κομμάτια.

— Νά σταματάτε πάντοτε τήν εργαλειομηχανή, όταν πρόκειται νά κάμετε μία μέτρηση ή ρύθμιση ή καθάρισμα ή συντήρηση ή έπισκευή.

— Νά μήν έγκαταλείπετε τήν εργαλειομηχανή σας σέ λειτουργία. Σταματήστε τήν, πρίν άπομακρυνθείτε από αυτήν.

— Νά βεβαιώνεσθε ότι υπάρχει ό κατάλληλος φωτισμός, ώστε νά βλέπετε καλά κατά τήν εργασία σας.

— Νά μήν αφήνετε εργαλεία ή κομμάτια στήν τράπεζα τής εργαλειομηχανής σας ή σέ όποιαδήποτε άλλη θέση τής, άκόμα και άν αυτή δέν λειτουργεί. Μπορεί κάποιό από αυτά νά πέσει και νά σās τραυματίσει στό πόδι.

— Νά άναφέρετε στόν προϊστάμενό σας άμέσως όποιοδήποτε άτύχημα γίνει σέ σās ή ύποπέσει στήν αντίληψή σας.

1.2.3 Έρωτήσεις.

1. Ποιές είναι οι τρείς βασικές αίτίες για άτυχήματα στά έργοστάσια και σέ ποιό ποσοστό τίς συναντούμε;



2. Νά αναφέρετε τέσσερα παραδείγματα πράξεων, πού μπορούν νά προκαλέσουν άτύχημα στό έργοστάσιο.
 3. Ποιοί είναι οί κυριότεροι λόγοι, γιά τούς όποιους είναι έπιβεβλημένη ή πρόληψη τών εργατικών άτυχημάτων;
 4. Νά περιγράψετε μέ δικά σας λόγια τά μειονεκτήματα του άτυχήματος καί τά πλεονεκτήματα της άσφάλειας στην εργασία.
 5. Γιατί ή νοικοκυροσύνη είναι άπαραίτητη στην εργασία; Νά αναφέρετε κανόνες γιά τήν τήρηση της νοικοκυροσύνης.
 6. Ποιά είναι τά άτομικά προστατευτικά μέσα στό μηχανουργείο; Γιατί χρησιμοποιούμε άτομικά προστατευτικά μέσα;
 7. Νά αναφέρετε μερικές εργασίες, πού απαιτούν προφύλαξη τών ματιών. Ποιό προστατευτικό μέσο χρησιμοποιείτε σέ κάθε μία από αυτές;
 8. Νά αναφέρετε πέντε, όποιους θέλετε, βασικούς κανόνες άσφάλειας γιά πρόληψη άτυχημάτων κατά τήν εργασία σέ εργαλειομηχανές.
 9. Γιατί χρησιμοποιούνται προφυλακτικές στίς εργαλειομηχανές; Νά αναφέρετε θέσεις, στίς όποιες τοποθετούνται.
 10. Νά συζητήσετε άτυχήματα, πού τυχόν γνωρίζετε, τά όποια είχαν ως άφορμή κακή χρήση εργαλειομηχανών.
 11. Ποιόν κίνδυνο έγκυμονεί ή γραβάτα σας ή τά πλατιά ρούχα πού φοράτε όταν χειρίζεσθε μία εργαλειομηχανή;
 12. Τί σημαίνει εύταξία καί καθαριότητα στό μηχανουργείο; Γιατί καί οί δύο αυτές έχουν τόσο σημασία γιά τήν πρόληψη άτυχημάτων μέσα σ' αυτό;
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

2.1 Γενικά.

Στό Μ.Ε. (Κεφάλαιο 1), αφού δώσαμε τον όρισμό της μετρήσεως, μιλήσαμε για τα συστηματικά και τυχαία σφάλματα και για τα δύο βασικά συστήματα μετρήσεως μηκών (τό μετρικό και τό αγγλοσαξονικό), όπως και για τις αντίστοιχες μονάδες μετρήσεως (τό μέτρο, τήν ύάρδα και τις υποδιαιρέσεις τους). Επί πλέον, από τα όργανα απ' ευθείας μετρήσεως διαστάσεων (μηκών) εξετάσαμε μόνο τους μεταλλικούς κανόνες, τα παχύμετρα και τα μικρόμετρα και από τα όργανα συγκρίσεως μηκών (ή συγκριτές μηκών) μόνο τους διαβήτες (κουμπάσα) συγκριτικών μετρήσεων (Μ.Ε., παράγρ. 3.2(Ε) (2)). Αυτό έγινε, γιατί μόνο τα μετρητικά αυτά όργανα μας ήταν απαραίτητα για να προχωρήσουμε στην ανάπτυξη των διαφόρων αντικειμένων του Μ.Ε., δηλαδή στη χάραξη και στις διάφορες κατεργασίες και μεθόδους μορφοποιήσεως μεταλλικών προϊόντων (κατεργασίες κοπής και διαμορφώσεως, χύτευση, συγκολλήσεις, ήλωσεις, κοχλιοσυνδέσεις κλπ.) με εργαλεία και μέσα του χειριού.

Για να συμπληρώσουμε όμως τις μηχανουργικές μετρήσεις σε βασικά μετρητικά όργανα και σε μεθόδους μετρήσεως, θα ασχοληθούμε στο Κεφάλαιο αυτό και με άλλα όργανα και μεθόδους μετρήσεως, όχι μόνο μήκους, αλλά και άλλων μεγεθών, που μας είναι απαραίτητα, τόσο για τις εργασίες επάνω στις εργαλειομηχανές, όσο και για τον έλεγχο των μηχανουργικών προϊόντων.

Τα όργανα αυτά τα συναντούμε σε πολλά είδη. Ανάλογα όμως με τη μέτρηση που θα επιχειρήσουμε και με την ακρίβεια που θέλουμε να επιτύχουμε κατά τη μέτρηση αυτή, μεταχειριζόμαστε και τό κατάλληλο μετρητικό όργανο. Έτσι στις επόμενες παραγράφους, αφού προβούμε σε μία σύντομη επανάληψη της ύλης για τη μέτρηση διαστάσεων, ή οποία διδάχθηκε στο Μ.Ε., θα εξετάσουμε τά ακόλουθα αντικείμενα:

- α) Τά πρότυπα για τη μέτρηση μηκών (πρωτότυπα για τη μέτρηση μηκών και πρότυπα βιομηχανικά μήκη).
- β) Τά όργανα για τη σύγκριση μηκών (συγκριτές μηκών).
- γ) Τόν έλεγχο και μέτρηση γωνιών.
- δ) Τίς άνοχές συναρμογών.
- ε) Τούς ελεγκτήρες.
- στ) Τόν έλεγχο όριζοντιότητας, κατακορυφότητας, έπιπεδότητας και παραλληλότητας.
- ζ) Τόν έλεγχο και τη μέτρηση της τραχύτητας επιφάνειας.

2.2 Σύντομη επανάληψη της ύλης για τη μέτρηση διαστάσεων, που διδάχθηκε στο Μ.Ε. Έρωτήσεις. Άσκησης.

2.2.1 Έπανάληψη της ύλης.

Α. Τά σφάλματα στις μετρήσεις.

Τά σφάλματα, που γίνονται στις μετρήσεις τά κατατάξαμε σέ συστηματικά καί σέ τυχαία.

Συστηματικά είναι τά σφάλματα εκείνα, ανεξάρτητα από προέλευση, τών οποίων τό αίτιο ή τά αίτια τους, άν όχι καί ή ακριβής τους τιμή σέ ορισμένες περιπτώσεις, είναι γνωστά. Άλλα από τά σφάλματα αυτά λαμβάνονται ύπ' όψη καί επιφέρονται οι αναγκαίες διορθώσεις στο μετρούμενο μέγεθος καί άλλα μπορούν νά περιορισθοϋν ή καί νά εξαλειφθοϋν άκόμα, άν ληφθοϋν τά κατάλληλα πρós τοϋτο μέτρα. Ός τυπικά συστηματικά σφάλματα κατά τη μέτρηση μηκών μπορούμε νά άναφέρομε εκείνα, που όφείλονται σέ διαφορά θερμοκρασίας ή σέ διαφορά συντελεστή θερμικής διαστολής (ή καί στά δύο) άνάμεσα στο μετρούμενο κομμάτι καί στο μετρητικό όργανο, τά σφάλματα από σύνθλιψη μεταξύ κομματιού καί έπαφένων τοϋ όργάνου (π.χ. στά μικρόμετρα), τά σφάλματα άναγνώσεως (διακριτική ικανότητα τοϋ ματιού τοϋ παρατηρητή, παράλλαξη) κλπ.

Τά **τυχαία** σφάλματα όφείλονται σέ άναπόφευκτα καί άστάθμητα αίτια, που δέν μπορούμε, από τη φύση τους, νά τά έντοπίσομε καί νά τά άποφύγομε. Μπορούμε νά τά έκτιμήσομε μόνο μέ τη βοήθεια της θεωρίας τών πιθανοτήτων.

Β. Τά συστήματα μονάδων μετρήσεως μηκών.

Δύο είναι τά καθιερωμένα συστήματα μονάδων μετρήσεως μηκών: τό **μετρικό** που λέγεται καί **δεκαδικό** μέ βάση τό **μέτρο** καί τίς υποδιαιρέσεις ή υποπολλαπλασιασά του καί τό **άγγλοσαξονικό** που βασίζεται στην **ύάρδα** καί στίς υποδιαιρέσεις της.

Υποδιαιρέσεις τοϋ μέτρου (m) είναι τό δεκατόμετρο (ή παλάμη, dm), τό έκατοστόμετρο (ή πόντος, cm), τό χιλιοστόμετρο (mm) καί τό μικρό (μm). Οι σχέσεις μεταξύ μέτρου καί υποδιαιρέσεών του, όπως καί οι σχέσεις άνάμεσα στίς υποδιαιρέσεις του άναγράφονται στον πίνακα 2.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.1.

Μέτρα [m]	Δεκατόμετρα [dm]	Έκατοστό- μετρα [cm]	Χιλιοστό- μετρα [mm]	Μικρά [μm]
1	10	100	1000	1000000
—	1	10	100	100000
—	—	1	10	10000
—	—	—	1	1000

Ἡ ὑάρδα (Y) ὑποδιαιρεῖται σέ τρία (3) πόδια (ft) καί κάθε πόδι σέ δώδεκα (12) ἴντσες (in ἢ "), ἄρα ἡ ὑάρδα ἔχει 36".

Ἡ ἴντσα ἔχει κλασματικές ($1/2''$, $1/4''$, $1/8''$, $1/16''$, $1/32''$, $1/64''$ καί σπανιότερα $1/128''$) καί δεκαδικές ὑποδιαιρέσεις. Γιά τή μέτρηση τῆς τραχύτητας ἐπιφάνειας [Μ.Ε παράγρ. 2.8.2(Β)(1),(2)] ἔχει θεοπισθεῖ ἡ μικροίντσα (μῖν ἢ μ"), ἴση πρὸς ἓνα ἑκατομμυριοστό τῆς ἴντσας.

Ἡ διεθνὴς ὑάρδα (τὴν ἀποδέχθηκαν οἱ Η.Π.Α καί ἡ Βρεταννικὴ Κοινοπολιτεία τὸ 1959) εἶναι ἴση μὲ 0,9144 m. Κάθε πόδι εἶναι 0,3048 m, ἡ ἴντσα ἴσουται πρὸς 0,0254 m ἢ 25,4 mm καί ἡ μικροίντσα εἶναι ἴση πρὸς 0,025 μm ἢ $1/40$ μm.

Ἡ μετατροπὴ μονάδων ἀπὸ τὸ ἓνα σύστημα στὸ ἄλλο μπορεῖ νά γίνει εἴτε ὑπολογιστικά μὲ βάση τίς ἀνάμεσά τους σχέσεις πού ἔχομε δώσει εἴτε μὲ τὴ βοήθεια πινάκων (Μ.Ε. Πίνακες 1.3.2, 1.3.3, 1.3.4).

Γ. Ὅργανα μετρήσεως μηκῶν.

Τὰ ὅργανα μετρήσεως μηκῶν, γιά τὰ ὁποῖα μιλήσαμε, εἶναι κατὰ σειρὰ αὐξανόμενης ἀκρίβειας μετρήσεως: οἱ μεταλλικοί κανόνες, τὰ παχύμετρα καί τὰ μικρόμετρα.

α) **Μεταλλικοί κανόνες.** Εἶναι τὸ εὐρύτερα χρησιμοποιούμενο ὄργανο μετρήσεως μηκῶν. Οἱ μεταλλικοί κανόνες τοῦ μετρικοῦ συστήματος βαθμονομοῦνται σέ χιλιοστόμετρα ἢ σέ μισὰ χιλιοστόμετρα, ἐνῶ οἱ κανόνες κατὰ τὸ ἀγγλοσαξονικὸ σύστημα φέρουν κλασματικές ὑποδιαιρέσεις $1/8''$, $1/16''$, $1/32''$ ἢ $1/64''$ ἢ δεκαδικές ὑποδιαιρέσεις 0,1" ἢ 0,025" ἢ 0,01". Στὸν ἴδιο κανόνα εἶναι δυνατό νά ἔχομε στὰ ἄκρα τῶν πλευρῶν του καί διαφορετικὲς βαθμονομίες.

Ὁ μεταλλικός κανόνας μπορεῖ νά χρησιμοποιηθεῖ ἀξιόπιστα γιά ἀκρίβεια μέχρι $1/64''$ (μὲ ἀγγλοσαξονικὴ βαθμονομία) ἢ 0,5 mm (μὲ μετρικὴ βαθμονομία).

Κατὰ τὴ χρῆση τοῦ μεταλλικοῦ κανόνα, γιά ἱκανοποιητικὲς μετρήσεις, λαμβάνομε ἐν γένει ὑπ' ὄψη τὰ ἀκόλουθα:

- Ποιὸ εἶδος κανόνα (κοινοῦ, στενοῦ, εὐκαμπτοῦ, μικροῦ μήκους μὲ παρέκταμα) εἶναι τὸ πιὸ κατάλληλο, γιά νά ἐκτελέσουμε τὴ συγκεκριμένη μέτρηση.
- Ποιὰ βαθμονομία του θά πρέπει νά ἐκλέξομε, ὥστε νά μποροῦμε νά ἐλέγχομε μὲ παραδεκτὴ ἀκρίβεια τὴν ἀνάγνωση τῆς διαστάσεως καί
- Πῶς θά κρατήσομε κανόνα καί κομμάτι, ὅπως καί ποιὰν ὑποδιείρεση θά θεωρήσομε ὡς ἀρχὴ τῶν μετρήσεων.

β) **Παχύμετρα.** Μὲ τὸ παχύμετρο (σχ. 2.2α) κάνομε μετρήσεις μηκῶν γρήγορα καί μὲ ἀκρίβεια μεγαλύτερη ἀπὸ ἐκείνη, πού ἐπιτυγχάνομε μὲ τοὺς μεταλλικοὺς κανόνες. Μποροῦμε νά φθάσομε ἀκρίβεια μετρήσεως μέχρι 0,02 mm (20μm) ἢ 0,001". Εἶναι βασικὸ μετρητικὸ ὄργανο τοῦ ἔμπειρου τεχνίτη. Τὰ παχύμετρα ἔχουν ἀρκετὰ μεγάλη περιοχὴ μετρήσεως καί παρουσιάζουν εὐκολία χρήσεως.

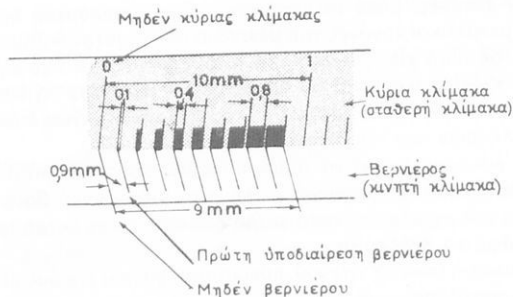
Τὸ στοιχεῖο, πού παρέχει τὴν ἀκρίβεια στὸ παχύμετρο, εἶναι ὁ βερνιέρος (σχ. 2.2β).

Γιά μετρήσεις στὸ μετρικὸ σύστημα χρησιμοποιοῦμε παχύμετρα μὲ ἀκρίβεια $1/10$ mm (0,1 mm), $1/20$ mm (0,05 mm) καί σπανιότερα $1/50$ mm (0,02 mm). Στὰ πρῶτα, 9 ὑποδιαιρέσεις (9 mm) τῆς κύριας κλίμακας τοῦ παχυμέτρου διαιροῦνται σέ 10 ἴσες ὑποδιαιρέσεις βερνιέρου. Στὰ δεύτερα, 19 ὑποδιαιρέσεις (19



Σχ. 2.2α.

Παχύμετρο με βερνιέρο γενικής χρήσεως και δυνατότητές του για μετρήσεις: (Α) σταθερό μέρος παχυμέτρου, (Β) κινητό μέρος, (Γ, Δ, Γ', Δ') ράμφη, (Ε, Ε') κλίμακες βερνιέρου, (Ζ) ραβδίο για μετρήσεις βάθους.



Σχ. 2.2β.

Η αρχή του βερνιέρου. Ο βερνιέρος αυτός μετράει με ακρίβεια $1/10$ mm.

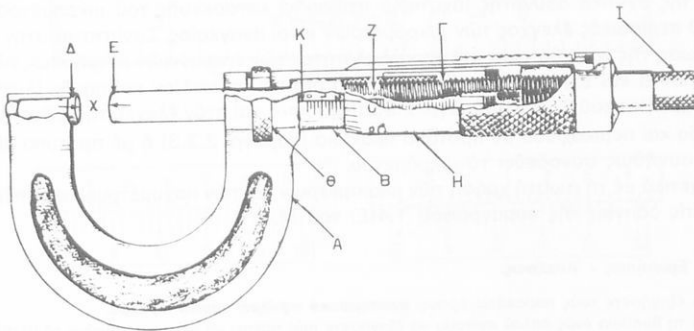
mm) της κύριας κλίμακας υποδιαίρουνται σε 20 ίσες υποδιαίρεσεις βερνιέρου, ενώ στα τελευταία (με ακρίβεια 0,02 mm) 49 υποδιαίρεσεις (49 mm) της κλίμακας του κανόνα κάνουν 50 ίσες υποδιαίρεσεις του βερνιέρου.

Τά παχύμετρα του αγγλοσαξονικού συστήματος παρουσιάζουν δύο στάθμες ακρίβειας, δηλαδή $1/128''$ και $0,001''$. Στα παχύμετρα με ακρίβεια $1/128''$ η κύρια κλίμακα φέρει υποδιαίρεσεις σε $1/16''$, ενώ για να διαμορφωθεί ο βερνιέρος τους 7 υποδιαίρεσεις του κανόνα ($7/16''$) έχουν διαιρεθεί στο βερνιέρο σε 8 ίσες υποδιαίρεσεις. Τά παχύμετρα που μετρούν με ακρίβεια $0,001''$ έχουν υποδιαίρεσεις του κανόνα σε $1/40''$ ($0,025''$) και κλίμακα βερνιέρου με 25 ίσες υποδιαίρεσεις, οι οποίες προέρχονται από 24 υποδιαίρεσεις της κύριας κλίμακας του παχυμέτρου, δηλαδή από μήκος $24/40''$.

Η ακρίβεια μετρήσεως του παχυμέτρου βασίζεται στην κατάσταση (καλή, μέτρια, κακή), στην οποία βρίσκεται η συναρμογή του σταθερού και κινητού του μέ-

ρους (Α και Β αντίστοιχα, σχ. 2.2α), όπως και από την κατάσταση των ραμφών του από άποψη φθοράς ή στρεβλώσεως (ή και των δύο). Γι' αυτό, αν θέλουμε να παίρνουμε αξιόπιστες ενδείξεις με τα παχύμετρα, θα πρέπει να κάνουμε τους προβλεπόμενους περιοδικούς ελέγχους για φθορά και παραλληλισμό των ραμφών τους.

γ) **Μικρόμετρα** (σχ. 2.2γ). Χρησιμοποιούνται για μετρήσεις μηκών, οι οποίες απαιτούν ακρίβεια μεγαλύτερη από εκείνη, που μπορεί να μας δώσει το παχύμετρο. Η ακρίβεια αυτή για μικρόμετρα του μετρικού συστήματος μπορεί να φθάσει τό 0,01 mm, ενώ για μικρόμετρα του αγγλοσαξονικού συστήματος τό 0,001" ή ακόμα και τό 0,0001" με χρήση κατάλληλου βερνιέρου.



Σχ. 2.2γ.

Τα διάφορα μέρη του μικρομέτρου: (Α) πεταλοειδής σκελετός, (Β) κοίλος κύλινδρος, (Γ) σταθερό περικόχλιο, (Δ) σταθερός έπαφάς (πέλαμα), (Ε) κινητός έπαφάς, (Ζ) κοχλίας, (Η) βαθμονομημένος κάλυκας, (Θ) ρικνωτό άσφαλιστικό περικόχλιο, (Ι) μηχανισμός έλέγχου πιέσεως έπαφών - μετρούμενου κομματιού.

Η λειτουργία του μικρομέτρου βασίζεται στην άρχή της σχετικής κινήσεως ένος κοχλία και του περικοχλίου του. Η άξονική δηλαδή μετατόπιση του κοχλία, αν τό περικόχλιο είναι σταθερό (όπως συμβαίνει στο μικρόμετρο), είναι ίση με τό βήμα του σπειρώματος για μία πλήρη περιστροφή του κοχλία ή με μέρος του βήματος ανάλογα με τή γωνία στροφής του. Η συγκρότηση έ ενός μικρομέτρου φαίνεται στο σχήμα 2.2γ.

Τά μικρόμετρα τά άπαντοίμε σε διάφορα μεγέθη (περιοχές μετρήσεως): 0-25 mm, 25-50 mm, 50-75 mm κ.ά. ή 0-1", 1-2", 2-3" κ.ο.κ.

Διακρίνομε μικρόμετρα έξωτερικών διαστάσεων, μικρόμετρα έσωτερικών διαστάσεων, και μικρόμετρα βάθους (βαθύμετρα). Από αυτά τό εύρύτερα χρησιμοποιούμενο είναι τό πρώτο, δηλαδή τό μικρόμετρο έξωτερικών διαστάσεων, που τό συναντοίμε ως μικρόμετρο του μετρικού ή του αγγλοσαξονικού συστήματος.

Τό μικρόμετρο του μετρικού συστήματος μετρά με ακρίβεια 0,01 mm (10 μm), ή όποια έπιτυγχάνεται με βήμα σπειρώματος ίσο πρός 0,5 mm και με 50 ίσες υποδιαιρέσεις της περιφέρειας του κάλυκα Η του μικρομέτρου. Ο κοίλος κύλινδρος Β φέρει βαθμονομία με υποδιαιρέσεις 0,5 mm.

Έξ άλλου τό μικρόμετρο τοῦ ἀγγλοσαξονικοῦ συστήματος μᾶς δίνει συνήθως ἀκρίβεια 0,001". Ἐδῶ ὁ κοχλίας τοῦ μικρομέτρου ἔχει σπείρωμα μέ βῆμα 1/40" (ἢ 40 σπειρώματα στήν ἴντσα) ἢ 0,025". Ἡ βαθμονομία τοῦ κοίλου κύλινδρου ἔχει υποδιαιρέσεις 0,025" καί ἡ περιφέρεια τοῦ κάλυκα διαιρεῖται σέ 25 ἴσες υποδιαιρέσεις.

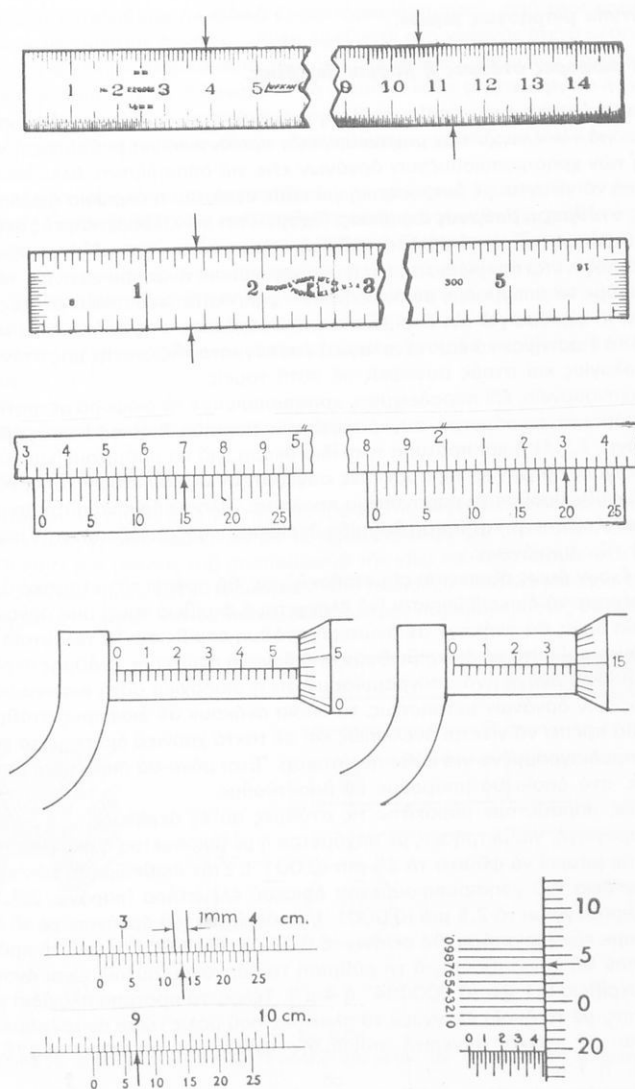
Μεγαλύτερη ἀκόμα ἀκρίβεια ἀπό 0,001", δηλαδή 0,0001", μποροῦμε νά ἐπιτύχωμε, ἂν στό μικρόμετρο ἀκρίβεια 0,001", προσθέσουμε βερνιέρο μέ ἀκρίβεια 1/10 (ἢ κλίμακα τοῦ βερνιέρου ἔχει δέκα ἴσες υποδιαιρέσεις, πού ἀντιστοιχοῦν σέ ἑννέα υποδιαιρέσεις τοῦ κάλυκα). Ἐδῶ θά πρέπει νά πούμε ὅτι ἡ ἀκρίβεια αὐτή, δηλαδή τοῦ 0,0001", εἶναι ἀμφίβολο ἂν μπορεῖ νά ἐπιτευχθεῖ μέ ἀξιοπιστία, ἐξ αἰτίας τῆς σχετικῆς ἀδύνατης (ὄχι πολύ στιβαρῆς) κατασκευῆς τοῦ μικρομέτρου.

Ὁ περιοδικός ἔλεγχος τῶν μικρομέτρων εἶναι ἀναγκαῖος. Συνίσταται στήν ἐξακρίβωση τῆς ἐπιπεδότητος καί παραλληλότητος τῶν ἐπιφανειῶν μετρήσεως τῶν ἐπαφῶν Δ καί Ε (σχ. 2.2γ) μέ τή βοήθεια ὀπτικοῦ πλακιδίου καί πηγῆς (λυχνίας) μονοχρωματικοῦ φωτός [παράγρ. 2.9.2(Β)], ὅπως καί στόν ἔλεγχο τῆς φθορᾶς τοῦ κοχλίου καί περικοχλίου μέ πρότυπο πλακίδιο (παράγρ. 2.3.3) ἢ μέ πρότυπο μήκος πού συνήθως συνοδεύει τό μικρόμετρο.

Σχετικά μέ τή σωστή χρήση τῶν μικρομέτρων καί τῶν παχυμέτρων παραπέμπομε στίς ὁδηγίες τῆς παραγράφου 1.4(Ε) τοῦ Μ.Ε.

2.2.2 Ἑρωτήσεις - Ἀσκήσεις.

1. Νά ἐξηγήσετε τούς παρακάτω ὅρους: **συστηματικό σφάλμα, τυχαίο σφάλμα.**
2. Μέ τή βοήθεια ἑνός ἀπλοῦ σκίτσου νά ἐξηγήσετε πῶς πρέπει νά μεταχειρισθοῦμε τό μεταλλικό κανόνα, γιά νά ἐπιτύχωμε τή μεγαλύτερη δυνατή ἀκρίβεια.
3. Ποιά μέγιστη ἀκρίβεια μποροῦμε νά ἐπιτύχωμε μέ ἕνα μεταλλικό κανόνα καί γιατί;
4. Ποιά μετρητικά ὄργανα χρησιμοποιοῦμε, γιά νά κάνουμε μετρήσεις σέ κλάσματα τῆς ἴντσας ἢ σέ δεκαδικούς τῆς ἴντσας;
5. Ποιά εἶναι ἡ ἀρχή τοῦ βερνιέρου γενικά;
6. Πῶς εἶναι σχεδιασμένο ἕνα παχύμετρο γιά νά μετράει μέ ἀκρίβεια 1/128" ἢ 1/20" mm;
7. Νά συγκρίνετε μεταξύ τους τό παχύμετρο καί τό μικρόμετρο καί νά ἀναφέρετε πλεονεκτήματα καί μειονεκτήματά τους.
8. Πῶς ἐλέγχουμε τή φθορά καί τήν παραλληλότητα τῶν ραμφῶν ἑνός παχυμέτρου;
9. Ποιά εἶναι ἡ ἀρχή τοῦ μικρομέτρου;
10. Πῶς διαμορφώνεται ἕνα μικρόμετρο γιά νά μᾶς δίνει μετρήσεις μέ ἀκρίβεια 0,01 mm ἢ 0,001";
11. Ποιά ἐργασία κάνει ὁ μηχανισμός Ι (σχ. 2.2γ) καί τό ἀσφαλιστικό περικόχλιο Θ ἑνός μικρομέτρου;
12. Σέ τί συνίσταται ὁ περιοδικός ἔλεγχος ἑνός μικρομέτρου;
13. Νά ἀναφέρετε δύο βασικές ὁδηγίες γιά τή χρήση τῶν παχυμέτρων καί μικρομέτρων.
14. Ποιό μικρόμετρο εἶναι ἀκριβέστερο: τό μετρικό μέ ἀκρίβεια 0,01 mm ἢ τό ἀγγλοσαξονικό μέ ἀκρίβεια 1/128";
15. Ποιό παχύμετρο εἶναι ἀκριβέστερο: τό μετρικό μέ ἀκρίβεια 1/20 mm ἢ τό ἀγγλοσαξονικό μέ ἀκρίβεια 0,001" καί γιατί;
16. Νά σχεδιάσετε ἢ νά θέσετε τήν ἑνδείξη 15,35 mm σέ ἕνα μετρικό παχύμετρο καί τήν ἑνδείξη 4,361" σέ ἕνα ἀγγλοσαξονικό. Σέ ποιά κλασματική υποδιάρθρωση τῆς ἴντσας πλησιάζει ἡ πρώτη ἑνδείξη; Νά μετατρέψετε σέ χιλιοστόμετρα τή δεύτερη ἑνδείξη.
17. Νά ἐξηγήσετε, ὅσο γίνεται πιό ἀπλά, τήν ἑνδείξη 4,361" ἑνός ἀγγλοσαξονικοῦ παχυμέτρου.
18. Νά σχεδιάσετε ἢ νά θέσετε τίς ἀκόλουθες ἐνδείξεις ἑνός μικρομέτρου: α) 17,42 mm, β) 2,289", γ) 2,2872" καί νά ἐξηγήσετε πῶς γίνεται ἡ ἀνάγνωση τῆς ἐνδείξεως (α) καί τῆς ἐνδείξεως (γ).
19. Νά ἀναγνώσετε τίς παρακάτω ἐνδείξεις (σημειώνονται μέ βέλος) σέ μεταλλικό κανόνα, παχύμετρο καί μικρόμετρο (σχ. 2.2δ).



Σχ. 2.26.

2.3 Πρότυπα μετρήσεως μηκών.

2.3.1 Οι διάφορες στάθμες ή βαθμοί ακρίβειας.

Οι έκτελούμενες στην πράξη ποικίλες μετρήσεις μηκών είτε αυτές πραγματοποιούνται για τόν έλεγχο των μηχανουργικών προϊόντων, για ρυθμίσεις ή για διακρίβωση των χρησιμοποιουμένων οργάνων είτε για όποιοδήποτε άλλο σκοπό, είναι ανάγκη να γίνονται με διαφορετική για κάθε περίπτωση ακρίβεια ή άλλοιως σε διάφορες **στάθμες ή βαθμούς ακρίβειας**. Έχομε έτσι μίαν ιεράρχηση της ακρίβειας από τη μικρότερη προς τη μέγιστη δυνατή. Όπως είναι φυσικό, η ακρίβεια δέν μπορεί νά αυξάνεται απεριόριστα, αλλά υπάρχει κάποιο άνωτερο φράγμα, τό όποιο δέν μπορούμε νά υπερβούμε με όσοδήποτε ψηλό κατασκευαστικό κόστος. Τό άνωτερο αυτό φράγμα για τήν ακρίβεια πού επιτυγχάνομε στίς κατασκευές καθορίζεται από τά έπιστημονικά καί τεχνολογικά έπιτεύγματα της έποχής μας στόν τομέα της μετρολογίας καί στούς συναφείς με αυτή τομείς.

Στό μηχανουργείο, επί παραδείγματι, χρησιμοποιούμε τά διάφορα μετρητικά όργανα [παχύμετρα, μικρόμετρα, συγκριτές μηκών (παράγρ. 2.4) κ.ά.], τούς έλεγκτήρες (παράγρ. 2.7.1) ή καί πρότυπα πλακίδια άκόμα, για νά ρυθμίζομε καί νά έλέγχομε τίς έργαλειομηχανές, τίς συσκευές συγκρατήσεως κομματιών καί έργαλείων καί για νά έπιθεωρούμε τά παραγόμενα προϊόντα. Όλα τά όργανα αυτά μπορούμε νά τά κατατάξομε στην κάτωτερη βαθμίδα ακρίβειας, πού χρειάζεται στην παραγωγή γενικά των προϊόντων.

Γιά νά έχομε όμως αξιοπιστία οι μετρήσεις μας, θά πρέπει τά μετρητικά όργανα πού αναφέραμε νά διακριβώνονται (νά έλέγχεται ή ακρίβειά τους) από όργανα πάλι, τά όποια όμως θά ανήκουν σέ άνωτερη στάθμη ακρίβειας. Τά τελευταία τώρα έχομε ανάγκη καί αυτά νά διακριβωθοϋν από όργανα άνωτερης στάθμης ακρίβειας κ.ο.κ. Έδώ είναι ανάγκη νά υπογραμμίσομε ότι ή διαδοχική αυτή διαδικασία διακριβώσεως των οργάνων μετρήσεως, τά όποια ανήκουν σέ διάφορες στάθμες ακρίβειας, θά πρέπει νά γίνεται άνελλιπώς καί σέ τακτά χρονικά διαστήματα καί κατ'ά τρόπο προδιαγραφμένο για κάθε περίπτωση. Έτσι μόνο θά διαθέτομε μετρητικά όργανα, στά όποια θά μπορούμε νά βασισθοϋμε.

Χονδρικά, παραθέτομε παρακάτω τίς στάθμες αυτές ακρίβειας.

Στήν παραγωγή, για μετρήσεις με παχύμετρο ή με μικρόμετρο ή ακρίβεια πού επιτυγχάνεται μπορεί νά φθάσει τά 25 μm (0,001"). Στην έπιθεώρηση των κομματιών, ή ακρίβεια του χρησιμοποιούμενου όριακού έλεγκτήρα (παράγρ. 2.7.1) θά πρέπει νά προσεγγίζει τά 2,5 μm (0,0001"). Η ακρίβεια του όργάνου, με τό όποιο διακριβώνομε τόν έλεγκτήρα, θά φθάνει τά 0,25 μm (0,00001"), ενώ τά πρότυπα πλακίδια, πού θά χρειασθοϋν για τή ρύθμιση του όργάνου αυτού, είναι αναγκαίο νά έχομε ακρίβεια 0,1 μm (0,000004" ή 4 $\mu"$). Τέλος, τά πρότυπα πλακίδια μεγάλης ακρίβειας, με τά όποια έλέγχομε τά πλακίδια, πού μόλις τώρα αναφέραμε, διακριβώνονται σέ είδικό συγκριτή συμβολής φωτός με ακρίβεια 0,025 μm (0,000001" ή 1 $\mu"$).

Είναι αυτόνοδοτό ότι όλη αυτή ή σειρά από διαδοχικές διακριβώσεις δέν είναι δυνατό νά γίνει μέσα στό μηχανουργείο ή στό έργοστάσιο, στό όποιο ανήκει τό μηχανουργείο. Οι διακριβώσεις χαμηλής σχετικά στάθμης ακρίβειας μποροϋν νά γίνουν στό μηχανουργείο ή τό έργοστάσιο, ενώ οι ύψηλότερης στάθμης ακρίβειας

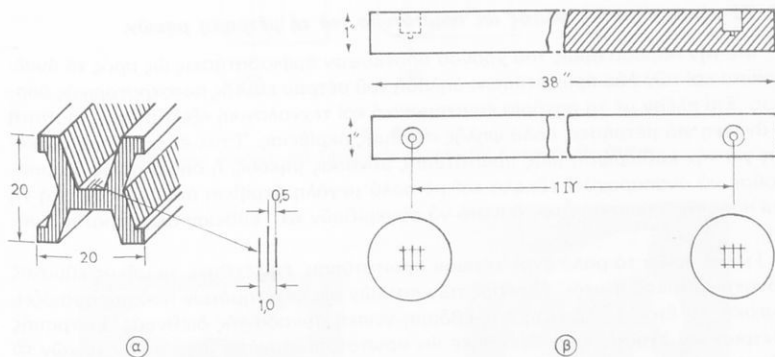
διακριβώσεις εκτελούνται σε ειδικά εργαστήρια, ιδρύματα από τους κατασκευαστές οίκους μετρητικών οργάνων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα μέσα, που απαιτούνται για την άκολουθία αυτή των διακριβώσεων, στοιχίζουν πανάκριβα και, όπως είναι φυσικό, δεν είναι δυνατό να τα διαθέτει κάθε μηχανουργείο ή εργοστάσιο, για να διακριβώνει τα όργανά του μόνο. Άκόμα πρέπει να σημειώσουμε ότι για την εκτέλεση των εργασιών αυτών διακριβώσεως χρειάζεται και εξειδικευμένο προσωπικό.

Τά διάφορα ιδρύματα και εργαστήρια διακριβώσεως ιεραρχούνται ως εξής: Τό **Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών** είναι η ανώτατη αρχή στον τομέα της διακριβώσεως. Μέ αυτό συνδέονται τά **Έθνικά Γραφεία** (ή **Έργαστήρια Προτύπων** των διαφόρων χωρών και παρακάτω από αυτά υπάρχουν τά λεγόμενα **Γραφεία** (ή **Έργαστήρια Προτύπων**, τά όποια είναι δυνατό να είναι κρατικά ή ιδιωτικά. Άκολουθούν τά Μετρολογικά Έργαστήρια των ομάδων εργοστασίων, των εργοστασίων κλπ. μέχρι να φθάσμε στην κατώτατη βαθμίδα ακρίβειας, δηλαδή στην παραγωγή.

2.3.2 Πρωτότυπα για τή μέτρηση μηκών.

A. Τό πρωτότυπο μέτρο.

Στό Παρίσι, τό έτος 1875 μέ τήν ύπογραφή τής συμβάσεως Μέτρων και Σταθμών από πολλά κράτη, καθιερώθηκε τό **πρωτότυπο μέτρο** (δρίσθηκε ίσο πρός τό 1/400000000 του μήκους του μεσημβρινού τής γής) και κατατέθηκε στο περίπτερο των Σεβρών. Είναι κατασκευασμένο από ιριδιούχο πλατίνα και έχει τή μορφή του σχήματος 2.3α(α), για να παρουσιάζει μικρές παραμορφώσεις σε κάμψη. Και



Σχ. 2.3α.

Πρωτότυπα για τή μέτρηση μηκών: (α) Τό πρωτότυπο μέτρο. (β) Ή πρωτότυπη αυτοκρατορική ύαρδα.

στά δύο άκρα τής ράβδου αυτής, που ύλοποιεί τό μέτρο, στο ούδέτερο επίπεδό της (στο επίπεδο, όπου ή παραμόρφωση λόγω κάμψεως είναι μηδενική) ύπάρχουν τρεις παράλληλες χαραγές κάθετες στον άξονα τής ράβδου. Τό μέτρο δρίσθηκε ως

ή απόσταση ανάμεσα στους άξονες των δύο μεσαίων χαραγών (αυτός είναι ο λόγος, για τον οποίο το μέτρο αυτό είναι **πρωτότυπο χαραγών**) σε θερμοκρασία 0°C (Θερμοκρασία τηκόμενου πάγου), θερμοκρασία που πολύ εύκολα μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Όλα τα κράτη, που υπέγραψαν τη σύμβαση, πήραν από ένα αντίγραφο του πρωτότυπου μέτρου, το οποίο απέτέλεσε το **πρωτότυπο εθνικό μέτρο** τους.

Το πρωτότυπο αυτό μέτρο παρέμεινε σε ισχύ ως διεθνές πρωτότυπο για τις μετρήσεις μήκους μέχρι το 1960, όποτε αντικαταστάθηκε με το μήκος κύματος φωτός, για το οποίο θα μιλήσουμε στην παράγραφο 2.3.2(Γ) παρακάτω.

B. Η πρωτότυπη αυτοκρατορική ύαρδα.

Μετά από πολλές αλλαγές που έγιναν στην ύαρδα, την οποία, όπως είναι γνωστό, όρισε και εισήγαγε ο Έρρικος ο πρώτος της Άγγλιας το 1120, με πράξη της Βουλής των Κοινοτήτων το έτος 1855 καθιερώθηκε η **πρωτότυπη αυτοκρατορική ύαρδα** ως νόμιμη μονάδα μετρήσεως μήκους στη Βρεταννική Κοινοπολιτεία. Είναι και αυτή, όπως και το πρωτότυπο μέτρο, πρωτότυπο χαραγών και είναι κατασκευασμένη από κρατέρωμα [παράγρ. 3.7.1(B)(2)] και έχει τετραγωνική διατομή.

Η αυτοκρατορική ύαρδα ορίζεται ως η απόσταση (σε θερμοκρασία 62°F) μεταξύ των άξόνων των μεσαίων χαραγών, που βρίσκονται χαραγμένες στην επάνω επιφάνεια αντίστοιχων χρυσών κυλινδρίσκων φυτεμένων στην επάνω άκρη της ράβδου, που ύλοποιεί την πρωτότυπη αυτοκρατορική ύαρδα [σχ. 2.3α(β)]. Η επάνω επιφάνεια των χρυσών κυλινδρίσκων συμπίπτει και εδώ με το ουδέτερο επίπεδο της ράβδου.

Γ. Το μήκος κύματος φωτός ως πρωτότυπο για τη μέτρηση μηκών.

Με την πάροδο όμως του χρόνου προέκυψαν αμφισβητήσεις ως προς το αναλλοίωτο και των δύο πρωτοτύπων, δηλαδή του μέτρου και της αυτοκρατορικής ύαρδας. Επί πλέον με τη ραγδαία επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη έγινε αισθητή η ανάγκη για μετρήσεις πολύ υψηλής στάθμης ακρίβειας. Έτσι, επεκράτησε η σκέψη για την καθιέρωση μιας πρωτότυπης μονάδας μήκους, η οποία όμως θα μπορούσε να αναπαραχθεί εύκολα και με πολύ μεγάλη ακρίβεια όπουδήποτε στη γη και προς την οποία θα ήταν δυνατό να συγκριθούν κατ' ευθείαν άλλα πρότυπα μήκη.

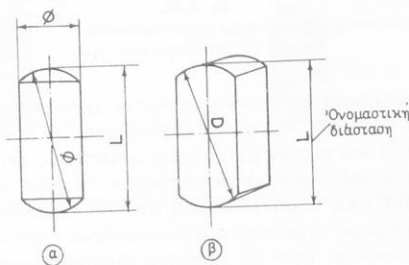
Για να παίξει το ρόλο ενός τέτοιου πρωτοτύπου, επιλέχθηκε το μήκος κύματος μονοχρωματικού φωτός, εξ αιτίας των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει. Αρχικά, το έτος 1927 κατά την έβδομη γενική σύνοδο της διεθνούς Επιτροπής Μέτρων και Σταθμών, υιοθετήθηκε ως πρωτότυπη μονάδα μετρήσεως μηκών το μήκος κύματος της έρυθρης ακτινοβολίας ατμών καδμίου κάτω από καθορισμένες φυσικές συνθήκες παραγωγής. Αργότερα, στην ενδέκατη σύνοδο της ίδιας Επιτροπής το 1960, συμφωνήθηκε και έγινε αποδεκτή ως πρωτότυπη μονάδα για τη μέτρηση μηκών το μήκος κύματος στο κενό της πορτοκαλιάς-έρυθρης ακτινοβολίας του στοιχείου κρυπτό 86, το οποίο είναι ίσο προς 0,6058 μm (ακρίβεστερ 0,60579021 μm). Άρα το μέτρο, ως διεθνής πλέον θεμελιώδης μονάδα μήκους, ισούται προς 1650763,73 φορές το μήκος κύματος αυτής της ακτινοβολίας.

Με τό νέο αυτό πρωτότυπο μήκους είναι δυνατό όπουδήποτε νά γίνει μέτρηση ενός μήκους, δηλαδή σύγκρισή του μέ τό πρωτότυπο μέτρο, μέ ακρίβεια ενός χιλιοστού τοῦ μικροῦ ($0,001 \mu\text{m}$), μέ τήν προϋπόθεση ὅμως ὅτι διατίθεται τό κατάλληλο ὄργανο καί τηροῦνται οἱ προβλεπόμενες συνθήκες γιά τήν ἐκτέλεση τῆς μετρήσεως.

2.3.3 Πρότυπα βιομηχανικά μήκη.

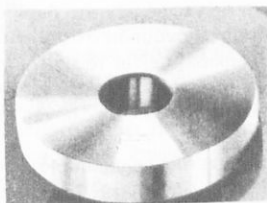
Ἡ ὀνομασία **πρότυπο μήκος** ἔχει τήν ἔννοια τοῦ ἀληθινοῦ ἢ **γνήσιου μήκους**, δηλαδή μήκους μέ πάρα πολύ μικρό σφάλμα, ἀμελητέο μπορούμε νά ποῦμε.

Στά πρότυπα βιομηχανικά μήκη ἀνήκουν: οἱ **πρότυποι κανόνες σφαιρικῶν ἄκρων** [σχ. 2.3β(α)], οἱ **πρότυποι κανόνες κυλινδρικῶν ἄκρων** [σχ. 2.3β(β)], οἱ **πρότυποι δίσκοι** (σχ. 2.3γ), οἱ **πρότυποι δακτύλιοι** (σχ. 2.3δ) καί τά **πρότυπα πλακίδια** (σχ. 2.3ε). Οἱ πρότυποι κανόνες καί τά πρότυπα πλακίδια χαρακτηρίζονται ὡς **πρότυπα ἄκρων**. Ἡ ὀνομαστική διάστασή τους (ἡ ὀνομαστικό μήκος) ὁρίζεται ὡς ἡ ἀπόσταση L ἀνάμεσα στίς δύο ἀκραῖες τους ἐπιφάνειες καί ὄχι ὡς ἡ ἀπόσταση μεταξύ δύο χαραγῶν, ὅπως συμβαίνει στό πρωτότυπο μέτρο καί τήν πρωτότυπη αὐτοκρατορική ὑάρδα (πρωτότυπα χαραγῶν).



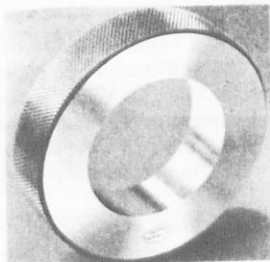
Σχ. 2.3β.

Πρότυποι κανόνες: (α) Σφαιρικῶν ἄκρων. (β) Κυλινδρικῶν ἄκρων.



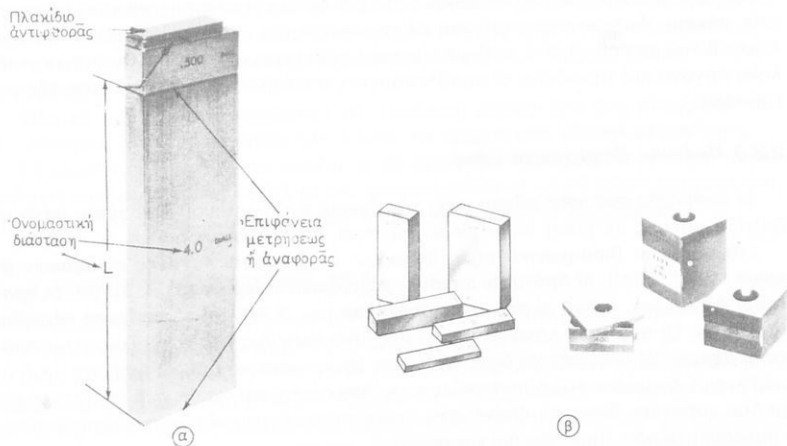
Σχ. 2.3γ.

Πρότυπος δίσκος.



Σχ. 2.3δ.

Πρότυπος δακτύλιος.



Σχ. 2.3ε.

Πρότυπα πλακίδια: (α) Σέ σχήμα ὀρθογώνιου παραλληλεπίπεδου. (β) Σέ σχήμα τετραγωνικοῦ πρίσματος μετ' ἑνὶ τρύπῃ στὴ μέση.

Τὰ πρότυπα βιομηχανικά μήκη πού ἀναφέραμε χρησιμοποιοῦνται τόσο στὸν ἐλεγκτο διαστάσεων κατὰ τὴν παραγωγὴ μηχανουργικῶν προϊόντων, ὅσο καὶ στὴ διακρίβωση ὀργάνων καὶ μέσων μετρήσεως μικρότερης ἀκρίβειας.

Στὰ ἐπόμενα θὰ ἀσχοληθοῦμε ἀποκλειστικά μετὰ τὰ πρότυπα πλακίδια, τὰ ὁποῖα θεωροῦμε ὅτι συμβάλλουν σημαντικά ὅπως θὰ διαπιστώσουμε, στὶς μετρήσεις στὸ μηχανουργεῖο, (παραγωγή, ἐργαλειοκατασκευαστήριον, ἐπιθεώρηση ἢ ἐργαστήριον προτύπων), παραλείποντας ἔτσι τὰ ὑπόλοιπα, δευτερεύουσας κάπως σημασίας πρότυπα βιομηχανικά μήκη.

— Τὰ πρότυπα πλακίδια.

Α. Γενικά.

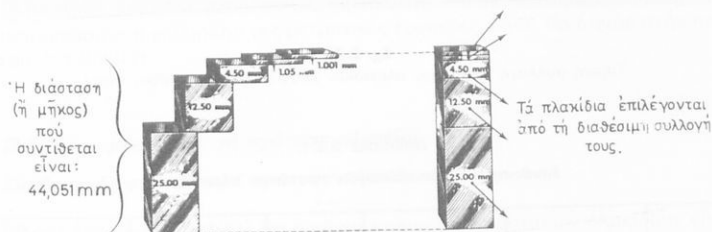
Τὰ πρότυπα πλακίδια ἔχουν συνήθως σχῆμα ὀρθογώνιου παραλληλεπίπεδου [σχ.2.3.ε(α)], τοῦ ὁποίου δύο ἑδρες εἶναι κατεργασμένες μετὰ μέγιστη ἀκρίβεια ἐπὶ πεδερ, παράλληλες καὶ λεῖες. Ἡ ἀπόσταση πού ὑπάρχει ἀνάμεσα στὶς δύο αὐτὲς ᑲᑲρες (**ἐπιφάνειες μετρήσεως ἢ ἀναφορᑲς**) τοῦ πλακιδίου εἶναι τὸ ὀριζόμενον ἀπὸ δᑲθε πλακίδιον μήκος ἢ ἡ **ὀνομαστική** διάσταση τοῦ πλακιδίου. Ἡ ἐπινόησή τους ὀφείλεται στὸ Σουηδό ἐπιθεωρητὴ ὀπλισμοῦ Carl E. Johansson, στὶς ἀρχές τοῦ αἰῶνα μας.

Ὑπάρχουν ὁμως καὶ πρότυπα πλακίδια σέ σχῆμα τετραγωνικοῦ πρίσματος [σχ.2.3ε(β)] μετ' ἑνὶ τρύπῃ συνήθως στὸ μέσο τους γιὰ εὐκολία στὴ σύνθεση διαφόρων μηκῶν. Εἶναι δυνατόν ὁμως τὰ πλακίδια αὐτὰ καὶ νὰ μὴ φέρουν τρύπα.

Μέτὰ τὰ πρότυπα πλακίδια μπορούμε σχετικὰ εὐκόλα (ἀφοῦ ὁμως ἀποκτήσουμε τὴν ἀπαιτούμενη ἐμπειρία) νὰ **συνθέτομε διαστάσεις** (μήκη) μετὰ προσωρινούς συν-

δυσασμούς από πρότυπα πλακίδια — τό καθένα πλακίδιο αντιπροσωπεύει ένα πρό-
τυπο μήκος — στη μορφή μιᾶς **σειρᾶς** ἢ μιᾶς **στήλης** ἀπὸ πλακίδια (σχ. 2.3στ). Τό
συνολικό μήκος τῆς σειρᾶς αὐτῆς ἢ στήλης πλακιδίων — μέσα βέβαια, σέ καθορι-
σμένες πολὺ στενές ἀνοχές — παριστάνει τὴ ζητούμενη πρότυπη διάσταση (ἢ μή-
κος) γιὰ κάποια ἐφαρμογή.

Τὰ πρότυπα πλακίδια κατασκευάζονται ἀπὸ χαλυβόκραμα (συνήθως χρωμιοῦχο
μὲ ψηλὴ περιεκτικότητα σέ ἄνθρακα) τέτοιο, ὥστε νά παρουσιάζει ἀνεκτὴ ἀντίστα-
ση στὴ φθορὰ ἀπὸ τὴ χρῆση, σταθερότητα τῆς ὀνομαστικῆς διαστάσεως, μικρὸ
συντελεστὴ θερμικῆς διαστολῆς καὶ καλὴ κατεργαστικότητα, ἰδιαίτερα σέ ὅ,τι ἀφο-
ρᾷ τὴν ἐπίτευξη ψηλοῦ βαθμοῦ τραχύτητας ἐπιφάνειας. Ἡ ἀπαιτούμενη σκλη-
ρότητα, ἡ διαστατικὴ εὐστάθεια καὶ ἡ ἐξάλειψη τῶν ἐσωτερικῶν τάσεων τῶν πλα-
κιδίων ἐπιτυγχάνονται μὲ μιὰ σειρά ἀπὸ θερμικῆς κατεργασίες μετὰ τὴ βαφή. Τὰ
πλακίδια, πού χρησιμοποιοῦνται σέ διαβρωτικό περιβάλλον κατασκευάζονται ἀπὸ
κατάλληλο ἀνοξειδωτο χάλυβα.



Σχ. 2.3στ.

Σύνθεση μιᾶς διαστάσεως (ἢ μήκους) στὴ μορφή μιᾶς σειρᾶς ἢ στήλης ἀπὸ πρότυπα πλακίδια.

Β. Συλλογές προτύπων πλακιδίων.

Τὰ πρότυπα πλακίδια διατίθενται στὸ ἐμπόριο ἀπὸ τὰ ἐργοστάσια κατασκευῆς
σέ συλλογές (σχ. 2.3ζ) τόσο στὸ μετρικό, ὅσο καὶ στὸ ἀγγλοσαξονικὸ σύστημα με-
τρήσεων.

Στόν Πίνακα 2.3.1 παραθέτομε τὴ σύνθεση δύο τυπικῶν συλλογῶν ἀπὸ πρότυ-
πα πλακίδια, μιᾶς κατὰ τὸ μετρικὸ σύστημα καὶ τῆς ἄλλης κατὰ τὸ ἀγγλοσαξονικὸ
σύστημα.

Κάθε συλλογὴ φέρει καὶ ἓνα ζεῦγος πλακιδίων ἀπὸ σκληρομέταλλο (παράγρ.
3.8.2) τὰ λεγόμενα **πλακίδια ἀντιφθορᾶς**, πάχους 2 mm ἢ 0,050". Αὐτὰ τὰ πλακί-
δια τοποθετοῦνται συνήθως στὰ δύο ἄκρα (σχ. 2.3ιγ) | ἢ καὶ στὸ ἓνα, ἀν δέν υπάρ-
χει κίνδυνος φθορᾶς στὸ ἄλλο, σχ. 2.3ε(α)| τῆς σειρᾶς ἢ στήλης πλακιδίων, ἡ ὁ-
ποία ἀντιπροσωπεύει, ὅπως εἶπαμε, μιὰ πρότυπη διάσταση, γιὰ νά προφυλάγουν ἐ-
πὶ τὴν ἀντίστοιχες ἐπιφάνειες μετρήσεως τῶν ἀκραιῶν πλακιδίων τοῦ συνδυα-
σμοῦ ἀπὸ φθορὰ λόγω χρήσεως.

Γ. Ποιότητες προτύπων πλακιδίων.

Σύμφωνα μὲ τοὺς κανονισμούς προτυποποιήσεως, πού ἰσχύουν, προδιαγρά-



Σχ. 2.3ζ.

Τυπική συλλογή προτύπων πλακιδίων μέσα στην ειδική θήκη τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.1.

Σύνθεση τυπικών συλλογών προτύπων πλακιδίων

Αριθμός πλακιδίων	Κλιμάκωση όνομαστικής διαστάσεως [mm]	Περιοχή όνομαστικής διαστάσεως [mm]	Αριθμός πλακιδίων	Κλιμάκωση όνομαστικής διαστάσεως [in]	Περιοχή όνομαστικής διαστάσεως [in]
1. Μετρικό σύστημα			2. Άγγλοσαξονικό σύστημα		
9	0,001	1,001- 1,009	9	0,0001	0,1001-0,1009
49	0,010	1,010- 1,490	49	0,001	0,101 -0,149
49	0,500	0,500- 24,500	19	0,050	0,050 -0,950
4	25,000	25,000-100,000	4	1,000	1,000 -4,000
2*	—	2,000	2*	—	0,050

* Πλακίδια άντιφθοράς από σκληρομέταλλο.

φονται διάφορες ποιότητες για τα πρότυπα πλακίδια. Έτσι, η γερμανική προτυποποίηση (DIN 861 και TGL 12015) προβλέπει τέσσερις ποιότητες για τα πρότυπα πλακίδια, δηλαδή τις ποιότητες 0, I, II και III. Η ποιότητα 0 είναι η ανώτατη ποιότητα (π.χ. για πλακίδιο με όνομαστική διάσταση 25 mm το μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα ή η ανοχή του, παράγρ. 2.6.1(Δ), είναι $\pm 0,15 \mu\text{m}$), ενώ η ποιότητα III είναι η κατώτατη ποιότητα (για πλακίδιο με την ίδια όνομαστική διάσταση, δηλαδή 25 mm, προβλέπεται μέγιστο σφάλμα $\pm 1,5 \mu\text{m}$).

Κατά τούς αμερικανικούς κανονισμούς (GGG-G-15a) προδιαγράφονται πέντε

ποιότητες προτύπων πλακιδίων, οι ποιότητες AAA, AA, A+, A και B (AAA είναι η ανώτατη ποιότητα και B η κατώτατη). Για να πάρουμε μιά ιδέα της ακρίβειας κατασκευής των πλακιδίων αυτών, αναφέρουμε ότι για ονομαστική διάσταση μιάς ίντσας (1") ή ανοχή της ποιότητας AAA είναι $+0,025 \mu\text{m}$ ($\pm 1 \mu''$), ενώ η ανοχή της ποιότητας B για την ίδια ονομαστική διάσταση δίνεται ως $+0,25 \mu\text{m}$ ($+10 \mu''$), $-0,15 \mu\text{m}$ ($-6 \mu''$).

Τέλος, η βρετανική προτυποποίηση (BS 888) προβλέπει τέσσερις ποιότητες: την ποιότητα αναφοράς (άνωτατη ποιότητα), την ποιότητα διακριβώσεως, την ποιότητα επιθεωρήσεως και την ποιότητα παραγωγής (κατώτατη ποιότητα). Η ανοχή κατασκευής, για πλακίδιο πάλι με ονομαστική διάσταση μιάς ίντσας (1"), της μίαν ποιότητας αναφοράς είναι $+0,050 \mu\text{m}$ ($\pm 2 \mu''$), της δέ ποιότητας παραγωγής $+0,25 \mu\text{m}$ ($+10 \mu''$), $-0,125 \mu\text{m}$ ($-5 \mu''$). Νεώτερη όμως προδιαγραφή (BS 4311) προβλέπει για μετρικά πρότυπα πλακίδια τις ποιότητες 00, 0, I και II κατά σειρά ελαττούμενης ακρίβειας.

Τα πρότυπα πλακίδια, ανάλογα με την ποιότητά τους (τή στάθμη ακρίβειάς τους) χρησιμοποιούνται για όρισμένες μετρητικές εργασίες, όπως θα δούμε στην παράγραφο 2.3.3(Δ)(2).

Δ. Πώς χρησιμοποιούμε τα πρότυπα πλακίδια.

1. Σύνθεση διαστάσεων με πρότυπα πλακίδια.

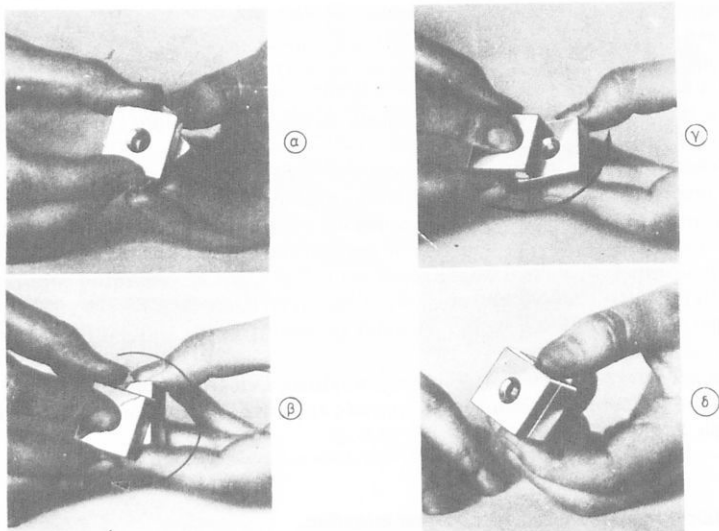
Είδαμε [παράγρ. 2.3.3(A)] ότι η κύρια χρήση των προτύπων πλακιδίων είναι ο συνδυασμός τους για τη σύνθεση δοσμένων (προτύπων) διαστάσεων μέσα σε πολύ στενές ανοχές.

Για να επιτύχουμε τό σκοπό αυτό εκτελούμε τις ακόλουθες εργασίες:

Καθαρίζουμε με επιμέλεια τις επιφάνειες μετρήσεως των πλακιδίων με δέρμα δορκάδας και τοποθετούμε τα πλακίδια τό ένα επάνω στο άλλο σταυροειδώς [σχ. 2.3η(α)]. Κατόπιν, με ολίσθηση και στροφή και με σύγχρονη άσκηση ελαφρής πίεσεως τά φέρνουμε στην κανονική τους θέση (δ), όπως εικονίζεται στο σχήμα 2.3η. Έτσι, εκδιώκεται ο αέρας, που υπάρχει ανάμεσα στις έφαπτόμενες επιφάνειες, και επιτυγχάνεται **πλήρης πρόσφυση τους**.

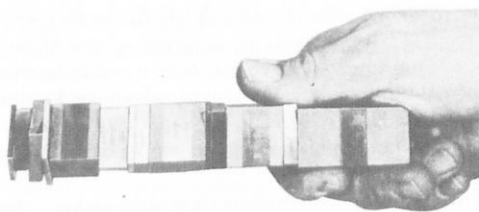
Η πρόσφυση μεταξύ προτύπων πλακιδίων είναι πολύ ισχυρή (μπορεί να φθάσει στα πλακίδια των ανωτέρων ποιότητων και μέχρι 40 kp/cm^2 , (σχ. 2.30). Αποδίδεται σε ανάπτυξη διαμοριακών δυνάμεων, λόγω του μεγάλου βαθμού λειάνσεως και έπιπεδότητας των προσφυσόμενων επιφανειών των πλακιδίων. Ένδεικτικά παρατηρούμε ότι η μέση τιμή της τραχύτητας [παράγρ. 2.8.2(B)(1),(2)] για πρότυπα πλακίδια ποιότητας AA δέν θα πρέπει να υπερβαίνει τή μισή μικροίντσα ($0,0125 \mu\text{m}$). Για να έπιτευχθεί ικανοποιητική πρόσφυση, δέν πρέπει οι έφαπτόμενες άρχικά επιφάνειες να είναι έντελως στεγνές, αλλά να παραμένει επάνω τους, μετά τό καθαρίσμα, μιά λεπτότατη μεμβράνη από λίπος.

Όσο και καλά να είναι η πρόσφυση των επιφανειών μετρήσεως των πλακιδίων κατά τή σύνθεση διαστάσεων, πάντοτε θα υπάρχει ανάμεσά τους (κατά ζεύγος επιφανειών) κάποια λεπτότατη μεμβράνη από λίπος, όξιδια, άερα κ.ά., ή όποια θα τίς διαχωρίζει. Αυτή είναι η λεγόμενη **μεμβράνη προσφύσεως**. Κάτω από κανονι-



Σχ. 2.3η.

Πώς επιτυγχάνουμε την πρόσφυση δύο προτύπων πλακιδίων. (Τήν ίδια διαδικασία ακολουθοῦμε καί για τήν πρόσφυση πλακιδίων σέ σχῆμα ὀρθογώνιου παραλληλεπίπεδου).



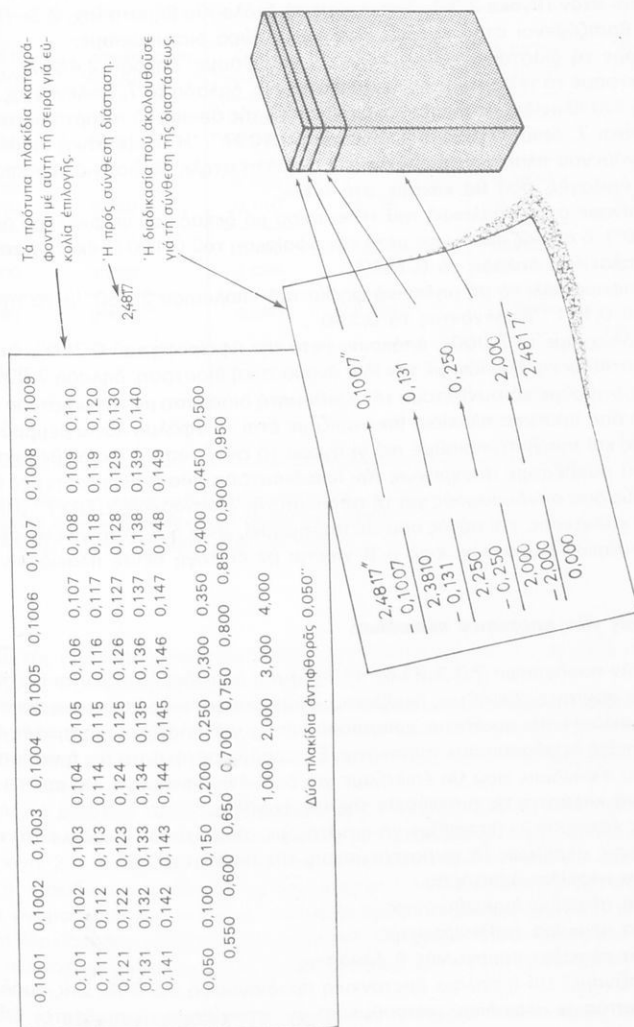
Σχ. 2.3θ.

κές συνθήκες τό πάχος της μπορεῖ νά φθάσει τή μία ἤ τῖς δύο μικροΐντσες.

Συμπερασματικά μπορούμε νά ποῦμε ὅτι, ἂν ἡ πρόσφυση τῶν προτύπων πλακιδίων, γιά τή σύνθεση μιᾶς δοσμένης διαστάσεως, γίνει κανονικά, τότε γιά τῖς περισσότερες μετρήσεις πού κάνομε, θά πρέπει νά ἀγνοήσουμε (νά θεωρήσουμε ἀμελητέα) τή μεμβράνη προσφύσεως. Ἄρα κατά τή σύνθεση μιᾶς διαστάσεως, μέ καλά προσφυόμενα πλακίδια, μπορούμε νά θεωρήσουμε ὅτι ἡ στήλη τῶν πλακιδίων ἔχει διάσταση πρακτικά ἴση μέ τό ἄθροισμα τῶν ὀνομαστικῶν διαστάσεων τῶν προτύπων πλακιδίων, τά ὁποῖα συνιστοῦν τή στήλη αὐτή.

Ἡ διαδικασία πού ἀκολουθοῦμε, γιά νά ἐπιλέξομε τό συνδυασμό ἐκεῖνο ἀπό

πρότυπα πλακίδια, που θα μᾶς δώσει τὴν ἐπιθυμητὴ διάσταση, φαίνεται παραστατικά στὸ σχῆμα 2.3ι. Ἐφαρμόζομε τὸν ἐξῆς βασικὸ κανόνα: Ἀπαλείφομε ἀρχικὰ τὸ τελευταῖο δεκαδικὸ ψηφίῳ τοῦ ἀριθμοῦ, που παριστάνει τὴν ἐπιθυμητὴ διάσταση· κατόπιν διαδοχικὰ, ἀπὸ τὰ δεξιὰ πρὸς τὰ ἀριστερά, τὸ τελευταῖο μὴ μηδενικὸ ψηφίῳ



Σχ. 2.3ι.

Πῶς συνθέτομε μιά διάσταση ἐπιλέγοντας πρότυπα πλακίδια ἀπὸ μιά τυπικὴ ἀγγλοσαξονικὴ συλλογὴ μὲ 83 κομμάτια (Πίνακας 2.3.1).

του αριθμού, ο οποίος προκύπτει μετά την αφαίρεση της ονομαστικής διαστάσεως κάθε επιλεγόμενου πλακιδίου, διαλέγοντας κάθε φορά πρότυπο πλακίδιο τέτοιο, πού νά έχει τό ἴδιο ψηφίο στήν ἀντίστοιχη δεκαδική τάξη τῆς ονομαστικῆς του διαστάσεως.

“Ἄς ποῦμε ὅτι θέλομε νά συνθέσουμε τή διάσταση 2,4817” καί ὅτι διαθέτομε τήν τυπική συλλογή προτύπων πλακιδίων τοῦ ἀγγλοσαξονικοῦ συστήματος, πού περιγράφεται στόν Πίνακα 2.3.1. Ἐκτελοῦμε τά ἀκόλουθα βήματα (σχ. 2.3ι, Πίνακας 2.3.2) βασιζόμενοι στόν κανόνα, πού μόλις τώρα διατυπώσαμε:

– Γράφομε τή διάσταση, πού θέλομε νά συνθέσουμε, δηλαδή 2,4817”.

– Ἀπαλείφομε τό τελευταῖο τῆς δεκαδικῆς ψηφίο, δηλαδή τό 7, ἐπιλέγοντας ἀπό τή συλλογή ἓνα πλακίδιο μέ ονομαστική διάσταση τῆς ὁποίας τό τέταρτο δεκαδικό ψηφίο νά εἶναι 7, ὅπως π.χ. εἶναι ἡ διάσταση 0,1007”. Ἡ ονομαστική διάσταση κάθε επιλεγόμενου πλακιδίου ἀναγράφεται σέ ἄλλη στήλη (δεξιά) γιά τήν ἐπαλήθευση τῆς ἐπιλογῆς, πού θά κάνομε στό τέλος.

– Προβαίνομε στήν ἀπαλοιφή τοῦ τελευταίου μή δεκαδικοῦ ψηφίου τοῦ ἀριθμοῦ (2,3810”), ὁ ὁποῖος προέκυψε μετά τήν αφαίρεση τοῦ 0,1007” ἐκλέγοντας τό κατάλληλο πλακίδιο, δηλαδή τό 0,131”.

– Ἀπαλείφομε πάλι τό μή μηδενικό ψηφίο τοῦ ὑπόλοιπου 2,250” μετά τήν ἀφαίρεση τοῦ 0,131” διαλέγοντας τό 0,250”.

Τέλος διώχνομε τό 2,000”, ὑπόλοιπο μετά τήν αφαίρεση τοῦ 0,250”, ἐπιλέγοντας τό διατιθέμενο πλακίδιο μέ τήν ἴδια ονομαστική διάσταση, δηλαδή 2,000”.

Γενικά, προτιμοῦμε νά συνθέτομε τήν ἐπιθυμητή διάσταση μέ τό μικρότερο δυνατό ἀριθμό ἀπό πρότυπα πλακίδια (περιορίζομε ἔτσι τό σφάλμα λόγω μεμβράνης προσφύσεως καί πραγματοποιοῦμε πιό γρήγορα τό συνδυασμό), ἐκτός βέβαια ἀν χρειάζεται νά συνθέσουμε συγχρόνως τήν ἴδια διάσταση δύο ἢ περισσότερες φορές. Ἀπό τοὺς δύο συνδυασμούς γιά τή σύνθεση τῆς διαστάσεως 2,4817” (Πίνακας 2.3.2) ὁ καλύτερος, καί αὐτός πού θά προτιμηθεῖ, εἶναι ὁ Α, γιατί γίνεται μέ τή βοήθεια τεσσάρων πλακιδίων, ἐνῶ ὁ Β γίνεται μέ ἐπιλογή πέντε πλακιδίων.

2. Ἐφαρμογές τῶν προτύπων πλακιδίων.

Εἶδαμε στήν παράγραφο 2.3.3 (Γ) ὅτι τά πρότυπα πλακίδια διατίθενται σέ τέσσερις ἢ πέντε ποιότητες (στάθμες ἀκρίβειας), σύμφωνα μέ τοὺς ἰσχύοντες κανονισμούς. Τά πλακίδια κάθε ποιότητας χρησιμοποιοῦνται γιά διάφορες μετρητικές ἐργασίες, τίς ὁποῖες ὁμαδοποιοῦμε παρακάτω. Θεωροῦμε αὐτονόητο ὅτι ἡ ποιότητα τοῦ πρότυπου πλακιδίου, πού θά ἐπιλέξομε γιά δοσμένη ἐφαρμογή, θά πρέπει ὁπωσδήποτε νά καλύπτει τίς ἀπαιτήσεις τῆς σέ ἀκρίβεια.

Γιά λόγους ἐφαρμογῶν μπορούμε νά κατατάξομε τά πρότυπα πλακίδια κατά τάξη ἐλαττούμενης ἀκρίβειας (ἢ χειροτερέυσεως τῆς ποιότητος) σέ:

- Πρότυπα πλακίδια ἀναφορᾶς.
- Πρότυπα πλακίδια διακριβώσεως.
- Πρότυπα πλακίδια ἐπιθεωρήσεως.
- Πρότυπα πλακίδια παραγωγῆς ἢ ἐργασίας.

Ἔτσι τά ταξινομεῖ καί ἡ παλαιά βρετανική προδιαγραφή BS 888. Στίς ὁμάδες αὐτές τῶν προτύπων πλακιδίων μπορούμε νά ἀντιστοιχίσομε τίς ποιότητες O, I, II

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.2.

Παραδείγματα συνδυασμών προτύπων πλακιδίων για τη σύνθεση διαστάσεων (μικρών)

Συνδυασμός Α		Συνδυασμός Β		Συνδυασμός με τα δύο πλακίδια αντιφθοράς	
2,4817" 0,1007	Έπαλήθευση: 0,1007 ^α	2,4817" -0,2007*	Έπαλήθευση: 0,2007 ^α	5,6879" -0,1000**	Έπαλήθευση: 0,1000 ^β
2,3810 0,131	0,131	2,2810 -0,141	0,141	5,5879 -0,1009	0,1009
2,250 0,250	0,250	2,140 -0,140	0,140	5,4870 -0,147	0,147
2,000 2,000	2,000	2,000 -2,000	2,000	5,340 -0,140	0,140
0,000	2,4817"	0,000	2,4817"	5,200 -0,200	0,200
				5,000 5,000	5,000***
				0,000	5,6879"

* Προσθέτομε τα πλακίδια 0,1004" και 0,1003"

** Γά δύο πλακίδια αντιφθοράς ($2 \times 0,050 = 0,1000$ ")

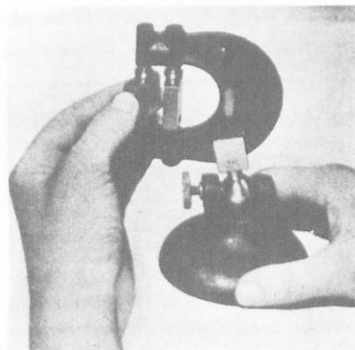
*** Προσθέτομε τα πλακίδια 1,000" και 4,000"

καί III της γερμανικής προτυποποίησης, τίς AAA καί AA, A+, A καί B της άμερικανικής καί τίς ποιότητες 00, 0, I καί II της βρεταννικής.

Τά **πρότυπα πλακίδια άναφοράς** είναι τά άνώτατης στάθμης άκρίβειας πρότυπα μήκη, τών όποιών, ή διακρίβωση γίνεται στό Κρατικό Γραφείο Προτύπων. Χρησιμοποιούνται γιά τή βαθμονόμηση τών κατώτερης ποιότητας προτύπων πλακιδίων διακριβώσεως.

Μέ τά **πρότυπα πλακίδια διακριβώσεως** ελέγχομε όλα τά κατώτερης άκρίβειας πρότυπα πλακίδια. Γιά τήν έργασία αύτή μεταχειριζόμαστε κατάλληλους συγκριτές (παράγρ. 2.4.1) ύψηλής εύαισθησίας. Έ όνομαστική διάσταση τοϋ πρός βαθμονόμηση πλακιδίου συγκρίνεται μέ ένα πρότυπο πλακίδιο διακριβώσεως άπαράλλακτης όνομαστικής διαστάσεως. Άκόμα μποροϋν νά βαθμονομηθοϋν ώς πρός πρότυπα πλακίδια διακριβώσεως καί συγκριτές ύψηλής εύαισθησίας μέσα σέ όλη τους τήν περιοχή μετρήσεων, μέ τή βοήθεια πλακιδίων μέ μεταβαλλόμενη όνομαστική διάσταση.

Μέ τά **πρότυπα πλακίδια έπιθεωρήσεως** ελέγχομε ή ρυθμίζομε (σχ. 2.3ια) έ-



Σχ. 2.3ια.

Ρύθμιση ενός ελεγκτήρη όριου για άξονες με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων.



Σχ. 2.3ιβ.

Ρύθμιση ενός επιτραπέζιου συγκριτή μηκών (παράγρ. 2.4.3, σχ. 2.4ζ).

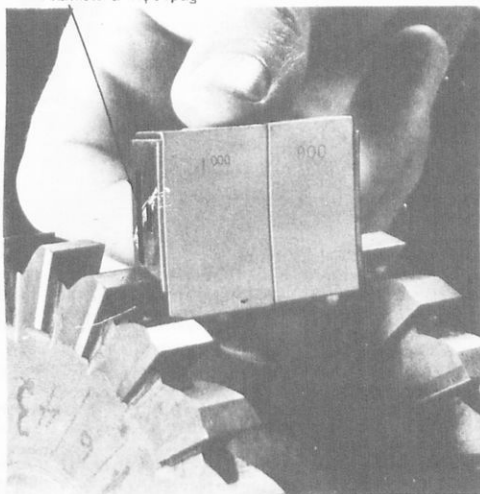
λεγκτήρες όριου (παράγρ. 2.7.1). Έπίσης μέ πρότυπα πλακίδια αὐτῆς τῆς ποσότη-
 τας ρυθμίζομε συγκριτές μηκῶν (σχ. 2.3ιβ) καί ἐλέγχομε ἤ βαθμονομοῦμε πρότυ-
 πα μήκη γιά τή ρύθμιση συγκριτῶν.

Τά **πρότυπα πλακίδια παραγωγῆς** χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα στήν κατασκευή
 ἐργαλείων, ἰδιοσυσκευῶν γιά τή συγκράτηση κομματιῶν, στόν ἔλεγχο τῶν μηχανο-
 νουργικῶν προϊόντων καί σέ ἄλλες συναφεῖς μετρητικές ἐργασίες στό μηχανορ-
 γεῖο. Σ' αὐτό ἔχουν συντελέσει ἀπό τό ἕνα μέρος ὁ ἐξακολουθητικός περιορισμός
 τῶν ἀνοχῶν στίς μηχανουργικές κατασκευές καί ἀπό τό ἄλλο ἡ ἀνάπτυξη πολὺ
 εὐαίσθητων καί ἀξιόπιστων συγκριτῶν μηκῶν.

Πιό συγκεκριμένα, ὡς τυπικές ἐφαρμογές τῶν προτύπων πλακιδίων, παραθέτο-
 με τίς ἀκόλουθες:

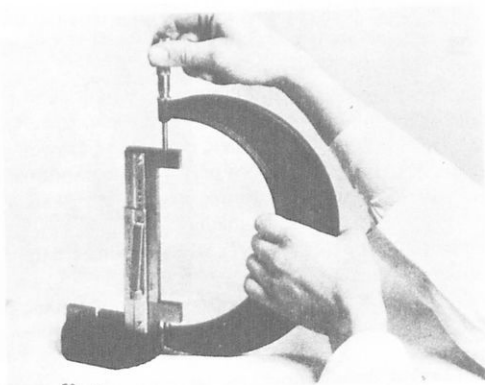
- α) Κατ' εὐθεία μέτρηση ἀποστάσεων ἀνάμεσα σέ παράλληλες ἐπιφάνειες, ὅπως
 π.χ. τό πλάτος αὐλακιῶν, σφηνοδρόμων, κατά τή ρύθμιση ἐργαλείων (σχ.
 2.3ιγ) κ.ἄ.
- β) Ρύθμιση καί ἔλεγχος ἀπλῶν ὀργάνων μετρήσεως τοῦ μηχανουργοῦ, ὅπως
 π.χ. μικρομέτρων (σχ. 2.3ιδ) σέ ὅλη τήν περιοχή μετρήσεως μέ πρότυπα πλα-
 κίδια μεταβαλλόμενης ὀνομαστικῆς διαστάσεως.
- γ) Συγκρότηση ὀριακῶν ἐλεγκτῆρων μέ τή βοήθεια κατάλληλης ἰδιοσυσκευῆς -
 φορέα τῶν πλακιδίων (σχ. 2.3ιε).
- δ) Μεταφορά διαστάσεων καί σύγκριση (σχ. 2.3ιστ).
- ε) Ἑμμεση μέτρηση γωνιῶν μέ τή μέθοδο τοῦ ἡμιτόνου [παράγρ. 2.5.4 (Α)] ἢ
 τῆς ἐφαπτομένης [παράγρ. 2.5.4(Β)].

Πλακίδιο ἀντιφθορᾶς



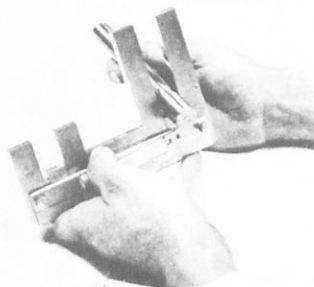
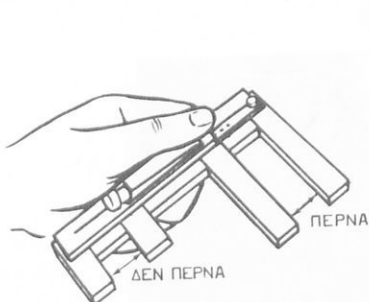
Σχ. 2.3ιγ.

Ρύθμιση τῆς ἀποστάσεως ἀνάμεσα σέ δύο φραιζες μέ πρότυπα πλακίδια. Ἐξιοπρόσεκτη ἐδῶ εἶναι ἡ
 χρησιμοποίηση τῶν πλακιδίων ἀντιφθορᾶς λόγω τῆς μεγάλης σκληρότητας τῶν φραιζῶν, πού εἶναι
 κατασκευασμένες ἀπό ταχυχάλυβα ἢ ἀκόμα μπορεῖ νά ἔχουν δόντια ἀπό σκληρομέταλλο, πού εἶναι
 πιό σκληρό ἀπό τόν ταχυχάλυβα.



Σχ. 2.31δ:

Ρύθμιση ενός μικρομέτρου με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων, τοποθετημένων σε ιδιοσυσκευή-φορέα τους (σχ. 2.31η).

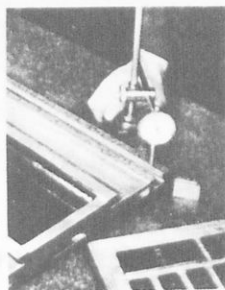
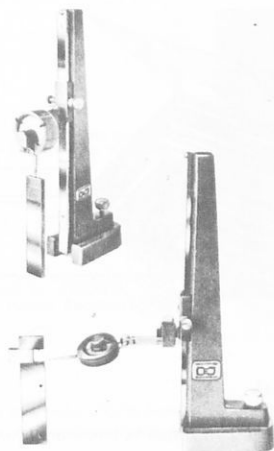


Σχ. 2.31ε.

Έλεγκτήρας όριου για άξονες συναρμολογημένους από πρότυπα πλακίδια και από άκρᾱ πρότυπα (σχ. 2.3κ) στην κατάλληλη ιδιοσυσκευή-φορέα.

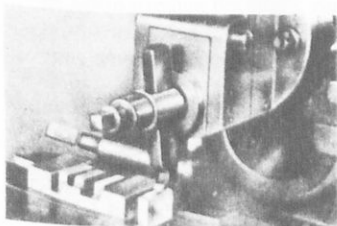
στ) Χάραξη, ρύθμιση εργαλειομηχανῶν (σχ. 2.31ζ), συναρμολόγηση κομματιῶν κ.ἄ.

Οἱ ποικίλες ἐφαρμογές τῶν προτύπων πλακιδίων, τίς ὁποῖες ἀναφέραμε, διευκολύνονται καὶ οἱ ρυθμίσεις ἢ ὁ ἔλεγχος γίνονται πιο ἀξιόπιστα μετὰ τὴ βοήθεια καταλλήλων ιδιοσυσκευῶν-φορέων τῶν πλακιδίων (σχ. 2.31η). Διατίθενται ἐπίσης στὸ ἐμπόριο συλλογές ἐξαρτημάτων γιὰ τὴ χρήση τῶν πλακιδίων (σχ. 2.31θ), οἱ ὁποῖες ἐκτός ἀπὸ τίς ιδιοσυσκευές-φορεῖς, περιλαμβάνουν καὶ ποικιλία ἀπὸ **ἀκρᾱ πρότυπα** (σχ. 2.3κ) γιὰ τὴν κάλυψη ἀναγκῶν τῶν ἐφαρμογῶν.



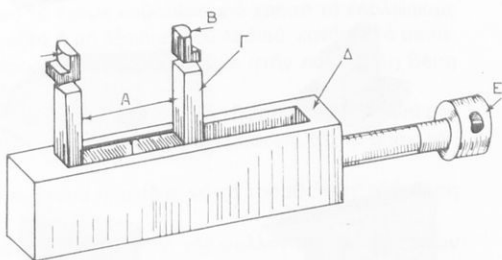
Σχ. 2.3ιστ.

Μεταφορά διαστάσεων και σύγκριση με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων.



Σχ. 2.3ιζ.

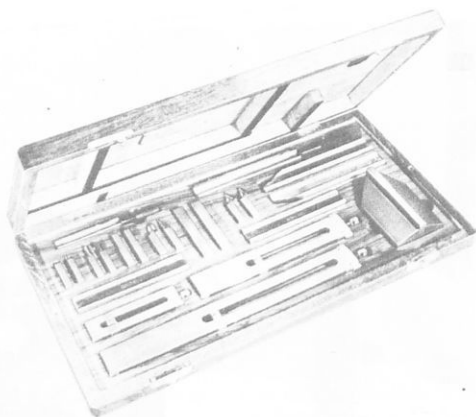
Ρύθμιση της θέσεως του κοπτικού εργαλείου σε μία πλάνη με τη βοήθεια πρότυπου πλακιδίου.



Σχ. 2.3ιη.

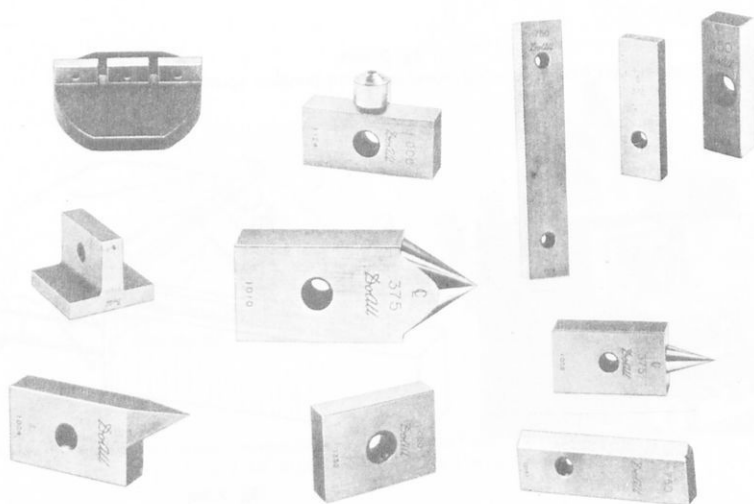
Ίδιοσυσκευή-φορέας προτύπων πλακιδίων: Α έξωτερική διάσταση, Β έσωτερική διάσταση, Γ άκραιο πρότυπο, Δ ρυθμιστικός κοχλίας, Ε

Πολύ μικρές διαστάσεις, τις οποίες δέν μπορούμε νά συνθέσουμε με τά διαθέσιμα πλακίδια, τις σχηματίζομε ως διαφορά δύο στηλών από πρότυπα πλακίδια [σχ. 2.3κα (α)]. Τυπική εφαρμογή αυτής της μεθόδου έχομε στόν έλεγχο τών μετρητικών λεπίδων [φίλλερ, σχ. 2.3κα(β)].



Σχ. 2.3ιθ.

Συλλογή διαφόρων εξαρτημάτων υποβοηθητικών για τη χρήση των προτύπων πλακιδίων.

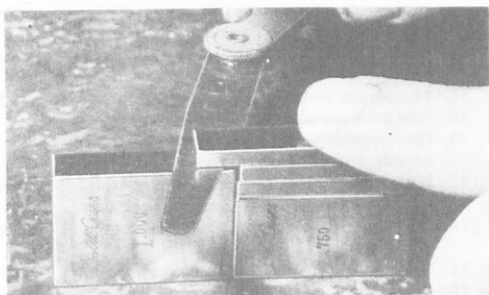
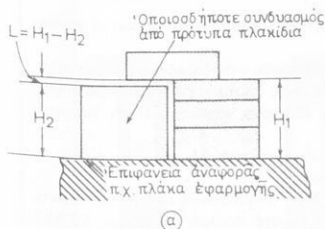


Σχ. 2.3κ.

Ποικιλία από άκρατα πρότυπα. Τό είδος τους εξαρτάται από τη μορφή της ιδιοσυσκευής-φορέα, στην οποία θα προσαρμοσθούν, καί από την εφαρμογή, για την οποία προορίζονται.

3. Φροντίδες των προτύπων πλακιδίων.

α) Ίδιαίτερη προσοχή πρέπει νά καταβάλλεται κατά τίς μετρήσεις μέ πρότυπα



Σχ. 2.3κα.

(α) Σύνθεση μίας πολύ μικρής διαστάσεως L ως διαφοράς μεταξύ του ύψους H_1 και H_2 δύο στηλών από πρότυπα πλακίδια. (β) Έλεγχος μιάς μετρητικής λεπίδας (φίλλερ).

πλακίδια σε σκληρές επιφάνειες. Υπάρχει κίνδυνος να χαραχθούν άμυχές στις επιφάνειες μετρήσεως των πλακιδίων με επακόλουθο την άχρηστευσή τους.

β) Νά μην άκουμπάτε τὰ δάκτυλά σας επάνω στις επιφάνειες μετρήσεως των πλακιδίων περισσότερο από όσο χρειάζεται. Ό ιδρώτας των δακτύλων περιέχει όξύ, τό όποιο, αν δέν άφαιρεθεί έγκαίρως, προκαλεί όξειδωση στά πλακίδια.

γ) Για προστασία από τήν όξειδωση, μετά από κάθε χρήση τής συλλογής προτύπων πλακιδίων, όλα τὰ πλακίδια πού τὰ έχουμε καθαρίσει για χρήση τὰ έπαλείφουμε μέ λεπτό στρώμα βαζελίνης χωρίς όξέα ή μή όξειδωτικού λαδιού, κατόπιν τὰ σκουπίζουμε μέ λαδωμένο δέρμα δορκάδας καί τὰ τοποθετούμε στήν κατάλληλη θέση τους μέσα στή θήκη τής συλλογής.

δ) Νά μην αφήνετε ποτέ τὰ πλακίδια στήν κατάσταση τής προσφύσεως επί μακρό χρόνο, γιατί προξενούνται βλάβες στις επιφάνειες μετρήσεως. Νά τὰ άποχωρίζετε καθημερινά.

ε) Όταν δέν χρησιμοποιείτε τὰ πρότυπα πλακίδια, νά τὰ τοποθετείτε στή θέση τους μέσα στή θήκη.

στ) Νά καθαρίζετε περιοδικά πολύ καλά τή θήκη τής συλλογής των προτύπων πλακιδίων.

2.3.4 Έρωτήσεις καί άσκήσεις.

1. Γιατί είναι αναγκαίο οι μετρήσεις διαστάσεων στις μηχανουργικές κατασκευές να γίνονται σε διάφορες στάθμες ή βαθμούς ακρίβειας;
2. Τι ονομάζουμε **διακρίβωση** ενός μετρητικού όργάνου καί τότε πρέπει αυτή να γίνεται;
3. Ποιά στάθμη ακρίβειας μπορούμε να φθάσουμε χονδρικά στις μετρήσεις μηκών στήν παραγωγή καί μέ ποιά άκρίβεια μετρούμε στήν επιθεώρηση;
4. Τι είναι τό πρωτότυπο μέτρο;
5. Γιατί έχει καθιερωθεί τό μήκος κύματος φωτός ως πρωτότυπο για τή μέτρηση μηκών; Ποιά είναι ή πρωτότυπη μονάδα;

6. Τι είναι τα πρότυπα πλακίδια και σέ τί μας χρησιμεύουν;
7. Πώς κυκλοφορούν τα πρότυπα πλακίδια στο εμπόριο και με ποιά κριτήρια τα επιλέγουμε;
8. Πόσες ποιότητες προτύπων πλακιδίων προβλέπονται σύμφωνα με τή γερμανική και βρετανική προτυποποίηση και ποιές είναι αντίστοιχα;
9. Τα πρότυπα πλακίδια **προσφύονται** μεταξύ τους. Τι σημαίνει αυτό;
10. Πώς επιτυγχάνουμε τήν πρόσφυση πλακιδίων;
11. Ποιόν κανόνα ακολουθοῦμε για νά επιλέξουμε συνδυασμούς από πρότυπα πλακίδια για τή σύνθεση μιᾶς δοσμένης διαστάσεως;
12. Ποιός είναι ὁ ρόλος πού παίζουν τα πρότυπα πλακίδια ἀντιφθορᾶς στίς διάφορες ἐφαρμογές;
13. Νά ἀπαριθμήσετε μερικές μετρητικές ἐργασίες, πού κάνουμε μέ τή πρότυπα πλακίδια παραγωγῆς.
14. Ποιό είναι τό ὕλικο κατασκευῆς τῶν προτύπων πλακιδίων και ποιές χαρακτηριστικές ιδιότητες πρέπει νά ἔχει;
15. Ποιές προφυλάξεις παίρνουμε κατά τό χειρισμό τῶν προτύπων πλακιδίων;
16. Πώς φροντίζουμε τά πρότυπα πλακίδια μετά τή χρήση τους;
17. Μέ τή μετρική συλλογή προτύπων πλακιδίων τοῦ Πίνακα 2.3.1 στή διάθεσή σας νά συνθέσετε τίς ἀκόλουθες διαστάσεις μεταχειριζόμενοι τόν ἐλάχιστο δυνατό ἀριθμό πλακιδίων: 52,327 mm, 15,290 mm, 69,512 mm.
18. Νά κάνετε τό ἴδιο, ὅπως στό (17) προηγουμένως, μέ διαθέσιμη τήν ἀγγλοσαξονική συλλογή προτύπων πλακιδίων τοῦ Πίνακα 2.3.1 για τίς ἐξῆς διαστάσεις: 2,7813", 4,3357", 1,8340".
19. Γιατί κατά τό σχηματισμό διαστάσεων μέ πρότυπα πλακίδια ἐπιδιώκουμε νά χρησιμοποιοῦμε κάθε φορά τόν ἐλάχιστο δυνατό ἀριθμό προτύπων πλακιδίων;

2.4 Ὅργανα συγκρίσεως μηκῶν ἢ συγκριτές μηκῶν.

2.4.1 Γενικά.

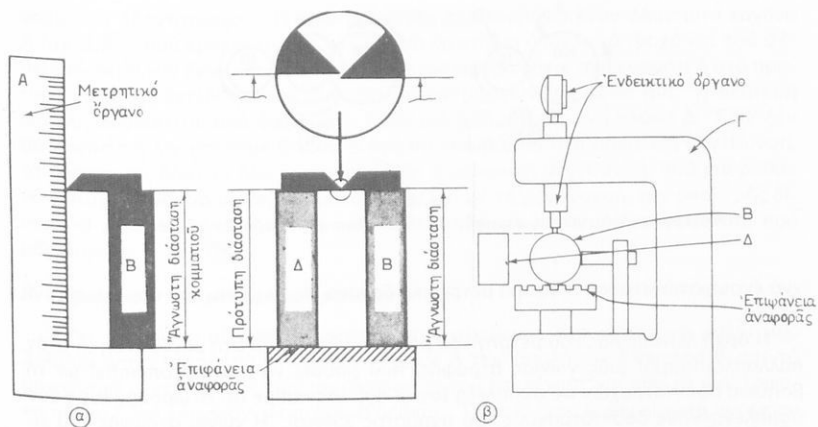
Εἶναι ὄργανα, μέ τά ὁποῖα δέν κάνουμε κατ' εὐθείαν μετρήσεις μιᾶς διαστάσεως [σχ. 2.4α(α)], ὅπως λ.χ. μέ τούς μεταλλικούς κανόνες, τά παχύμετρα κ.ἄ., ἀλλά τήν ἀγνωστή αὐτή διάσταση τή συγκρίνουμε πρὸς μίαν ἄλλη γνωστή, τήν ὁποία συνήθως παίρνουμε ὡς **πρότυπο** [σχ. 2.4α(β)]. Ἔτσι, ἐνῶ για νά γίνουν κατ' εὐθείαν μετρήσεις χρειάζεται τό μετρητικό ὄργανο Α καί τό πρὸς μέτρηση κομμάτι Β [σχ. 2.4α(α)], στήν περίπτωση τῶν συγκριτικῶν μετρήσεων ἀπαιτοῦνται τρία πράγματα: τό μετρητικό ὄργανο Γ (συγκριτής μηκῶν), τό κομμάτι Β καί τό πρότυπο Δ, ὡς πρὸς τό ὁποῖο θά γίνει ἡ σύγκριση [σχ. 2.4α(β)].

Στά ἐπόμενα θά ἀσχοληθοῦμε μέ τά βασικά ὄργανα συγκρίσεως μηκῶν. Τέτοια εἶναι τό μετρητικό ρολόι (σχ. 2.4β), ἔνα χρησιμότερο καί πολύ εὐχρηστο ὄργανο, πού τό μεταχειρίζομαστε εὐρύτατα στόν ἐλεγχο τῶν ἐργαλειομηχανῶν καί ἄλλων μηχανοκατασκευῶν, οἱ **ἐπιτραπέζιοι συγκριτές μηκῶν** (παράγρ. 2.4.3) καί οἱ **ἡλεκτρικοί συγκριτές μηκῶν** (παράγρ. 2.4.4), πού βρίσκουν κατά κύριο λόγο ἐφαρμογή στόν ἐλεγχο τῶν μηχανουργικῶν προϊόντων τῆς μαζικῆς παραγωγῆς. Μέ τούς συγκριτές μηκῶν μεγάλης εὐαισθησίας, πού χρησιμοποιοῦνται για τή διακρίβωση προτύπων πλακιδίων καί τή βαθμονόμηση ὀργάνων ἀκρίβειας, δέν θά ἀσχοληθοῦμε, γιατί θεωροῦμε ὅτι τό ἀντικείμενο αὐτό ξεφεύγει ἀπό τό σκοπό αὐτοῦ τοῦ βιβλίου. Για τούς διαβήτες συγκριτικῶν μετρήσεων, μιλήσαμε στήν παράγραφο 3.2(Ε) (2) τοῦ Μ.Ε.

2.4.2 Τό μετρητικό ρολόι.

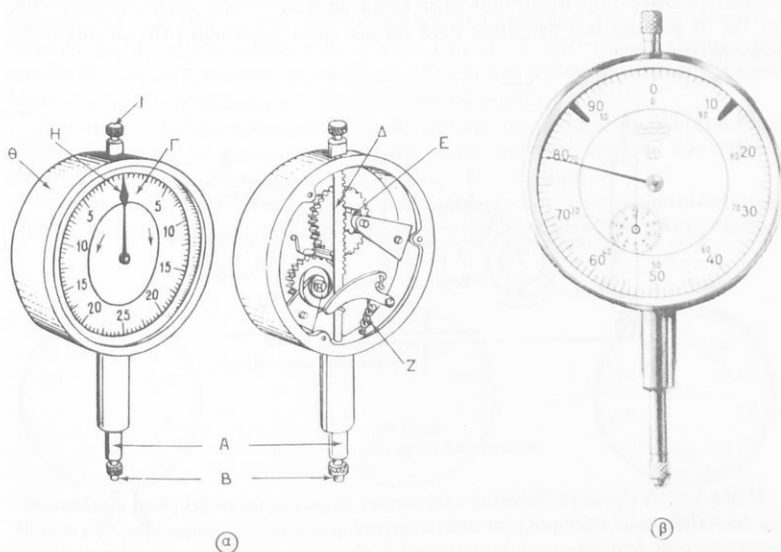
Α. Ἡ ἀρχή λειτουργίας του.

Τό **μετρητικό ρολόι** (σχ. 2.4β) εἶναι ἔνα τυπικό ὄργανο συγκρίσεως μηκῶν. Συ-



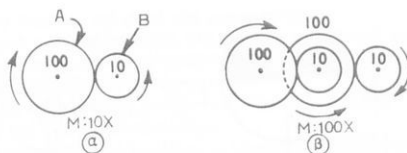
Σχ. 2.4α.

Ἡ ἀρχὴ μιᾶς κατ' εὐθείαν μετρήσεως (α) καὶ μιᾶς συγκριτικῆς μετρήσεως (β).



Σχ. 2.4β.

Τὸ μετρητικὸ ρολόι.

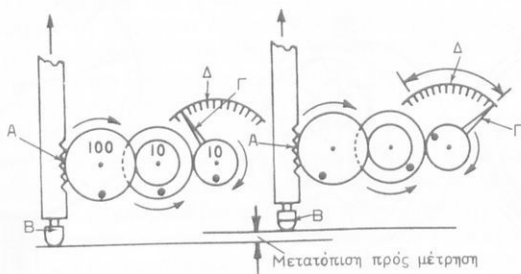


Σχ. 2.4γ.

Μεγέθυνση μιᾶς γωνίας στροφῆς με τὴ βοήθεια ὀδοντοτροχῶν σέ σύμπλεξη.

χνά ἐνσωματώνεται σέ διάφορα μετρητικά ὄργανα ὡς τὸ μέσο, πού παρέχει τίς ἐνδείξεις.

Ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τοῦ μετρητικοῦ ρολοιοῦ βασίζεται στὴ μεγέθυνση (ἢ στὸν πολλαπλασιασμό) μιᾶς γωνίας στροφῆς, πού μπορεῖ νά πραγματοποιηθεῖ με τὴ βοήθεια ὀδοντοτροχῶν σέ σύμπλεξη (σχ. 2.4γ). Ἄς ποῦμε ὅτι θεωροῦμε τοὺς δύο συμπλεγμένους ὀδοντοτροχοὺς τοῦ σχήματος 2.4γ(α). Ἡ γωνία στροφῆς τοῦ κινούμενου ὀδοντωτοῦ τροχοῦ Β εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴ γωνία στροφῆς τοῦ ὀδοντοτροχοῦ Α πού κινεῖ καὶ πρὸς τὸ λόγο τοῦ ἀριθμοῦ δοντιῶν τοῦ τροχοῦ πού κινεῖ πρὸς τὸν ἀριθμὸ δοντιῶν τοῦ κινούμενου ὀδοντοτροχοῦ. Ἐστω π.χ. ὅτι ὁ κινητήριος ὀδοντοτροχὸς ἔχει δέκα φορές περισσότερα δόντια ἀπὸ τὸν κινούμενο, τότε, ἂν ὁ πρῶτος κάνει μιὰ περιστροφή, ὁ δεῦτερος (ὁ κινούμενος) θά περιστραφεῖ κατὰ δέκα στροφές. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἔχομε μεγέθυνση τῆς γωνίας περιστροφῆς ἐπὶ 10. Ἡ διάταξη τοῦ σχήματος 2.4δ (β) μᾶς δίνει μεγέθυνση τῆς γωνίας περιστροφῆς ἐπὶ 100.



Σχ. 2.4δ.

Ἡ ἀρχὴ τοῦ μετρητικοῦ ρολοιοῦ.

Ἡ ἀρχὴ αὐτὴ τῆς μεγεθύνσεως μιᾶς γωνίας στροφῆς με τὴ βοήθεια ἐμπλεκόμενων ὀδοντοτροχῶν ἐφαρμόζεται στὸ μετρητικὸ ρολοὶ με τὴν προσθήκη δύο ἀκόμα στοιχείων: μιᾶς διατάξεως, πού νά προκαλεῖ τὴν περιστροφή τοῦ κινητήριου ὀδοντοτροχοῦ ἀνάλογα με τίς μεταβολές τῆς πρὸς ἑλεγχὸ διαστάσεως, ὅπως ἀκόμα καὶ μιᾶς ἄλλης διατάξεως, γιὰ τὴν ἀνάγνωση τῆς γωνίας στροφῆς τοῦ τελευταίου κινούμενου ὀδοντοτροχοῦ.

νούμενου ὀδοντοτροχοῦ. Ἡ πρώτη διάταξη περιλαμβάνει ἓναν ὀδοντωτὸ κανόνα Α (σχ. 2.4δ), πού ἐμπλέκεται μέ τόν πρῶτο κινήτηριο ὀδοντωτὸ τροχό καί πού φέρεται στό ἄκρο του ἓναν ἐπαφέα Β, ὁ ὁποῖος ἀκουμπᾷ ἐπάνω στό κομμάτι ἢ στό πρότυπο κατά τήν ἐκτέλεση τῶν συγκριτικῶν μετρήσεων [σχ. 2.4α (β)], Ἡ δεύτερη διάταξη ἀποτελεῖται ἀπό ἓνα δείκτη Γ καί μιᾷ βαθμονομημένη πλάκα Δ. Ἐδῶ δέν θά πρέπει νά λησμονοῦμε ὅτι καί ὁ δείκτης συμβάλλει στή συνολική μεγέθυνση, τήν ὁποία μᾶς δίνει τό ὅλο σύστημα. Ἄρα, ἡ συνολική μεγέθυνση, πού μπορούμε νά ἐπιτύχομε μέ ἓνα μετρητικό ρολοί, εἶναι ἴση μέ τή μεγέθυνση, τήν ὁποία μᾶς δίνουν οἱ ἐμπλεκόμενοι ὀδοντοτροχοί πολλαπλασιασμένη ἐπί τή μεγέθυνση, πού μᾶς παρέχει ὁ δείκτης.

Β. Περιγραφή τοῦ μετρητικοῦ ρολοιοῦ.

Ἔτσι, σύμφωνα μέ ὅσα ἀναφέραμε προηγουμένως, ἓνα μετρητικό ρολοί [σχ. 2.4β(α)] ἀποτελεῖται ἀπό τό κινήτῳ στέλεχος Α, πού ἀπολήγει σέ ἐπαφέα Β, ἀπό τό μηχανισμό μεγεθύνσεως τῶν μετατοπίσεων τοῦ στελέχους καί ἀπό τή ὠρολογιακή πλάκα Γ γιά τήν ἀνάγνωση τῶν ἐνδείξεων. Τό στέλεχος Α φέρει κατά προέκταση ἓνα ὀδοντωτὸ κανόνα Δ ἐμπλεκόμενο μέ σειρά ἀπό ὀδοντοτροχοῦς Ε (ὁ ἀριθμός τῶν ἐμπλεκόμενων ὀδοντοτροχῶν, ὅπως καί ὁ ἀριθμός τῶν δοντιῶν τους, ἐξαρτᾶται ἀπό τήν τιμή τῆς μεγεθύνσεως, πού ἐπιθυμοῦμε νά ἐπιτύχομε μέ τό μετρητικό ρολοί). Ἡ συγκράτηση τοῦ κινήτῳ στελέχους στήν πρὸς τὰ ἐξω θέση του ἐπιτυγχάνεται μέ τή βοήθεια τοῦ ἐλατηρίου Ζ. Τήν ἐνδειξη μᾶς τή δίνει ὁ δείκτης Η στήν ὠρολογιακή πλάκα Γ τοῦ ὀργάνου, ἡ ὁποία προσαρμόζεται σέ δυνάμενο νά περιστραφεῖ δακτύλιο Θ, πού φέρει περιφερειακά ρίκνωση. Ἔτσι εἶναι δυνατή ἡ περιστροφή τῆς ὠρολογιακῆς πλάκας σέ σχέση μέ τό δείκτη Η. Ἡ κίνηση αὐτή χρειάζεται, γιά νά μπορούμε νά φέρομε τό δείκτη στό μηδέν τῆς πλάκας. Ἡ ὠρολογιακή πλάκα ἀσφαλίζεται μέ τόν ἀσφαλιστικό κοχλῖα Ι.

Σέ μετρητικά ρολογια μέ μεγάλη περιοχὴ μετρήσεων ὑπάρχει καί δεύτερη μικρὴ ὠρολογιακή πλάκα μέ ἀντίστοιχο δείκτη, γιά τή μέτρηση τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πλήρων περιστροφῶν τοῦ κύριου δείκτη τοῦ ὀργάνου [σχ. 2.4β(β)].

Οἱ βαθμονομημένες πλάκες τῶν μετρητικῶν ρολογιῶν ἀπαντῶνται σέ τρεῖς μορφές, ὅπως εἰκονίζονται στό σχῆμα 2.4ε, δηλαδή ὡς πλάκες μέ συνεχή ἀρίθμηση-



Σχ. 2.4ε.

Εἶδη βαθμονομημένων πλακῶν γιά μετρητικά ρολογια:(α) Μέ συνεχή ἀρίθμηση δεξιόστροφη.(β) Μέ συνεχή ἀρίθμηση ἀριστερόστροφη.(γ) Μέ συμμετρικὴ ἀρίθμηση.

ση δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη και πλάκες με συμμετρική αρίθμηση. Φέρουν συνήθως 100 υποδιαίρεσεις. Υπάρχουν όμως και τύποι πλακών με 200, 80, 60, 50 ή 40 υποδιαίρεσεις. Η επιλογή του είδους της βαθμονομημένης πλάκας γίνεται ανάλογα με την εφαρμογή του μετρητικού ρολογιού.

Θα πρέπει να επισημάνουμε εδώ ότι με το μετρητικό ρολόι — έφ' όσον ανήκει στην κατηγορία των συγκριτών μηχανών — μετρούμε **άποκλίσεις** από καθορισμένο μήκος (συνήθως από πρότυπο) και όχι μήκη (διαστάσεις). Δεν κάνουμε δηλαδή με αυτά απόλυτη μέτρηση, αλλά μετρούμε την απόκλιση ενός μήκους (μιας διαστάσεως) από το πρότυπο μήκος, που χρησιμεύει για τη ρύθμιση του δείκτη του όργανου στο μηδέν της βαθμονομίας (για το **μηδενισμό του οργάνου**, όπως λέμε).

Κάθε μετρητικό ρολόι παρουσιάζει τη μεγαλύτερη του ακρίβεια σε μικρή περιοχή γύρω στο μέσο του εύρους μετρήσεως. Ακόμα, για κάθε ρύθμιση, η μεγαλύτερη ακρίβειά του δίνεται για μετρήσεις γύρω στο μηδέν και μειώνεται ανάλογα με την απόκλιση του δείκτη από το μηδέν.

Τα μετρητικά ρολόγια προδιαγράφονται με τα ακόλουθα στοιχεία:

— Το εύρος ή την περιοχή μετρήσεως, δηλαδή το διάστημα των τιμών μετατόπισης του έπαφέα, για τις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί το όργανο.

— Τη μετατόπιση του έπαφέα (ή τη μεταβολή στην υπό έλεγχο διάσταση), που αντιστοιχεί σε μία (τη μικρότερη) υποδιαίρεση της ωρολογιακής τους πλάκας. Τυπικές τιμές της μετατόπισης αυτής του έπαφέα είναι 0,01 mm (ή 10 μ m), 1 μ m και σπάνια 0,5 μ m για τα μετρητικά ρολόγια του μετρικού συστήματος και 0,001" ή 0,0001" ή 0,00005" για τα μετρητικά ρολόγια του αγγλοσαξονικού συστήματος.

Οι τιμές αυτές χαρακτηρίζουν τα μετρητικά ρολόγια (π.χ. μετρητικό ρολόι 1 μ m ή μετρητικό ρολόι 0,001" κλπ.) και αναγράφονται στη βαθμονομημένη τους πλάκα [σχ. 2.4β(β)].

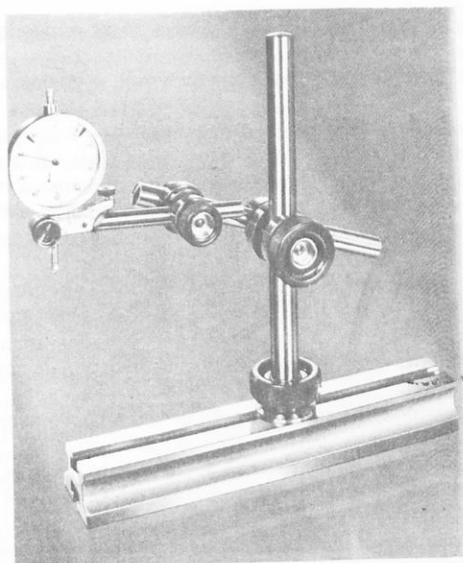
— Την ακρίβεια μετρήσεως.

Το εύρος μετρήσεως για τα αγγλοσαξονικά ρολόγια 0,00005" είναι 0,010", για τα ρολόγια 0,0001" είναι 0,050" και για τα 0,001" λαμβάνεται ως 0,250". Για τα μετρητικά ρολόγια το εύρος μετρήσεως προδιαγράφεται ως 3 mm, 10 mm ή 25 mm.

Σε ανώτατης ποιότητας (ποιότητα Ι) μετρητικά ρολόγια κατά τους γερμανικούς κανονισμούς και για εύρος μετρήσεως 3 mm το μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα είναι κατώτερο από 10 μ m, ενώ για τα κατώτατης ποιότητας (ποιότητα ΙΙ) μετρητικά ρολόγια και για την ίδια περιοχή μετρήσεως μπορεί να φθάσει τα 15 μ m. Για εύρος μετρήσεως 10 mm το μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα για τις ποιότητες Ι και ΙΙ των μετρητικών ρολογιών φθάνει τα 15 μ m και 25 μ m, αντιστοίχως.

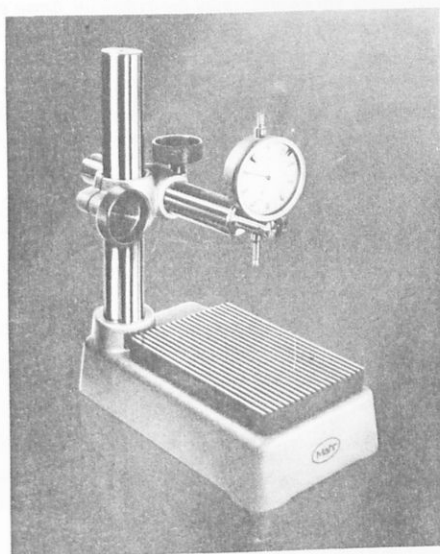
Γ. Έφαρμογές των μετρητικών ρολογιών.

Το μετρητικό ρολόι χρησιμοποιείται σε συνδυασμό πάντοτε με κάποιο υποστηρίγματα ή είναι ένσωματωμένο σε κάποιο μετρητικό όργανο, για να παρέχει τις ένδειξεις. Υπάρχουν δύο ειδών υποστηρίγματα για τα μετρητικά ρολόγια: εκείνο, που χρησιμοποιείται επάνω σε κάποια επιφάνεια αναφοράς (σχ. 2.4στ), όπως π.χ. σε μία πλάκα έφαρμογής ή στην τράπεζα μιας έργαλειομηχανής, και εκείνο στο οποίο ή επιφάνεια (ή το έπίπεδο) αναφοράς είναι ένσωματωμένη, όποτε το υποστηρίγμα μαζί με την επιφάνεια αναφοράς και το μετρητικό ρολόι μας κάνουν έναν έπιτραπέζιο συγκριτή μηχανών (σχ. 2.4ζ).



Σχ. 2.4στ.

Μετρητικό ρολόι με τό υποστήριγμά του.



Σχ. 2.4ζ.

Έπιτραπέζιος συγκριτής εξωτερικών διαστάσεων.

Τό μετρητικό ρολοί (μαζί πάντοτε με τό υποστήριγμά του) βρίσκει εύρύτατες εφαρμογές:

- Στόν έλεγχο διαστάσεων έτοιμων μηχανουργικών προϊόντων μαζικής παραγωγής.
- Στόν έλεγχο καί τή ρύθμιση έργαλειομηχανών.
- Στόν έλεγχο καί τή ρύθμιση κομματιών, έργαλείων καί ίδιουσκευών.
- Στόν έλεγχο διαστάσεων καί έπιφανειών κατά τή διάρκεια τής κατεργασίας.
- Στόν έλεγχο τής φθοράς εξαρτημάτων λόγω χρήσεως κλπ.

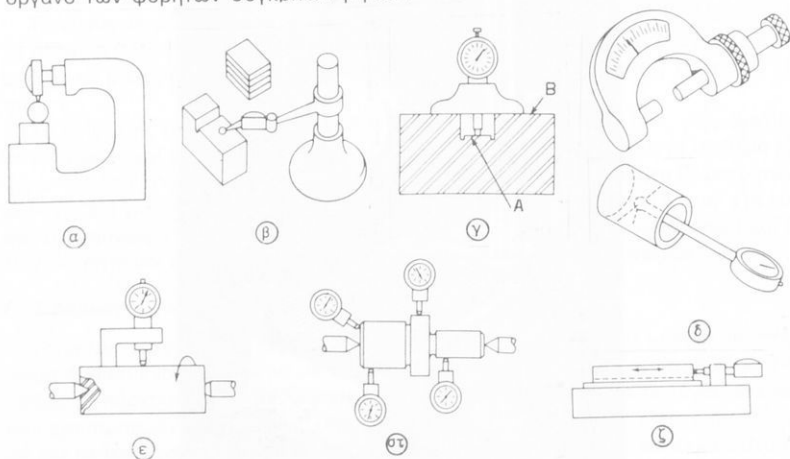
Στό σχήμα 2.4η εικονίζονται σχηματικά οί ακόλουθες τυπικές κατηγορίες εφαρμογών τού μετρητικού ρολογιού:

α) **Συγκριτικές μετρήσεις μηκών.** Τό μετρητικό ρολοί προσαρμόζεται στόν επίπεδο συγκριτή μηκών (σχ. 2.4ζ) γιά σύγκριση έξωτερικών διαστάσεων. 'Η έπιφάνεια αναφοράς, όπως είπαμε προηγουμένως, είναι ένσωματωμένη στό όργανο. Τό ρολοί ρυθμίζεται στόν υπό έλεγχο όνομαστική διάσταση μέ πρότυπα πλακίδια ή κάποιο πρότυπο μήκος.

β) **Σύγκριση μέ μεταφορά διαστάσεως.** Τό μετρητικό όργανο προσαρμόζεται σέ κατάλληλο υπόβαθρο, πού στηρίζεται στόν πλάκα έφαρμογής. 'Η έπιφάνεια τής πλάκας αύτής άποτελεί τό επίπεδο αναφοράς, ως πρós τό όποιο μετρούμε τήν πρós μεταφορά διάσταση. 'Η διάσταση τού προτύπου συγκρίνεται μέ τήν υπό έλεγχο διάσταση τού κομματιού.

γ) **Σύγκριση άποστάσεως από καθορισμένο επίπεδο αναφοράς.** Τό μετρητικό ρολοί ένσωματώνεται σέ ένα βαθύμετρο. Συγκρίνεται ή άπόσταση τής έπιφάνειας Α από τήν παράλληλή τής Β.

δ) **Σύγκριση έξωτερικών καί έσωτερικών διαστάσεων, όπου οί μετρήσεις χρειάζεται νά γίνονται μέ φορητό όργανο.** Τό μετρητικό ρολοί χρησιμεύει ως ένδεικτικό όργανο τών φορητών συγκριτών μηκών.



Σχ. 2.4η.

Τυπικές εφαρμογές τού μετρητικού ρολογιού.

ε) **Έλεγχος της όμοκεντρικότητας περιστρεφόμενων κομματιών.** Τό μετρητικό ρολόι στηρίζεται σέ κατάλληλο υποστήριγμα καί ὁ ἐπαφάς τοῦ ρολοιοῦ βρίσκειται σέ ἐπαφή μέ τήν ἐπιφάνεια τοῦ κομματιοῦ.

στ) **Σύγχρονος Έλεγχος πολλῶν διαστάσεων.**

ζ) **Μέτρηση διαδρομῶν στίς ἐργαλειομηχανές** ἀπό καθορισμένες θέσεις ἀναφοράς. Χρησιμοποιοῦνται μετρητικά ρολόγια μέ μεγάλη περιοχὴ μετρήσεως.

Δ. Συμπληρωματικές οδηγίες γιά τή χρήση τῶν μετρητικῶν ρολογιῶν.

α) Νά διαλέγετε μετρητικό ρολόι μέ τέτοια τιμὴ ὑποδιαίρεσεων τῆς ὠρολογιακῆς τοῦς πλάκας, ὥστε ἡ διακύμανση τῆς διαστάσεως, πού πρόκειται νά ἐλέγξετε νά εἶναι περίπου ἴση πρὸς τὸ $\frac{1}{3}$ τῆς πλήρους ἀποκλίσεως τοῦ δείκτη τοῦ ὀργάνου ἢ καί μικρότερη. Μέ τόν τρόπο αὐτό μειώνεται τὸ σφάλμα μετρήσεως.

β) Νά προσέχετε, ὥστε ἡ μέτρηση νά μὴ γίνεται γρήγορα. Μέ ἀργή μετατόπιση τοῦ κινητοῦ στελέχους τοῦ μετρητικοῦ ρολοιοῦ παίρνομε ἀκριβέστερη μέτρηση.

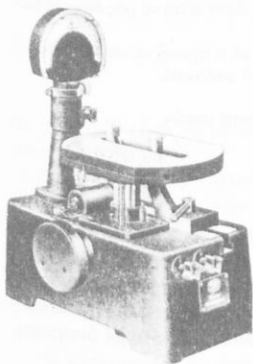
γ) Νά στερεώνετε τὸ μετρητικό ρολόι στό βραχίονα, πού κατά περίπτωσιν ἐφαρμολγῆς τὸ συγκρατεῖ, πολὺ καλὰ. Νά ἐλέγχεται ἀκόμα τὴ στερεότητα καί ἀσφάλεια ὄλων τῶν συνδέσμων τοῦ ὑποστηρίγματος τοῦ ρολοιοῦ. Ἀποφεύγονται ἔτσι ἀνεπιθύμητες νεκρές μετακινήσεις, οἱ ὁποῖες μειώνουν τὴν ἀκρίβεια μετρήσεως.

δ) Ὅσο μεγαλύτερο εἶναι τὸ μέγεθος τῆς ὠρολογιακῆς πλάκας, τόσο εὐκρινέστερα γίνεται ἡ ἀνάγνωση τῶν ἐνδείξεων τοῦ ρολοιοῦ.

ε) Νά διατηρεῖτε σχολαστικὰ καθαρὸ τὸ μετρητικό ρολόι, ὅπως καί ὅ,τι ἄλλο συμμετέχει στίς μετρήσεις μηχανῶν μέ τοὺς συγκριτές.

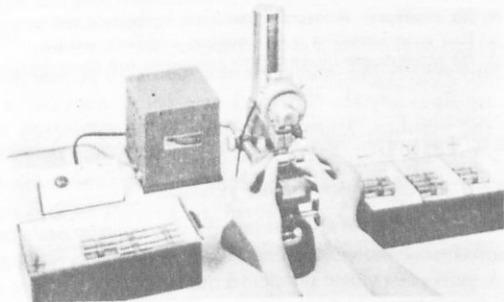
2.4.3 Ὁ ἐπιτραπέζιος συγκριτὴς μηχανῶν.

Ὁ συγκριτὴς αὐτὸς ἀπαντᾷ ὡς συγκριτὴς ἐξωτερικῶν διαστάσεων (σχ. 2.43) καί ὡς συγκριτὴς ἐσωτερικῶν διαστάσεων (σχ. 2.4θ). Χρησιμοποιεῖται γιά τὸν ἔλεγχον μεγάλου ἀριθμοῦ ὁμοίων κομματιῶν καί ἐπιτρέπει τὸ γρήγορο καί ἀκριβὲς ἔλεγχον διαστάσεων καί ἀπὸ μὴ εἰδικευμένο ἀκόμα προσωπικό.



Σχ. 2.4θ.

Ἐπιτραπέζιος συγκριτὴς ἐσωτερικῶν διαστάσεων.



Σχ. 2.4ι.

Ἡλεκτρικὸς συγκριτὴς ἐξωτερικῶν διαστάσεων.

Ο έπιτραπέζιος συγκριτής μπορεί με τη βοήθεια δύο δεικτών για τα όρια ανοχής [παράγρ. 2.6.1 (Δ), σχ. 2.4β(β)] να χρησιμοποιηθεί και ως έλεγκτήρας όριου.

Για υποβοήθηση των έπαναλαμβανομένων με ταχύ ρυθμό μετρήσεων όμοιων κομματιών από τόν έπιτραπέζιο συγκριτή, διατίθενται βοηθητικά μέσα για τή στήριξη των κομματιών στην τράπεζά του (π.χ. ύποστηρίγματα μορφής V, διατάξεις κεντραρίσματος κυλινδρικών κομματιών κ.ά.).

2.4.4 Ο ήλεκτρικός συγκριτής μηκών.

Αποτελεί παραλλαγή συγκριτών, πού έχομε άναφέρει. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι, όταν ή ένδειξη βρίσκεται μέσα στην έπιτρεπόμενη περιοχή διακυμάνσεως τής διαστάσεως πού έλέγχουμε, τότε άνάβει ένας ήλεκτρικός λαμπτήρας καθορισμένου χρώματος. Έτσι ό παρατηρητής, αντί νά παρακολουθεί τήν κίνηση του δείκτη του μετρητικού ρολογιού του συγκριτή, περιορίζεται στο νά παρακολουθεί τό άναμμα ενός λαμπτήρα. Αυτό σημαίνει εύκολότερο και ταχύτερο έλεγχο.

Τό όργανο διαθέτει συνήθως τρεις ήλεκτρικούς λαμπτήρες (σχ. 2.4ι) ένα **κόκκινο**, ένα **πράσινο** και ένα **κίτρινο**. Όταν τά κομμάτια είναι **κανονικά**, δηλαδή παραδεκτά, άνάβει ό πράσινος λαμπτήρας. Όταν είναι **ύπερδιάστατα** (μπορούν νά κατεργασθούν και νά γίνουν παραδεκτά) άνάβει ό κίτρινος λαμπτήρας, ένώ όταν είναι **ύποδιάστατα** (δέν επιδέχονται όποιαδήποτε κατεργασία και είναι πραγματικά άχρηστα) άνάβει ό κόκκινος λαμπτήρας.

2.4.5 Έρωτήσεις.

1. Ποιές είναι οι δύο μεγάλες κατηγορίες μετρήσεως μηκών;
2. Ποιά είναι ή άρχή, έπάνω στην όποία βασίζονται οι συγκριτικές μετρήσεις;
3. Νά περιγράψετε σύντομα τήν άρχή λειτουργίας του μετρητικού ρολογιού.
4. Άπό ποιά κύρια μέρη αποτελείται ένα μετρητικό ρολόι;
5. Ποιά είναι τά χαρακτηριστικά στοιχεία ενός μετρητικού ρολογιού, πού προδιαγράφονται για τήν προμήθειά του ή για τή χρήση του;
6. Τί πρέπει νά προσέχομε κατά τή χρήση του μετρητικού ρολογιού, ώστε αυτό νά μās δίνει τή μεγαλύτερη άκρίβεια;
7. Τό μετρητικό ρολόι μπορεί νά χρησιμοποιηθεί μόνο του; Άν όχι, με τί πρέπει νά συνδυασθεί;
8. Νά άναφέρετε τέσσερις περιπτώσεις έφαρμογής του μετρητικού ρολογιού.
9. Πού χρησιμοποιείται ό έπιτραπέζιος συγκριτής μηκών;
10. Νά περιγράψετε συνοπτικά τή λειτουργία του ήλεκτρικού συγκριτή μηκών.

2.5 Όργανα για τόν έλεγχο και τή μέτρηση γωνιών.

2.5.1 Μονάδες μετρήσεως γωνιών.

Για τόν έλεγχο και τή μέτρηση των γωνιών δέν χρειάζεται πρωτότυπο, όπως απαιτείται τέτοιο για τόν έλεγχο και τή μέτρηση των μηκών (παράγρ. 2.3.2). Και αυτό, γιατί κάθε γωνία μπορεί νά παραχθεί όπουδήποτε και όποτεδήποτε με διαίρεση ενός κύκλου.

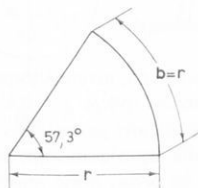
Η άκρίβεια μετρήσεως των γωνιών δέν είναι στην πράξη τόσο μεγάλη, όσο είναι στην μέτρηση των μηκών [είδαμε στην παράγραφο 2.3.2(Γ) ότι, κατά τής μετρή-

σεις μέ τό μήκος κύματος φωτός ως πρωτότυπο, ή ακρίβεια μπορεί νά φθάσει τό 0,001 μm], αλλά ούτε καί απαιτείται γιά τίς εφαρμογές τόση ακρίβεια στίς μετρήσεις τών γωνιών, όση χρειάζεται στίς μετρήσεις μηκών.

Γιά τή μέτρηση τών γωνιών ή επικρατέστερη μονάδα μετρήσεως είναι ή **μοίρα** ($^{\circ}$), πού ίσοῦται μέ τό $\frac{1}{360}$ τῆς ἐπίκεντρης γωνίας, ή όποία ἀντιστοιχεί σέ όλόκληρη τήν περιφέρεια τοῦ κύκλου ή μέ τό $\frac{1}{90}$ τῆς **ὀρθῆς γωνίας** (L) πού, ὅπως γνωρίζομε, σχηματίζεται ἀπό τήν τομή δύο καθέτων ἀνάμεσά τους εὐθειών. Κάθε μοίρα ὑποδιαιρεῖται σέ ἐξήντα (60) πρῶτα λεπτά ($'$) καί τό πρῶτο λεπτό σέ ἐξήντα (60) δεύτερα λεπτά ($''$).

Ἄλλη μονάδα μετρήσεως τών γωνιών, πού χρησιμοποιεῖται σπανιότερα, εἶναι ὁ βαθμός ($^{\circ}$), ὁ όποῖος ἀποτελεῖ τό $\frac{1}{100}$ τῆς ὀρθῆς γωνίας (ή τό $\frac{1}{400}$ τῆς γωνίας πού ἀντιστοιχεῖ σ' όλόκληρη τήν περιφέρεια τοῦ κύκλου). Κάθε βαθμός ἔχει 100 πρῶτα λεπτά (c) καί τό πρῶτο λεπτό 100 δεύτερα λεπτά (cc).

Τέλος οἱ γωνίες μετροῦνται καί σέ **ἀκτίνια** (rad). Τό ἀκτίνιο ὀρίζεται ὡς ή ἐπίκεντρο γωνία, πού βαίνει σέ κυκλικό τόξο μέ ἀνάπτυγμα ἴσο πρὸς τήν ἀκτίνα του (σχ. 2.5α). Ἄν τώρα θεωρήσομε ἕνα κύκλο μέ ἀκτίνα ἴση πρὸς τή μονάδα, τότε ή ἐπίκεντρο γωνία, πού βαίνει στήν περιφέρειά του (δηλαδή μία πλήρης γωνία) θά ἔχει



Σχ. 2.5α.

Τό ἀκτίνιο ὀρίζεται ὡς: $1 \text{ rad} = b/r = 1 = 57.3^{\circ}$

μέτρο σέ ἀκτίνια ἴσο πρὸς 2π ($\pi = 3,14$) ή 360° καί συνεπῶς βρίσκομε ὅτι ἕνα ἀκτίνιο θά ἴσοῦται μέ 57,29578 (ή πρακτικῶς 57,3) μοῖρες, ὅπως προκύπτει ἀπό τή σχέση:

$$\frac{\mu}{180} = \frac{\alpha}{\pi} = \frac{\beta}{200}$$

ἂν μ, α καί β εἶναι τά μέτρα μιᾶς γωνίας (ή ἐνός τόξου) σέ μοῖρες, ἀκτίνια καί βαθμούς ἀντίστοιχα.

Στόν Πίνακα 2.5.1 βλέπομε τίς σχέσεις, πού ὑφίστανται ἀνάμεσα στίς διάφορες μονάδες μετρήσεως τών γωνιών.

Στή μηχανουργική πράξη συναντοῦμε πολύ συχνά περιπτώσεις (σχ. 2.5β), ὅπου παρίσταται ἀνάγκη νά ἐλέγχομε ή νά μετρήσομε γωνίες [π.χ. στά κοπτικά ἐργαλεῖα (α), στά σπειρώματα (β), στίς ὀδοντώσεις (γ), στίς ιδιοσυσκευές (δ), στίς ἐργαλειο-μηχανές (ϵ), (στ) (ἀποκλίσεις ἀπό ὀριζοντιότητα, κατακορυφότητα, καθετότητα κλπ.).

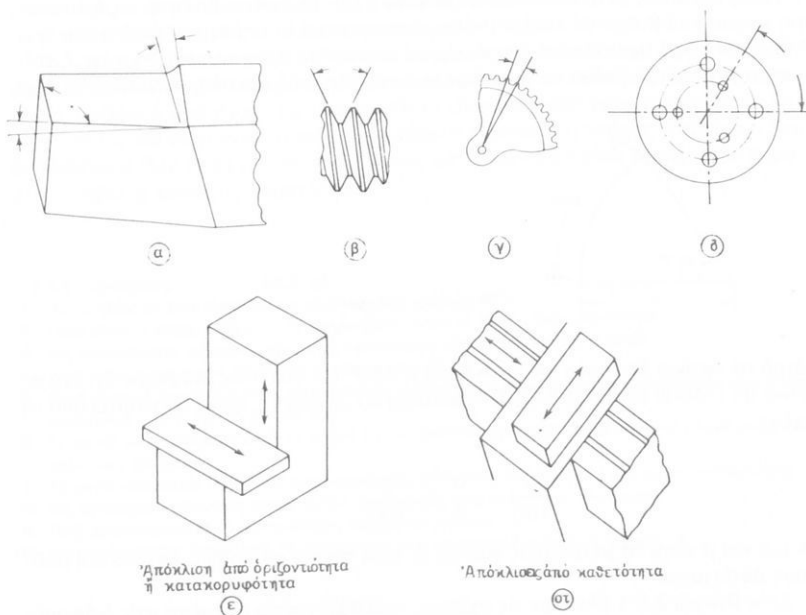
Ὁ ἐλεγχος καί ή μέτρηση τών γωνιών γίνεται κατά βάση μέ δύο μεθόδους:

- Ἄμεσα, μέ χρήση ὀργάνων καί
- Ἐμμεσα μέ εφαρμογή τριγωνομετρικῶν σχέσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5.1.

Σχέσεις ανάμεσα στις διάφορες μονάδες μετρήσεως γωνιών

	[rad]	[°]	[°]	[']	["]	[g]
1 rad =	11	57,29577	57	17	44,8	63,66197
1° =	$\frac{\pi}{180} = 0,017453$	1	1	00	00,0	1,11111
1 g =	$\frac{\pi}{200} = 0,015708$	0,9	0	54	00,0	1



Σχ. 2.5β.

Μερικές αντιπροσωπευτικές μηχανουργικές εφαρμογές, όπου απαιτείται μέτρηση ή έλεγχος γωνιών.

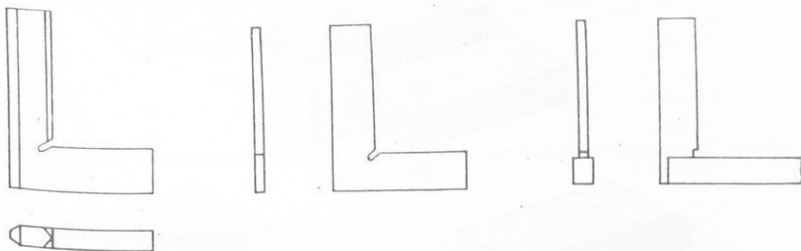
2.5.2 Έλεγχος γωνιών και συναφή όργανα έλέγχου.**Α. Έλεγχος όρθων γωνιών.**

Η όρθη γωνία είναι αυτή που απαντούμε πιο συχνά στις μηχανουργικές κατασκευές. Για τον έλεγχό της, με σύγκριση βέβαια, διατίθενται διάφορα είδη προτύ-

πων σταθερών ὀρθῶν γωνιῶν, ὅπως βλέπομε στό σχῆμα 2.5γ.

Εἶναι κατασκευασμένες ἀπό κατάλληλο χάλυβα βαμμένο, γιά νά ἀντέχουν στή φθορά ἀπό τή χρήση.

Σύμφωνα μέ τή γερμανική προτυποποίηση, προδιαγράφονται τέσσερις ποιότητες προτύπων σταθερῶν ὀρθῶν γωνιῶν, γιά νά καλύψουν τίς σχετικές ἀνάγκες στό ἐργαστήριο (ὅπου χρησιμοποιοῦνται οἱ δύο ἀνώτερες ποιότητες) καί στήν παραγωγή (ὅπου χρησιμοποιοῦνται οἱ δύο κατώτερες ποιότητες). Σέ κάθε ποιότητα



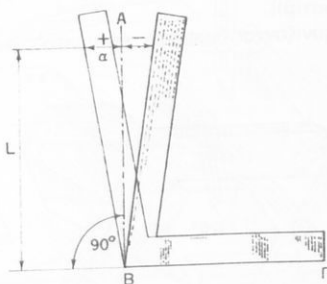
Σχ. 2.5γ.

Πρότυπες σταθερές ἐλεγκτικές ὀρθές γωνίες.

γωνίας προβλέπεται μιά μέγιστη ἐπιτρεπόμενη ἀπόκλιση ($\pm\alpha$) ἀπό τήν κατακόρυφη πλευρά AB τῆς ὀρθῆς γωνίας, σέ ἀπόσταση L ἀπό τήν κορυφή τῆς γωνίας (σχ. 2.5δ). Γνωρίζοντας τήν ἐπιτρεπόμενη αὐτή μέγιστη ἀπόκλιση καί τό μήκος L μποροῦμε νά προσδιορίσουμε εὐκόλα τό ἀντίστοιχο μέγιστο ἐπιτρεπόμενο σφάλμα γιά τήν πρότυπη ὀρθή γωνία σέ μονάδες μετρήσεως γωνιῶν (π.χ. σέ δεύτερα λεπτά).

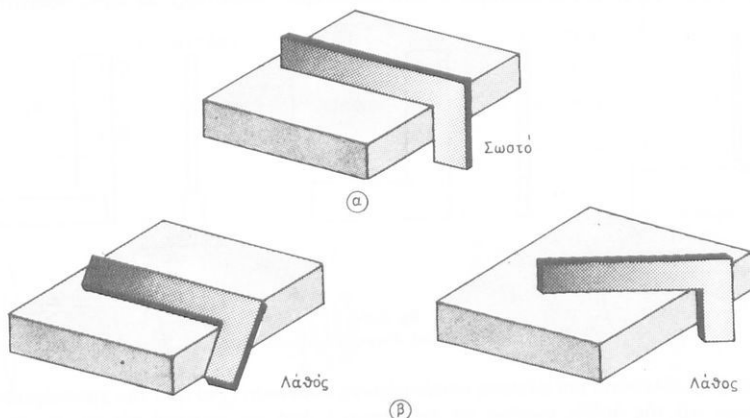
Γιά νά μιλήσουμε μέ ἀριθμούς, ἡ καλύτερη ποιότητα ὀρθῶν γωνιῶν γιά τήν παραγωγή καί γιά μήκος $L = 100$ mm παρουσιάζει μέγιστη ἐπιτρεπόμενη ἀπόκλιση ± 15 μ m καί μέγιστο ἐπιτρεπόμενο σφάλμα γωνίας $\pm 31''$.

Ὁ ἐλεγχος ὀρθῆς γωνίας ἐνός κομματιοῦ (ἢ ὁ ἐλεγχος τῆς καθετότητας δύο ἐδρῶν τοῦ καθέτων ἀνάμεσά τους καί τεμνομένων) γίνεται, ἀφοῦ τοποθετηθεῖ ἡ ὀρθή γωνία κατά τόν τρόπο, πού μᾶς δείχνει τό σχῆμα 2.5ε(α).



Σχ. 2.5δ.

Μετά τήν κανονική τοποθέτηση τοῦ σκέλους τῆς γωνίας ἐπάνω στήν πρὸς ἔλεγχο ἐπιφάνεια τοῦ κομματιοῦ παρατηροῦμε τὴ χαραγὴ φωτός, ποὺ σχηματίζεται ἀνάμεσα στὶς ἐπιφάνειες τοῦ κομματιοῦ καὶ τοῦ σκέλους τῆς ἐλεγκτικῆς γωνίας. Ἄν ἡ χαραγὴ φωτός εἶναι ἰσοπαχὴς, ὅπως φυσικά ἐκτιμοῦμε μὲ τὸ μάτι, τότε ἡ ἐλεγχόμενη γωνία εἶναι ὀρθή. Ἄν ἀντίθετα ἡ χαραγὴ φωτός εἶναι ἀνισοπαχὴς, τότε συμπεραίνομε ὅτι ἡ θεωρούμενη γωνία παρουσιάζει ἀπόκλιση ἀπὸ τὴν ἀληθῆ



Σχ. 2.5ε.

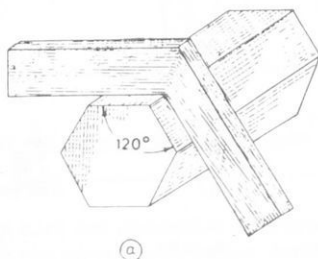
Πῶς ἐλέγχομε μίαν ὀρθή γωνία ἐνός κομματιοῦ.

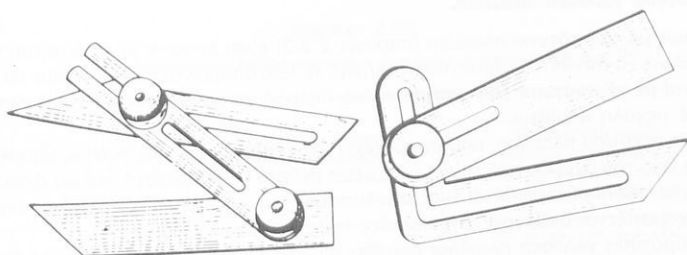
ὀρθή γωνία, τὴν ὁποία ὑλοποιεῖ ἡ πρότυπη γωνία, ποὺ μεταχειριζόμαστε γιὰ τὸν ἔλεγχο αὐτό. Γιὰ καλύτερη παρατήρηση μπορούμε νὰ τοποθετήσομε πίσω ἀπὸ τὴ χαραγὴ φωτός, ποὺ σχηματίζεται, ἓνα λευκὸ χαρτί ἢ μιά πηγὴ φωτός.

Β. Ἐλεγχος ὀξείων ἢ ἀμβλειῶν γωνιῶν.

Γιὰ τὸν ἔλεγχο τῶν γωνιῶν αὐτῶν μεταχειριζόμαστε ἐλεγκτικὲς **μὴ ὀρθές γωνίες** (φαλτσογωνιές), τίς ὁποῖες συναντοῦμε ὡς **σταθερές** [σχ. 2.5στ(α)] καὶ ὡς **ρυθμιζόμενες** [σχ. 2.5στ(β)].

Στὸ σχῆμα 2.5ζ εἰκονίζονται διάφορες ἐφαρμογὲς ρυθμιζομένων φαλτσογωνιῶν.

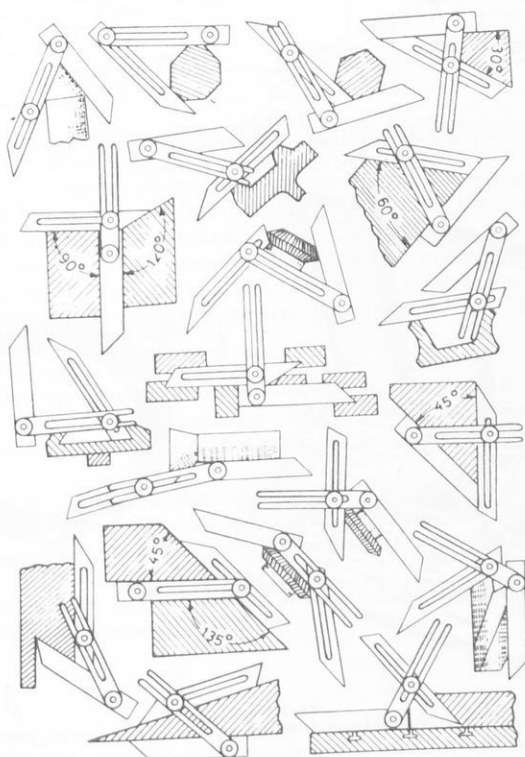




(β)

Σχ. 2.5στ.

Φαλτσογωνιές: (α) Σταθερή φαλτσογωνιά κατά τον έλεγχο ενός έξαγωνικού πρίσματος. (β) Ρυθμιζόμενες φαλτσογωνιές.



Σχ. 2.5ζ.

Διάφορες περιπτώσεις χρήσεως ρυθμιζομένων φαλτσογωνιών.

Γ. Πρότυπα γωνιακά πλακίδια.

“Όπως με τὰ πρότυπα πλακίδια (παράγρ. 2.3.3) είναι δυνατό, με πρόσφυση τῶν πλακιδίων, νά συνθέτομε διαστάσεις (μήκη), τὸ ἴδιο ἀπαράλλακτα μπορούμε νά κάνομε καί με τὰ **πρότυπα γωνιακά πλακίδια**, δηλαδή νά συνθέτομε ἐπιθυμητές γωνίες με μεγάλη ἀκρίβεια.

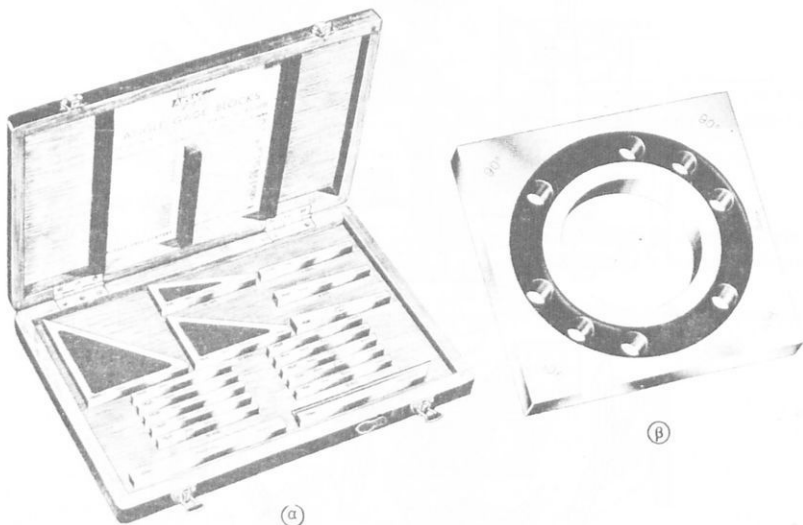
Κάθε πρότυπο πλακίδιο, πού συμμετέχει στό σχηματισμό μιᾶς γωνίας, χαρακτηρίζεται ἀπό τήν ὀνομαστική του γωνία, μέσα βέβαια σέ καθορισμένα ὅρια ἀνοχῶν. Ἡ γωνία, τήν ὁποία συνθέτει ἕνας συνδυασμός γωνιακῶν πλακιδίων, εἶναι ἐκείνη πού σχηματίζεται ἀνάμεσα στίς ἀκραῖες τους ἐπιφάνειες (σχ. 2.5η).

Τά πρότυπα γωνιακά πλακίδια διατίθενται στό ἐμπόριο σέ συλλογές μέσα σέ κατάλληλη θήκη [σχ. 2.5θ(α)]. Ὁ ἀριθμός τῶν πλακιδίων κάθε συλλογῆς ἐξαρτᾶται ἀπό τήν περιοχή μετρήσεων γωνιῶν, τήν ὁποία θέλομε νά ἐπιτύχομε, ὅπως καί ἀπό τὸ ἐλάχιστο ἐπιθυμητὸ βῆμα κλιμακώσεως τῶν γωνιῶν (Πίνακας 2.5.2).



Σχ. 2.5η.

Σύνθεση γωνιῶν με πρότυπα γωνιακά πλακίδια. Κάθε πλακίδιο μπορεί νά συμβάλλει στό σχηματισμό τῆς γωνίας προσθετικά ἢ ἀφαιρετικά.



Σχ. 2.5θ.

(α) Συλλογή 16 προτύπων γωνιακῶν πλακιδίων γιά μετρήσεις γωνιῶν ἀπό 0° ἕως 90° με βῆμα κλιμακώσεως ἑνὸς δευτερολέπτου. (β) Πρότυπο τετράγωνο, πού συνήθως συνοδεύει κάθε συλλογή προτύπων γωνιακῶν πλακιδίων. Ἐπεκτείνει τήν περιοχή μετρήσεως τῶν 90°, πού ἐπιτυγχάνεται με τὰ πλακίδια τῆς συλλογῆς (Πίνακας 2.5.2).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5.2.

Σύνθεση τυπικών συλλογών προτύπων γωνιακών πλακιδίων (0° έως 90°)

Ελάχιστο βήμα κλιμακώσεως γωνιών	Αριθμός προτύπων γωνιακών πλακιδίων	Όνομαστική γωνία πλακιδίων συλλογής
1°	6	1°, 3°, 5°, 15°, 30°, 45°
1'	11	1°, 3°, 5°, 15°, 30°, 45° 1', 3', 5', 20', 30'
10"	14	1°, 3°, 5°, 15°, 30°, 45° 1', 3', 5', 10', 25', 40' 20'', 30''
1"	16	1°, 3°, 5°, 15°, 30°, 45° 1', 3', 5', 20', 30' 1'', 3'', 5'', 20'', 30''

Οι συλλογές αυτές περιλαμβάνουν μικρό σχετικά αριθμό προτύπων γωνιακών πλακιδίων. Κάθε πλακίδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δύο θέσεις, δηλαδή είτε να προστίθεται ή ονομαστική του γωνία στο συνδυασμό των προηγούμενων πλακιδίων, είτε να αφαιρείται, αν αντίστροφοι τα άκρα τους (σχ. 2.5η).

Έστω, για παράδειγμα, ότι θέλουμε να συνθέσουμε τη γωνία 27° 28' 40'' με τη βοήθεια προτύπων γωνιακών πλακιδίων της κατάλληλης συλλογής (συλλογή με ελάχιστο βήμα κλιμακώσεως γωνιών 10'', Πίνακας 2.5.2). Ένας συνδυασμός γίνε-
ται με πλακίδια, που θα έχουν ονομαστικές διαστάσεις: 30°, 3°, 25', 3', 1', 20'',
γιατί:

$$(30^\circ - 3^\circ) + (25' + 3' + 1'') - 20'' = 27^\circ 28' 40''$$

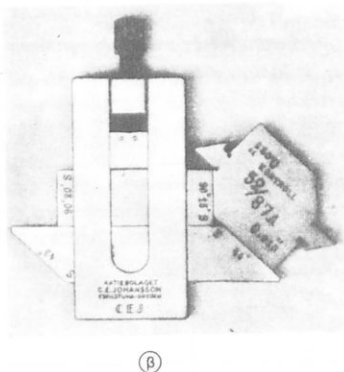
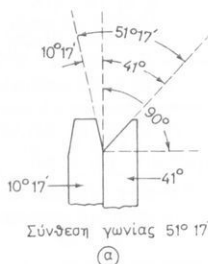
Τα πρότυπα γωνιακά πλακίδια κατασκευάζονται συνήθως σε δύο ποιότητες: μία εργαστηριακή ποιότητα με επιτρεπόμενο μέγιστο σφάλμα $\frac{1}{4}''$ και μία ποιότητα εργαλειοκατασκευαστηρίου με μέγιστο σφάλμα 1'', σύμφωνα με αμερικανούς κατασκευαστές.

Εκτός από τα πρότυπα γωνιακά πλακίδια, που μόλις αναφέραμε, υπάρχουν και γωνιακά πλακίδια, επίσης σε σειρές, όπου τό κάθε πλακίδιο έχει περισσότερες από μία πρότυπες γωνίες, των οποίων αναγράφεται επάνω στο πλακίδιο ή ονομαστική τιμή.

Η σύνθεση γωνιών γίνεται συνήθως με δύο πλακίδια [σχ. 2.5ι(α)] με τη βοήθεια κατάλληλης ιδιοσυσκευής [σχ. 2.5ι(β)].

2.5.3 Μέτρηση γωνιών και συναφή όργανα μετρήσεως.

Με τα όργανα ελέγχου γωνιών, για τα οποία μιλήσαμε στην προηγούμενη παράγραφο, ελέγχουμε (κάνουμε σύγκριση), αν η υπό έλεγχο γωνία του κομματιού ή



Σχ. 2.5i.

Σύνθεση γωνιών με πλακίδια που έχουν πολλές πρότυπες γωνίες.

του εργαλείου **συμπίπτει** με την πρότυπη γωνία ή αν **άποκλίνει** από αυτή, χωρίς όμως να μπορούμε να μετρήσουμε (σε μοίρες ή σε υποπολλαπλάσιά της) την απόκλιση.

Τό μέγεθος της μετρούμενης γωνίας μας τό δίνουν τά **όργανα μετρήσεως γωνιών**. Τό πιό συνηθισμένο μετρητικό όργανο γωνιών στή μηχανουργική πρακτική είναι τό **μοιρογνωμόνιο**, πού τό συναντάμε συνήθως σέ δύο τύπους:

- Στό **μοιρογνωμόνιο χωρίς βερνιέρο** (σχ. 2.5ia) καί
- στό **μοιρογνωμόνιο μέ βερνιέρο** (σχ. 2.5ib).

Γιά τή μέτρηση γωνιών, έκτός από τό μοιρογνωμόνιο, υπάρχουν καί όπτικά όργανα, πού μπορούν νά δώσουν πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από εκείνη, πού επιτυγχάνεται μέ τά μοιρογνωμόνια. Μέ τά όργανα όμως αυτά δέν θά ασχοληθούμε έδώ.

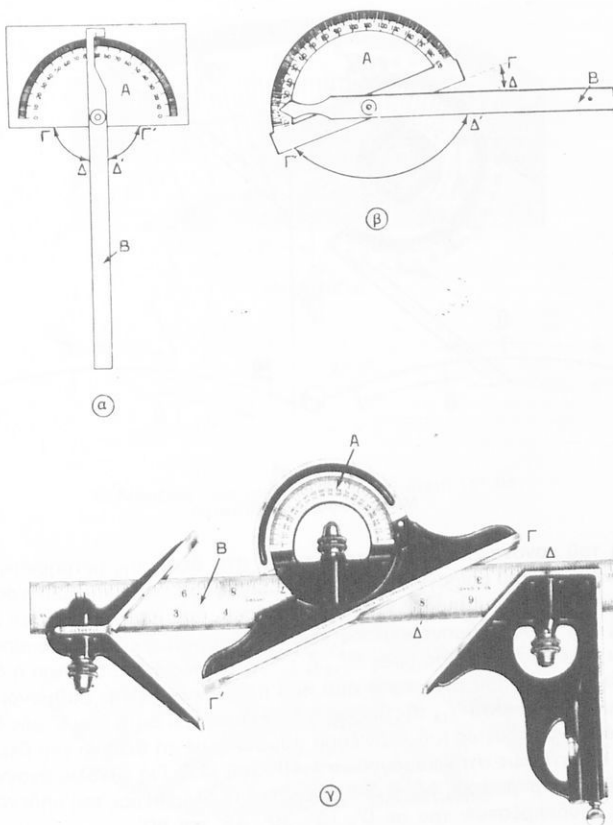
A. Τό άπλό μοιρογνωμόνιο ή μοιρογνωμόνιο χωρίς βερνιέρο.

Μας δίνει μετρήσεις μέ ακρίβεια άναγνώσεως μιάς μοίρας (1°). Τό συναντούμε σέ διάφορες παραλλαγές, όπως μας δείχνει τό σχήμα 2.5ia.

Τά μοιρογνωμόνια αυτά φέρουν βαθμονομημένο δίσκο Α μέ υποδιαίρέσεις σέ μοίρες (°) καί στέλεχος ή κανόνα Β. Άνάλογα μέ τή χρήση τους έχουν βαθμονομίες από 0° έως 90° καί από 90° έως 0° [σχ. 2.5ia(a)] ή από 0° έως 180° [σχ. 2.5ia(β)] ή από 0° έως 90° (ή 180°) καί από 90° (ή 180°) έως 0° [σχ. 2.5ia(γ)]. Τά σκέλη τής πρós μέτρηση γωνίας τοποθετούνται στίς επίπεδες επιφάνειες Γ ή Γ' του δίσκου καί Δ ή Δ' του στελέχους ή του κανόνα Β.

Τό όργανο, πού εικονίζεται στό σχήμα 2.5ia(γ), είναι ένα σύνθετο μετρητικό όργανο, ή **σύνθετη γωνία**.

Άπαρτίζεται από άπλό μοιρογνωμόνιο, μεταλλικό κανόνα, από όρθή γωνία μέ αεροστάθμη ή αλφάδι (παράγρ. 2.9.1) καί από έξάρτημα γιά τόν προσδιορισμό του κέντρου κυκλικών διατομών καί βρίσκει πληθώρα από εφαρμογές στό μηχανουργείο.



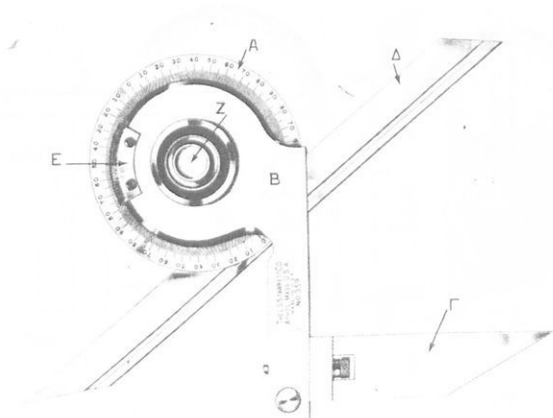
Σχ. 2.5ια.

Μοιρογνωμόνια χωρίς βερνιέρο.

Β. Τό μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο.

Δίνει ενδείξεις με ακρίβεια ανάγνωσης πέντε πρώτων λεπτών ($5'$), ή όποια επιτυγχάνεται με τη χρήση βερνιέρου, που θα περιγράψουμε παρακάτω.

Τό μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο (σχ.2.5ιβ) αποτελείται από ένα δίσκο Α βαθμονομημένο σε 360° (τέσσερα τεταρτημόρια με διαδοχική βαθμονόμηση από 0° έως 90° , 90° έως 0° , 0° έως 90° και 90° έως 0°), από τό φορέα Β του δίσκου, από τό στέλεχος Γ (υποβοηθητικό για τή μέτρηση μικρών όξειων γωνιών), από τόν κανόνα Δ καί τό βερνιέρο Ε, που είναι στερεωμένος στό φορέα Β. Επιπρόσθετα τό μοιρογνωμόνιο φέρει κομβίο Ζ για μικρομετρική ρύθμιση καί ασφαλιστικούς κοχλίες, για



Σχ. 2.5ιβ.
Μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο.

ασφάλιση του κανόνα Δ και του στελέχους Γ στη θέση της μετρήσεως.

Ο βερνιέρος Ε του μοιρογνωμονίου (σχ. 2.5ιγ) φέρει δεξιά και αριστερά από το μηδέν της κλίμακάς του από 12 ίσες υποδιαιρέσεις, που αντιστοιχούν σε 23 υποδιαιρέσεις (23°) του βαθμονομημένου κύκλου. Έπομένως κάθε υποδιάρθρωση του βερνιέρου θα έχει πλάτος ίσο προς $23/12$ ή $1 \frac{11}{12}$ μοίρες ή $1^\circ 55'$. Άρα η διαφορά μιας υποδιαιρέσεως του βερνιέρου από δύο υποδιαιρέσεις της βαθμονομίας του μοιρογνωμονίου θα είναι $1/12$ της μοίρας ή $5'$. Η διαφορά αυτή των $5'$ μας δίνει και την ακρίβεια αναγνώσεως του βερνιέρου σύμφωνα με τη θεωρία του βερνιέρου, την οποία αναπτύξαμε στην παράγραφο 1.4(Γ) του Μ.Ε. Για εύκολία αναγνώσεως των ενδείξεων, ο βερνιέρος φέρει από το ένα και το άλλο μέρος του μηδενός άριθμηση των υποδιαιρέσεών του σε $0'$, $15'$, $30'$, $45'$ και $60'$.

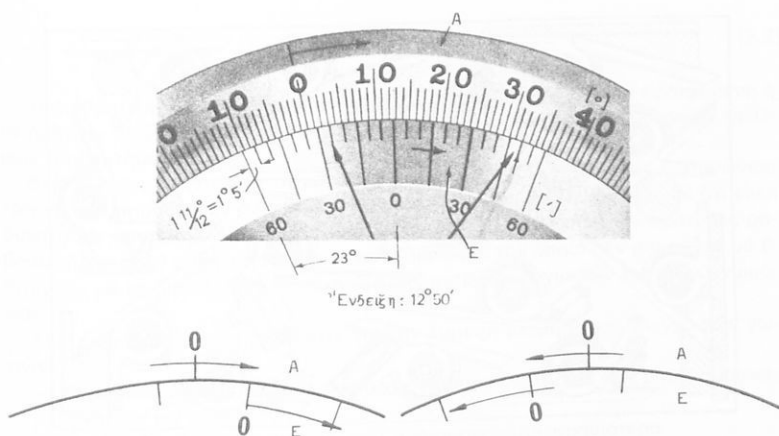
Για να αποφύγουμε σφάλματα στην ανάγνωση του βερνιέρου, ακολουθούμε τον κανόνα αυτό: **Διαβάζουμε πάντοτε τις ενδείξεις του βερνιέρου κατά την ίδια φορά από το μηδέν, κατά την οποία διαβάζουμε τη βαθμονομία του δίσκου.**

Η ανάγνωση της ένδειξεως του σχήματος 2.5ιγ γίνεται ως εξής:

Από το μηδέν του βερνιέρου έχουν περάσει προς τα δεξιά (φορά αριθμώσεως της βαθμονομίας του δίσκου, για να τηρήσουμε τον κανόνα, που μόλις τώρα διατυπώθηκε) 12° και κάτι. Παρατηρούμε τώρα ότι η δέκατη χαραγή της προς τα δεξιά από το μηδέν κλίμακας του βερνιέρου (σημειώνεται με βέλος και αντιστοιχεί σε $10 \times 5' = 50'$) συμπίπτει με μία γραμμή της βαθμονομίας του δίσκου. Άρα, στην περίπτωση αυτή, η ανάγνωση της ένδειξεως θα είναι $12^\circ 50'$.

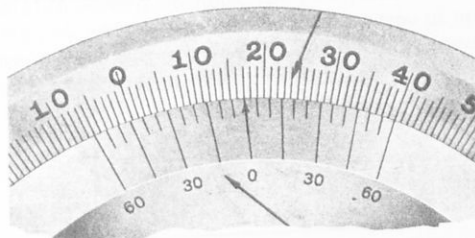
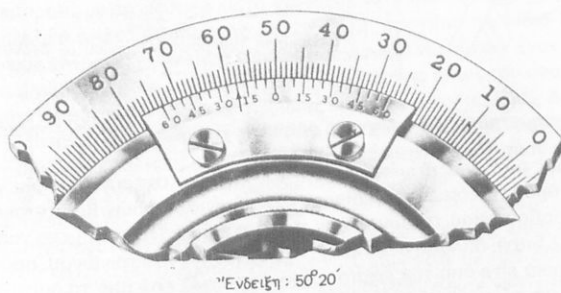
Δύο παραδείγματα αναγνώσεως ενδείξεων σε μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο δίνουμε στο σχήμα 2.5ιδ.

Στο σχήμα 2.5ιε εικονίζονται διάφορες εφαρμογές του μοιρογνωμονίου με βερνιέρο.



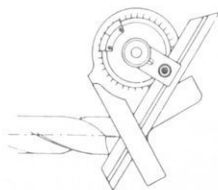
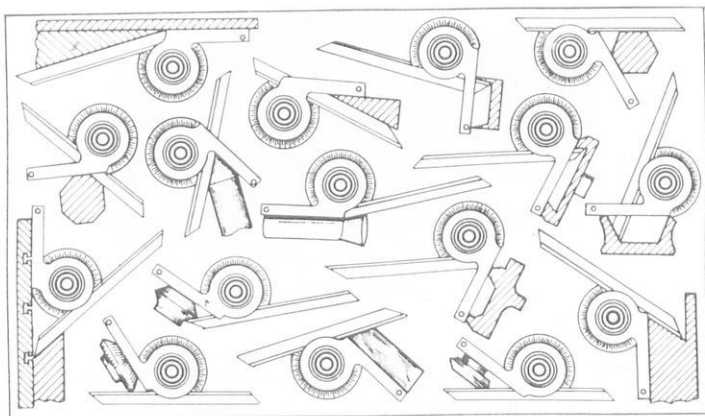
Σχ. 2.5ιγ.

Ο βερνιέρος ενός μοιρογνωμονίου. Ένδειξη: 12° 50'.



Σχ. 2.5ιδ.

Ένδείξεις μοιρογνωμονίου με βερνιέρο 5'.

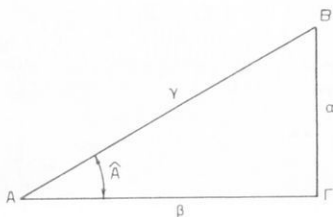


Σχ. 2.5ιε.

Εφαρμογές του μοιρογνωμονίου με βερνιέρο.

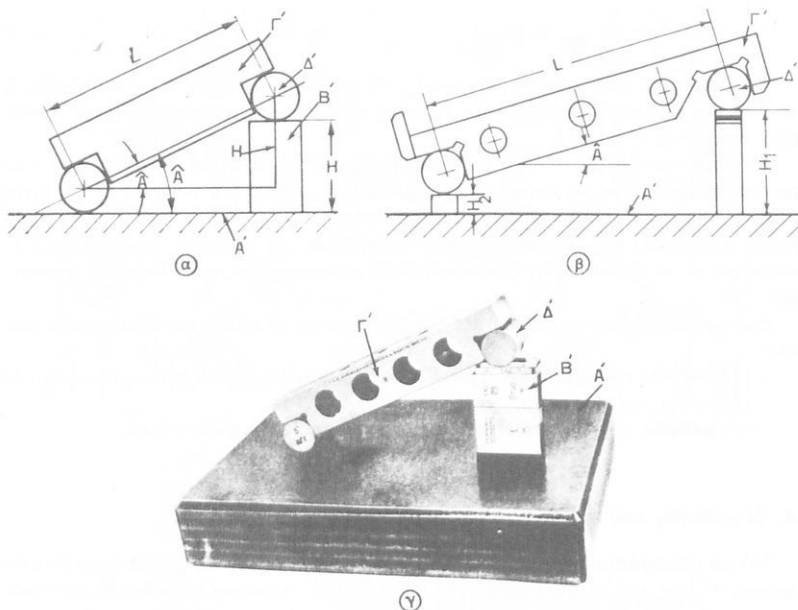
2.5.4 Τριγωνομετρικός έλεγχος και μέτρηση γωνιών.

Η μέθοδος αυτή για τη μέτρηση και τον έλεγχο (σχηματίζουμε μία γωνία με ακρίβεια, ως προς την οποία συγκρίνουμε άλλη γωνία) γωνιών βασίζεται στο σχηματισμό ενός ορθογώνιου τριγώνου από πρότυπα μήκη. Η ζητούμενη γωνία, ας πούμε $\hat{A}$ (σχ. 2.5ιστ), δηλαδή μία από τις όξείες γωνίες του τριγώνου, προσδιορίζεται τριγωνομετρικά είτε από την εφαπτομένη της ($\epsilon\phi\hat{A}$) είτε από το ήμίτονό της ($\eta\mu\hat{A}$) με τη βοήθεια των γνωστών σχέσεων:



Σχ. 2.5ιστ.

Τά στοιχεία ενός ορθογώνιου τριγώνου.



Σχ. 2.5ιζ.

Ἡ μέθοδος τοῦ ἡμιτόνου γιὰ τὸ σχηματισμὸ μῆς δοσμένης γωνίας $\hat{A}$.

$$H = 100 \text{ ημ } 25^\circ$$

Ἀπὸ τοὺς Πίνακες φυσικῶν τριγωνομετρικῶν ἀριθμῶν βρίσκουμε ὅτι $\eta\mu 25^\circ = 0,42262$ καὶ συνεπῶς ἡ διάσταση πού ζητοῦμε, δηλαδή τὸ ὕψος τῆς στήλης πλακιδίων, θά εἶναι $H = 42,262 \text{ mm}$. Ὁ συνδυασμὸς τῶν ἀπαιτουμένων προτύπων πλακιδίων, γιὰ τὴ σύνθεση τῆς διαστάσεως αὐτῆς, ἐπιλέγεται κατὰ τὰ γνωστὰ [παράγρ. 2.3.3(Δ) (1)]. Στὴν περίπτωσή μας μπορούμε νὰ διαλέξουμε πλακίδια μέ τίς ἐξῆς ὀνομαστικές διαστάσεις:

$$1,002 \text{ mm}, \quad 1,260 \text{ mm}, \quad 15,00 \text{ mm}, \quad 25,00 \text{ mm}$$

Ἡ μέθοδος τοῦ ἡμιτόνου μπορεῖ νὰ εφαρμοσθεῖ καί μέ τὴ διάταξη, πού εἰκονίζεται στὸ σχῆμα 2.5ιζ(β), ὅπου χρησιμοποιοῦνται δύο στήλες ἀπὸ πρότυπα πλακίδια, ἡ μία μέ ὕψος H_1 καὶ ἡ ἄλλη μέ ὕψος H_2 . Τὸ ἡμίτονο τῆς γωνίας $\hat{A}$ στὴν περίπτωση αὐτὴ ἐκφράζεται ὡς:

$$\eta\mu \hat{A} = \frac{H_1 - H_2}{L} \quad (2.4)$$

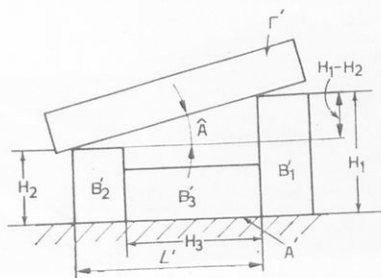
Ἡ τελευταία διάταξη πρέπει νὰ προτιμᾶται, γιατί δίνει μεγαλύτερη ἀκρίβεια, ἰδιαίτερα ἂν ἡ ὀριζόντια ἐπίπεδη ἐπιφάνεια δέν εἶναι ικανοποιητικῆς, γιὰ τὴν περίπτωση, ποιότητος.

Β. Ἡ μέθοδος τῆς ἐφαπτομένης.

Ἡ διάταξη, πού μεταχειριζόμαστε, γιὰ νά κατασκευάσουμε γωνίες $\hat{A}$ μέ τή μέθοδο αὐτή φαίνεται στό σχῆμα 2.5η. Καί ἐδῶ ἐπάνω σέ ὀριζόντια ἐπίπεδη ἐπιφάνεια A' τοποθετοῦμε πρότυπα πλακίδια (ἢ στήλες ἀπό προσφυόμενα πρότυπα πλακίδια) B'_1, B'_2, B'_3 μέ ἀντίστοιχες διαστάσεις H_1, H_2, H_3 καί ἓνα κανόνα ἀκρίβειας Γ' . Ἡ σχέση πού μᾶς δίνει τήν ἐφαπτομένη τῆς γωνίας $\hat{A}$ θά εἶναι:

$$\epsilon\phi \hat{A} = \frac{H_1 - H_2}{L'} \quad (2.5)$$

ὅπου ἡ διάσταση L' θά εἶναι ἴση μέ τό ἄθροισμα τῆς διαστάσεως H_3 καί τοῦ γνωστοῦ πλάτους τῶν πλακιδίων.



Σχ. 2.5η.

Ἡ μέθοδος τῆς ἐφαπτομένης γιὰ τήν κατασκευή μιᾶς δοσμένης γωνίας $\hat{A}$.

Παράδειγμα.

Ἄς ποῦμε ὅτι θέλομε νά κατασκευάσουμε μιὰ γωνία $\hat{A} = 30^\circ$. Ἐκλέγομε γιὰ τά πλακίδια B'_1 καί B'_3 ὀνομαστικές διαστάσεις $H_1 = 50$ mm καί $H_3 = 25$ mm ἀντιστοίχως. Δίνομε ἀκόμα ὅτι τό πλάτος τῶν πλακιδίων εἶναι 9 mm. Ποιά θά εἶναι ἡ ὀνομαστική διάσταση H_2 τῆς στήλης B'_2 ;

Ἀπό τούς Πίνακες φυσικῶν τριγωνομετρικῶν ἀριθμῶν βρίσκομε ὅτι $\epsilon\phi 30^\circ = 0,57735$. Ἐπίσης προκύπτει ὅτι $L' = H_3 + 9$ mm = 25 + 9 = 34 mm. Ἐπιλύοντας τή σχέση (2.5) ὡς πρός H_2 βρίσκομε:

$$H_2 = H_1 - L' \epsilon\phi \hat{A}$$

Ἀντικαθιστώντας τίς τιμές τῶν γνωστῶν μεγεθῶν παίρνομε:

$$H_2 = 50 - 34 \times 0,57735 = 30,37$$

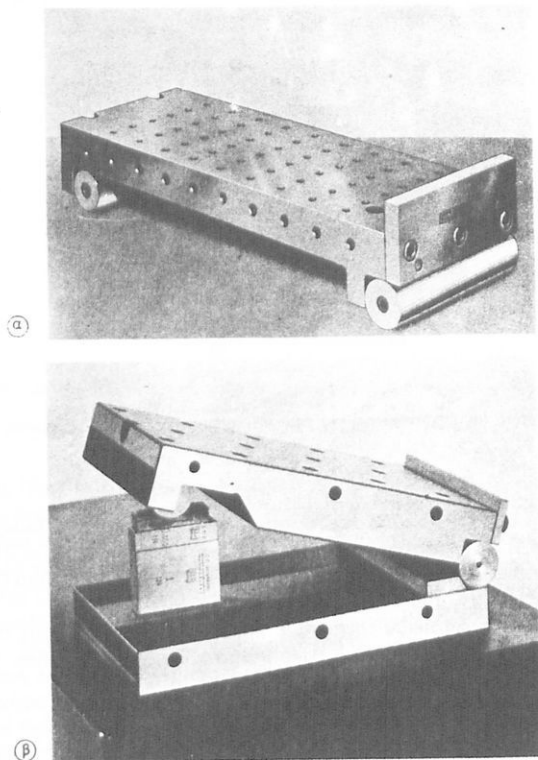
Τό μήκος τῶν 30,37 mm μποροῦμε νά τό συνθέσουμε μέ κατάλληλο συνδυασμό πλακιδίων, ὅπως ἔχομε μάθει. Ἐπιλέγομε τά πλακίδια μέ τίς ἀκόλουθες ὀνομαστικές διαστάσεις:

1,07mm, 1,30mm, 3,00mm, 25mm.

Γ. Έφαρμογές του τριγωνομετρικού ελέγχου και μετρήσεως γωνιών.

Όπως φαίνεται, αν συγκρίνομε τά σχήματα 2.5ιζ και 2.5ιη, η μέθοδος του ήμιτόνου γιά τόν έλεγχο και μέτρηση γωνιών πλεονεκτεί άπέναντι στή μέθοδο τής έφαπτομένης κατά τοϋτο. Ή πρώτη είναι πιό άπλή, γιατί άπαιτεί τή σύνθεση μιås μόνο διαστάσεως (ή δύο τό πολύ), άντί γιά τίς τρείς, πού χρειάζονται στή δεύτερη. Έπί πλέον διατίθεται στό έμπόριο ό κανόνας ήμιτόνου, ό όποιος διευκολύνει κατά πολύ τήν κατασκευή τής έπιθυμητής γωνίας χωρίς νά χάνεται ή άκρίβεια.

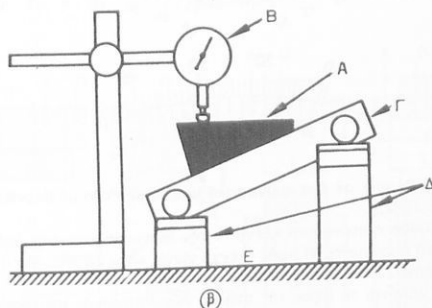
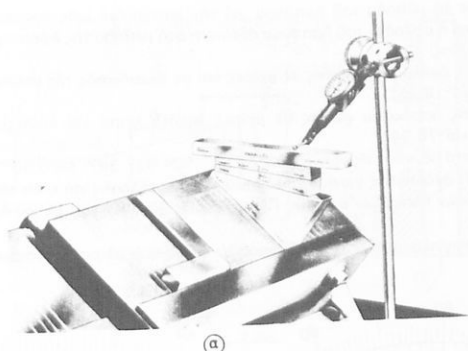
Γιά εύκολότερους και άκριβέστερους έλέγχους και μετρήσεις γωνιών, έκτός άπό τούς κανόνες ήμιτόνου, βρίσκει κανένας στό έμπόριο και **πλάκες ήμιτόνου** [σχ. 2.5ιθ(α)] ή **τράπεζες ήμιτόνου** [σχ. 2.5ιθ(β)].



Σχ. 2.5ιθ.

(α) Πλάκα ήμιτόνου. (β) Τράπεζα ήμιτόνου.

Ό τριγωνομετρικός έλεγχος τών γωνιών έφαρμόζεται γενικά στή ρύθμιση έργαλειομηχανών [σχ. 2.5κ(α)], στό συγκριτικό έλεγχο γωνιών [σχ. 2.5κ(β)] και άλλου.



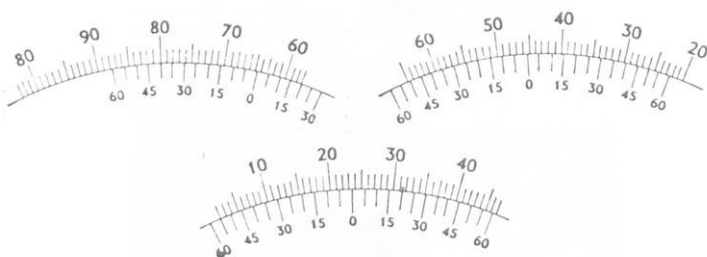
Σχ. 2.5κ.

Εφαρμογές του τριγωνομετρικού ελέγχου και μετρήσεως γωνιών: (α) Ρύθμιση του μαγνητικού τσάκ μιας εργαλειομηχανής, το οποίο έχει δυνατότητα κλίσεως. (β) Συγκριτικός έλεγχος της γωνίας ενός κομματιού. (Α κομμάτι, Β μετρητικό ρολόι με τό υπόβαθρό του, Γ ράβδος ήμιτόνου, Δ στήλες από πρότυπα πλακίδια, Ε πλάκα εφαρμογής).

2.5.5 Ερωτήσεις και ασκήσεις.

1. Γιατί δεν χρειάζεται πρωτότυπο για τη μέτρηση των γωνιών;
2. Ποιές είναι οι βασικές μονάδες μετρήσεως γωνιών;
3. Πώς ορίζουμε το ακτίνιο;
4. Με τη βοήθεια ενός σκίτσου να δείξετε το σωστό τρόπο χρήσεως μιας έλεγκτικής όρθης γωνίας.
5. Πώς γίνεται ο έλεγχος μιας όρθης γωνίας ενός κομματιού με τη βοήθεια μιας έλεγκτικής όρθης γωνίας;
6. Να αναφέρετε δύο όργανα μετρήσεως γωνιών μαζί με την ακρίβεια την οποία μπορεί να μας δώσει το καθένα.
7. Να περιγράψετε το βερνιέρο ακρίβειας 5' ενός μοιρογνωμονίου.
8. Να περιγράψετε συνοπτικά τα βήματα που ακολουθούμε για να κάνουμε την ανάγνωση μιας ένδειξης σε ένα μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο.
9. Να αναφέρετε εργασίες, που μπορούμε να κάνουμε με τη σύνθετη γωνία.
10. Ποιάν άρχη εφαρμόζουμε για τον τριγωνομετρικό έλεγχο ή μέτρηση γωνιών;

11. Πώς εφαρμόζουμε τη μέθοδο του ημιτόνου για την κατασκευή μιάς δοσμένης γωνίας;
12. Κατά τί πλεονεκτεί η μέθοδος του ημιτόνου απέναντι στη μέθοδο της εφαπτομένης κατά τό σχηματισμό μιάς γωνίας;
13. Νά εκφράσετε τις ακόλουθες γωνίες σε μοίρες και σε δεκαδικούς της μοίρας: $15^{\circ}25'$, $23^{\circ}13'$, $42^{\circ}36'26''$ και $54^{\circ}18'25''$.
14. Νά εκφράσετε τις παρακάτω γωνίες σε μοίρες, πρώτα λεπτά και δεύτερα λεπτά: $15,375^{\circ}$, $16,62^{\circ}$, $55,75^{\circ}$ και $78,94^{\circ}$.
15. Νά κατατάξετε κατά μέγεθος τις γωνίες: $42^{\circ}20'35''$, 50° , 62° , 32° και $0,85^{\text{rad}}$.
16. Νά συνθέσετε τις ακόλουθες γωνίες επιλέγοντας την κατάλληλη για κάθε περίπτωση συλλογή προτύπων γωνιακών πλακιδίων από τόν Πίνακα 2.5.2: 37° , $42^{\circ}19'$, $15^{\circ}20'40''$, $78^{\circ}35'65''$ και $83^{\circ}13'59''$.
17. Νά κάμετε τις αναγνώσεις των ακόλουθων δύο ένδειξεων μοιρογνωμίου με βερνιέρο:



18. Νά σχεδιάσετε ή να θέσετε σε ένα πραγματικό μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο τις εξής ένδειξεις: $10^{\circ}15'$, $35^{\circ}40'$ και $17^{\circ}25'$.
19. Πρόκειται με τη μέθοδο ημιτόνου να ελέγξετε την ημιγωνία κορυφής ενός κώνου, που κατασκευάζεται σε μαζική παραγωγή. Η προς έλεγχο γωνία είναι $29^{\circ}30'$. Αν η απόσταση L του κανόνα ημιτόνου [παράγρ. 2.5.4(A)] είναι 200 mm:
 - α) Ποιά θά πρέπει να είναι το ύψος της στήλης των προτύπων πλακιδίων;
 - β) Ποιά πλακίδια θά πρέπει να διαλέξετε από μιά τυπική συλλογή προτύπων πλακιδίων για να συνθέσετε τό ύψος αυτό;
20. Άς πούμε ότι για τόν έλεγχο της γωνίας των $29^{\circ}30'$ της προηγούμενης άσκησης (18) δέν διατίθεται κανόνας ημιτόνου, υπάρχει όμως κατάλληλος κανόνας ακρίβειας για να μπορεί να εφαρμοσθεί η μέθοδος της εφαπτομένης. Δίνονται (σχ. 2.5.1η): $H_1 = 40$ mm, $H_2 = 25$ mm και πλάτος πλακιδίων 9 mm.
 - α) Ποιά θά πρέπει να είναι η διάσταση H_3 της σειράς πλακιδίων B_3 ;
 - β) Ποιές ονομαστικές διαστάσεις πλακιδίων θά συνδυάσετε για να συνθέσετε τη διάσταση αυτή;

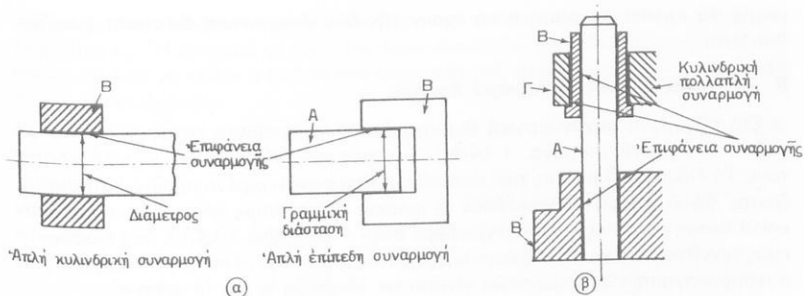
2.6 Συναρμογές και άνοχες συναρμογών.

2.6.1 Γενικά, βασικές ενώσεις και όρισμοί.

A. Η συναρμογή.

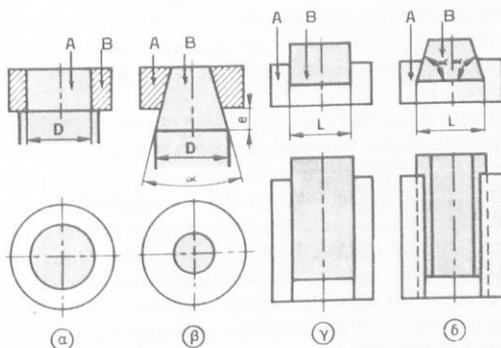
Λέγοντας **συναρμογή** έννοούμε ένα συγκρότημα, που τό άπαρτίζουν συνήθως δύο κομμάτια (**ή μέλη της συναρμογής**) τό A και τό B του σχήματος 2.6α (α) ή σπανιότερα και περισσότερα από δύο, [σχ. 2.6α(β)], τά όποια συνενγάζονται. Είναι δυνατόν δηλαδή τό ένα κομμάτι να κινείται ελεύθερα μέσα στο άλλο, να όλισθαίνει ως προς τό άλλο ή ακόμα και να είναι σφιγμένον στο άλλο.

Τά μέλη μιάς συναρμογής μπορούν να έχουν διάφορες μορφές, όπως κυλινδρι-



Σχ. 2.6α.

Δύο κομμάτια Α και Β ή Α και Β' ή και περισσότερα Α, Β, Γ, όταν συνεργάζονται, αποτελούν μία συναρμογή.



Σχ. 2.6β.

Διάφορες μορφές συναρμογών: (α) Κυλινδρική. (β) Κωνική. (γ) Πρισματική με επιφάνειες παράλληλες. (δ) Πρισματική με επιφάνειες υπόκλιση. (Α άξονας ή άρσενικό, Β τρύμα ή θηλυκό).

κή, κωνική, πρισματική ή άλλη (σχ. 2.6β). Η κυλινδρική μορφή είναι η πιο συνηθισμένη στην πράξη και αντιπροσωπεύεται από τόν άξονα με τό έδρανό του.

Η επιφάνεια, κατά την οποία έφάπτονται τά δύο μέλη μιας συναρμογής, όπότε ζεται **επιφάνεια συναρμογής**. Όπου υφίσταται μία επιφάνεια συναρμογής, όποτε συνεργάζονται δύο κομμάτια, έχομε **άπλή συναρμογή**, ένώ, όπου υπάρχουν περισσότερες από μία επιφάνειες συναρμογής (συναρμόζονται τρία ή περισσότερα κομμάτια), μιλούμε γιά **πολλαπλή συναρμογή** [σχ. 2.6α(β)].

Οί συναρμογές κυλινδρικών κομματιών, με τίς όποιες καί θά άσχοληθοΰμε κατά κύριο λόγο έδω, περιλαμβάνουν δύο μέλη: ένα πού **περιέχεται** καί πού είναι ό **άξονας** (Α) ή τό **άρσενικό**, καί ένα άλλο πού **περιέχει**, δηλαδή τό τρύμα (Β) ή τό **θηλυκό**. Καλό θά είναι, όταν μιλάμε γιά συναρμογές μή κυλινδρικών κομματιών, νά χρησιμοποιοΰμε τούς όρους άρσενικό (Α) καί θηλυκό (Β). Καί τά δύο μέλη μιάς συναρ-

μογής θά πρέπει απαραίτητα νά ἔχουν τήν ἴδια **ὀνομαστική διάσταση** [παράγρ. 2.6.1(Δ)].

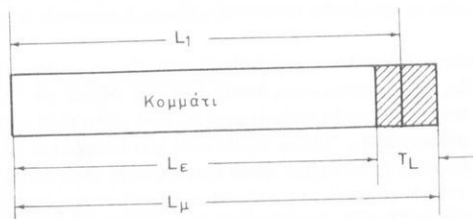
Β. Ἡ ἀνάγκη γιά τόν καθορισμό ἀνοχῶν.

Στή σύγχρονη μηχανουργική βιομηχανία πολλά προϊόντα κατασκευάζονται μέ μαζική παραγωγή [παράγρ. 1.14(Α)], γεγονός πού ἐξασφαλίζει χαμηλό κόστος τους. Τά διάφορα κομμάτια, πού ἀπαρτίζουν ἓνα συγκεκριμένο προϊόν, κατασκευάζονται, ἀφοῦ βέβαια καθορισθοῦν οἱ φάσεις κατεργασίας τους καί ἐκτελεσθοῦν καί οἱ λοιπές ἐργασίες, πού περιγράψαμε στήν παράγραφο 1.14(Β), ἀπό διαφορετικούς τεχνίτες σέ ξεχωριστές ἐργαλειομηχανές ἤ σέ ἄλλα μέσα μορφοποιήσεως. Ἡ συναρμολόγηση τῶν κομματιῶν γίνεται σέ ἰδιαίτερη φάση (ἡ φάσεις).

Γιά νά καλυφθοῦν ὅμως οἱ ἀνάγκες συναρμολογήσεως τῶν διαφόρων κομματιῶν στό τελικό προϊόν (μπορεῖ νά εἶναι αὐτό ἓνα κιβώτιο ταχυτήτων, μία βενζινομηχανή, μία φυγοκεντρική ἀντλία ἤ ἓνα αὐτοκίνητο κ.ἄ) θά πρέπει: Κομμάτια Α, κατασκευασμένα σέ διάφορες ἐργαλειομηχανές ἀπό διάφορους τεχνίτες σέ διάφορους τόπους καί χρόνους, νά μποροῦν νά **συναρμωθοῦν** μέ τά ἀντίστοιχα τους κομμάτια Β, (κατασκευασμένα καί αὐτά ὅπως καί τὰ κομμάτια Α) μέ ἐξασφαλισμένη ἐπιτυχία λειτουργίας τῶν ποικίλων συναρμωγῶν τους, χωρίς νά ἀπαιτεῖται ὁποιαδήποτε ἐπιπρόσθετη κατεργασία τῶν κομματιῶν. Αὐτό ἀποτελεῖ ὅ,τι ὀνομάζομε **ἐναλλαξιμότητα**.

Ἡ ἐναλλαξιμότητα ὅμως θά ἦταν ἐξασφαλισμένη καί δέν θά ὑπῆρχε ἀνάγκη ὁποιουδήποτε ἐλέγχου, ἂν ὅλα τὰ κομμάτια κατασκευάζονταν χωρίς σφάλματα. Αὐτό ὅμως δέν εἶναι δυνατό νά τό πετύχομε πρακτικά γιατί, ὅπως εἶναι γνωστό ἀπό τή μηχανουργική πρακτική, εἶναι ἀδύνατο ὅλα τὰ κομμάτια νά κατασκευασθοῦν ἀπαράλλακτα στίς διαστάσεις, στή μορφή, στήν τραχύτητα ἐπιφάνειας κ.ἄ., πού ἐπιβάλλει τό κατασκευαστικό σχέδιο. Τά κατασκευαζόμενα κομμάτια παρουσιάζουν πάντοτε **κάποιο σφάλμα** ὡς πρός τό ἰδανικό κομμάτι τοῦ μηχανολογικοῦ σχεδίου.

Ἐπειδή στά ἐπόμενα θά ἀσχοληθοῦμε μέ τίς ἀνοχές τῶν συναρμωγῶν, μᾶς ἐνδιαφέρουν μόνο διαστάσεις. Ἐτσι μποροῦμε νά ποῦμε ὅτι μία πραγματική διάσταση ἑνός κομματιοῦ L_1 (σχ. 2.6γ), ἂν συγκριθεῖ μέ τήν ἀντίστοιχη ὀνομαστική διάσταση L τοῦ μηχανολογικοῦ σχεδίου, θά παρουσιάζει κάποιο σφάλμα $L - L_1$. Τό



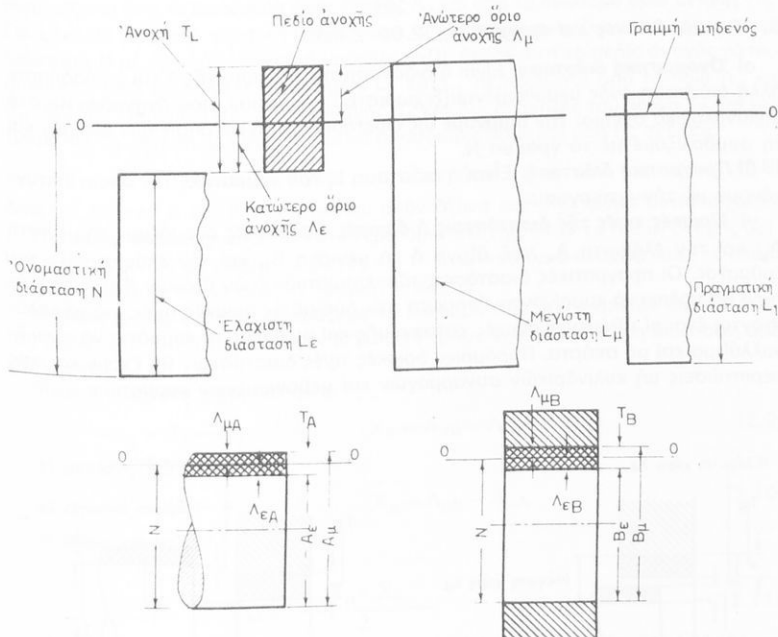
Σχ. 2.6γ.

Στοιχεῖα γιά τόν ὀρισμό τῆς ἀνοχῆς μῆς διαστάσεως L_1 .

σφάλμα αὐτό, γιά νά μή χαρακτηρισεῖ τό κομμάτι **σκάρτο**, θά πρέπει νά κυμαίνεται ἀνάμεσα σέ καθορισμένα παραδεκτά ὅρια. Ἐρα καί ἡ πραγματική διάσταση

του κομματιού θά κείται μεταξύ δύο άκραιων τιμών, μιᾶς μέγιστης L_{μ} καί μιᾶς ελάχιστης L_{ϵ} . Ἡ διαφορά μεταξύ τῶν ὀριακῶν αὐτῶν διαστάσεων, ἀνάμεσα στίς ὁποῖες ὀφείλει νά κείται ἡ παραδεκτή διάσταση τοῦ κομματιοῦ, ὀνομάζεται **ἀνοχή** T_L (σχ. 2.6γ), δηλαδή:

$$T_L = L_{\mu} - L_{\epsilon} \quad (2.6)$$



Σχ. 2.66.

Χαρακτηριστικά στοιχεία γιά τίς συναρμογές καί τίς ἀνοχές.

Γ. Σύνοτομο Ιστορικό τῶν συστημάτων συναρμογῶν καί ἀνοχῶν.

α) **Τό βρεταννικό σύστημα.** Ἀρχικά ὡς σύστημα Newall (1902) καί ἀργότερα ὡς σύστημα ἀνοχῶν καί συναρμογῶν BSI (British Standards Institution) μέ τίς προδιαγραφές BS 27(1906) καί BS 164(1924) κατέληξε στήν προδιαγραφή BS 1916 τοῦ 1953, ἡ ὁποία βασίζεται στό σύστημα ISO (International Organisation for Standardization). Ἐξέλιξη τῆς προδιαγραφῆς αὐτῆς εἶναι ἡ BS 4500 τοῦ 1969.

β) **Τό γερμανικό σύστημα DIN.** Τό σύστημα αὐτό, πρίν νά ἐμφανισθεῖ τό διεθνές σύστημα ἀνοχῶν ISO, βρισκόταν σέ χρήση στήν Εὐρώπη. Σήμερα χρησιμοποιεῖται σέ πολύ περιορισμένη ἔκταση, γιάτί παρουσιάζει πολλά μειονεκτήματα συγκρινόμενο μέ τό σύστημα ISO.

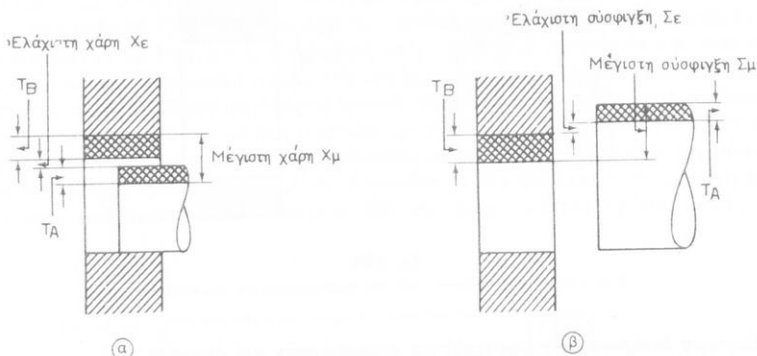
γ) **Τό διεθνές σύστημα συναρμογών και άνοχών ISO** (προδιαγραφή R-286). Τό σύστημα αυτό είναι τό πιό σύγχρονο, τό πληρέστερο και τό πιό εύκολα χρησιμοποιούμενο, από όλα τά συστήματα άνοχών και συναρμογών. Γι' αυτό χρησιμοποιείται εύρύτατα στίς χώρες όλου του κόσμου. Άποτελεί συμπλήρωση του προπολεμικού συστήματος άνοχών και συναρμογών ISA (International Federation of the National Standardizing Associations) του 1932.

Δ. Μερικές έννοιες και όρισμοί (σχ. 2.6δ, 2.6ε).

α) **Όνομαστική διάσταση.** Είναι ή διάσταση της συναρμογής ή και οποιαδήποτε άλλη διάσταση ενός μεμονωμένου (ξεχωριστού) κομματιού, που αναγράφεται στο μηχανολογικό σχέδιο. Τήν παίρνουμε ως άφετηρία για τή μέτρηση των άνοχών και τή συμβολίζουμε με τό γράμμα N .

β) **Πραγματική διάσταση.** Είναι ή διάσταση L_1 του κομματιού, τήν οποία έπιτυγχάνουμε με τήν κατεργασία.

γ) **Όριακές τιμές της διαστάσεως ή όριακές διαστάσεις** ονομάζουμε τή μέγιστη A_{μ} και τήν ελάχιστη A_{ϵ} του άξονα ή τή μέγιστη B_{μ} και τήν ελάχιστη B_{ϵ} του τρύματος. Οι πραγματικές διαστάσεις των κομματιών (των άξόνων ή των τρυμάτων) θά πρέπει νά κυμαίνονται ανάμεσα στίς δύο αυτές όριακές τιμές, για νά καλύπτονται έτσι οι τιθέμενες άνοχές κατασκευής και συνεπώς τά κομμάτια νά είναι ναλλάξιμα και μή σκάρτα. Παρόμοιες όριακές τιμές διαστάσεων θά έχομε και στίς περιπτώσεις μή κυλινδρικών συναρμογών και μεμονωμένων κομματιών.



Σχ. 2.6ε.

Η χάρη και ή σύσφιγξη στίς συναρμογές.

δ) **Άνοχή** [παράγρ. 2.6.1(β), σχέση (2.6)] **άξονα** T_A ή **άνοχή τρύματος** T_B είναι τό μέγιστο άνεκτό σφάλμα στη διάσταση του άξονα ή του τρύματος και σύμφωνα με τή σχέση (2.6) θά είναι:

$$T_A = A_{\mu} - A_{\epsilon} \quad \text{και} \quad T_B = B_{\mu} - B_{\epsilon} \quad (2.7)$$

ε) **Άνοχη συναρμογής T** ονομάζουμε τό άθροισμα τών άνοχών άξονα καί τρύματος, δηλαδή:

$$T = T_A + T_B$$

στ) **Πεδίο άνοχής** ονομάζουμε τή σχηματική παράσταση, πού εικονίζει τό μέγεθος καί τή θέση τής άνοχής ως πρός τήν ονομαστική διάσταση N. Τό πεδίο άνοχής περιορίζεται από τό **κατώτερο όριο άνοχής** Λ_ϵ καί από τό **άνώτερο όριο άνοχής** Λ_μ . Γιά εύκολία μας, στη γραφική παράσταση τών άνοχών ταυτίζουμε τήν ονομαστική διάσταση N μέ τό μηδέν (γραμμή μηδενός 0-0), όποτε αντί τό πεδίο άνοχής νά περιορίζεται από τίς όριακές διαστάσεις L_μ καί L_ϵ περιορίζεται από τά όρια Λ_ϵ καί Λ_μ . Μέ τήν είσαγωγή τών όρίων άνοχής Λ_ϵ καί Λ_μ , οί άνοχές του άξονα T_A καί του τρύματος T_B [σχέση (2.7)] μπορούν νά προσδιορισθοῦν καί από τίς σχέσεις:

$$T_A = \Lambda_{\mu A} - \Lambda_{\epsilon A} \quad \text{καί} \quad T_B = \Lambda_{\mu B} - \Lambda_{\epsilon B} \quad (2.8)$$

όπου οί δείκτες A καί B αναφέρονται στον άξονα καί στο τρύμα αντίστοίχως.

ζ) **Βασική απόκλιση** είναι τό κατώτερο όριο άνοχής, όταν τό πεδίο άνοχής βρίσκεται επάνω από τή γραμμή μηδενός καί τό άνώτερο όριο άνοχής, όταν τό πεδίο άνοχής βρίσκεται κάτω από τή γραμμή μηδενός.

η) **Χάρη X** [σχ. 2.6ε(α)] ονομάζουμε τή διαφορά τών πραγματικών διαστάσεων του άξονα από τό τρύμα, έφ' όσον βέβαια τό τρύμα έχει μεγαλύτερη διάσταση από τον άξονα.

Έτσι ή **ελάχιστη χάρη** θά είναι:

$$X_\epsilon = B_\epsilon - A_\mu \quad \eta \quad X_\epsilon = \Lambda_{\epsilon B} - \Lambda_{\mu A} \quad (2.9)$$

Η **μεγίστη χάρη**:

$$X_\mu = B_\mu - A_\epsilon \quad \eta \quad X_\mu = \Lambda_{\mu B} - \Lambda_{\epsilon A} \quad (2.10)$$

Η **μέση χάρη**:

$$X_M = \frac{X_\mu + X_\epsilon}{2} \quad (2.11)$$

Είναι προφανές ότι ή άνοχή τής συναρμογής θά δοθεῖ ως ή διαφορά τής ελάχιστης από τή μέγιστη χάρη, δηλαδή:

$$T = T_A + T_B = X_\mu - X_\epsilon \quad (2.12)$$

θ) **Σύσφιγξη Σ** [σχ. 2.6ε(β)] καλοῦμε τή διαφορά τών πραγματικών διαστάσεων του τρύματος από τον άξονα· προφανώς θά υπάρχει σύσφιγξη, όταν ή διάσταση του άξονα είναι μεγαλύτερη από εκείνη του τρύματος. Η σύσφιγξη είναι άρνητική χάρη, όπως καί ή χάρη είναι άρνητική σύσφιγξη.

Όπως καί γιά τή χάρη, έτσι καί γιά τή σύσφιγξη, μπορούμε νά όρίσουμε τίς ακόλουθες χαρακτηριστικές τιμές:

Ελάχιστη σύσφιγξη:

$$\Sigma_\epsilon = A_\epsilon - B_\mu \quad \eta \quad \Sigma_\epsilon = \Lambda_{\epsilon A} - \Lambda_{\mu B}, \quad \Sigma_\epsilon = -X_\mu \quad (2.13)$$

Μέγιστη σύσφιγξη:

$$\Sigma_{\mu} = A_{\mu} - B_{\epsilon} \quad \text{ή} \quad \Sigma_{\mu} = \Lambda_{\mu A} - \Lambda_{\epsilon B}, \quad \Sigma_{\mu} = -X_{\epsilon} \quad (2.14)$$

Μέση σύσφιγξη:

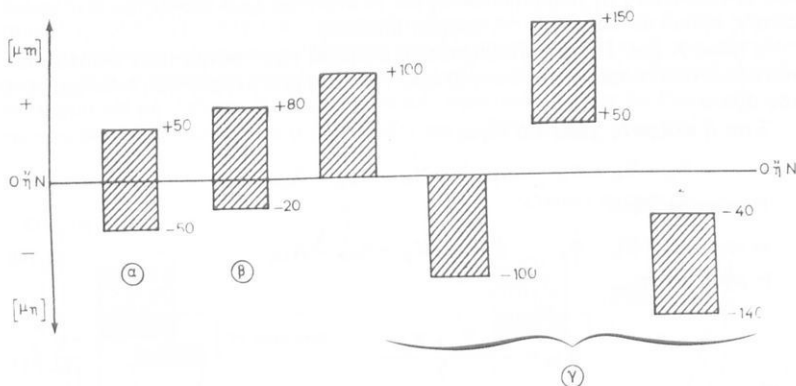
$$\Sigma_M = \frac{\Sigma_{\mu} + \Sigma_{\epsilon}}{2}$$

Η άνοχή της συναρμογής προσδιορίζεται ως:

$$T = T_A + T_B = \Sigma_{\mu} - \Sigma_{\epsilon} \quad (2.15)$$

Συμπληρώνοντας τούς βασικούς ορισμούς για τις συναρμογές και τις άνοχές τους προσθέτουμε και τὰ ακόλουθα:

Ανάλογα μέ τή θέση τοῦ πεδίου άνοχῆς ως πρὸς τήν όνομαστική διάσταση (ή τή γραμμή μηδενός) διακρίνουμε τό **συμμετρικό σύστημα άνοχῶν** [σχ. 2.6στ(α)], τό **άσυμμετρικό** [σχ. 2.6στ(β)] καί τό **μονόπλευρο** [σχ. 2.6στ(γ)].



Σχ. 2.6στ.

Διάφορες θέσεις, πού μπορεί νά πάρει τό πεδίο άνοχῆς ως πρὸς τή γραμμή μηδενός 0 - 0 (ή τήν όνομαστική διάσταση).

Ός **διάσταση κατεργασίας**, δηλαδή διάσταση στήν όποία σκοπεύουμε κατὰ τήν κατεργασία καί ρυθμίζουμε άνάλογα τήν έργαλειομηχανή, παίρνουμε εκείνη, πού άντιστοιχεί στό μέσο τοῦ πεδίου άνοχῶν. Για τό παράδειγμα, πού δώσαμε στό σχήμα 2.6στ, θά έχουμε τίς άκόλουθες διαστάσεις κατεργασίας για τὰ είκονιζόμενα συστήματα άνοχῶν:

Γιά τό συμμετρικό σύστημα άνοχῶν 40^{+50}_{-50} ή διάσταση κατεργασίας θά είναι

(*) Όνομαστική διάσταση 40^{+50}_{-50} Άνώτερο όριο άνοχῆς
Κατώτερο όριο άνοχῆς

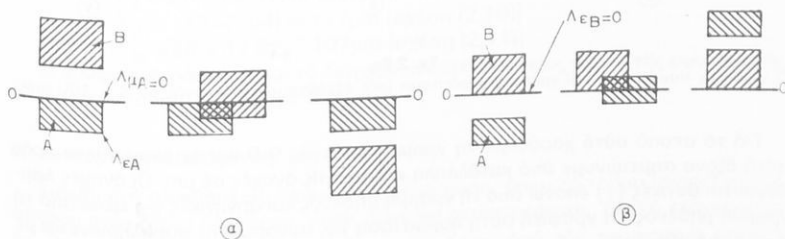
40,000 mm, γιά τά άσυμμετρικό σύστημα 40^{+80}_{-20} προκύπτει διάσταση κατεργασίας 40,030 mm καί γιά τά παραδείγματα του μονόπλευρου συστήματος 40^{+100}_0 , 40^{-90}_{-100} καί 40^{-40}_{-140} ή διάσταση κατεργασίας θά λάβει αντίστοιχα τίς τιμές 40,050 mm, 39,950 mm καί 39,910 mm.

Ανάλογα μέ τό βαθμό έλευθερίας, πού παρουσιάζει μία συναρμογή, (ό βαθμός έλευθερίας της εξαρτάται από τή θέση, τήν όποία παίρνει τό πεδίο άνοχής του κάθε μέλους της συναρμογής σέ σχέση μέ τήν όνομαστική διάσταση) διακρίνομε τίς συναρμογές: σέ **έλεύθερες** (σχ. 2.6η), σέ **συναρμογές όλισθήσεως** (σχ. 2.6θ), σέ **συναρμογές άμφίβολης συσφίξεως** (σχ. 2.6ι) καί σέ **συναρμογές συσφίξεως ή σφικτές συναρμογές** (σχ. 2.6ια). Σέ κάθε σύστημα συναρμογών προβλέπονται όρισμένες κατηγορίες [στήν παράγραφο 2.6.3(B) δόνομε τίς κατηγορίες κατά τό σύστημα συναρμογών ISO]. Περισσότερες πληροφορίες γιά τίς έλεύθερες καί λοιπές συναρμογές θά δώσωμε στήν άμέσως επόμενη παράγραφο.

Η **ποιότητα** του κάθε μέλους (άξονα ή τρύματος) της συναρμογής καθορίζει τό εύρος του πεδίου της άνοχής, μέσα στο όποιο θά πρέπει, μέ τήν ένδεδειγμένη κάθε φορά κατεργασία, νά πέφτουν οι πραγματικές του διαστάσεις. Στα διάφορα συστήματα συναρμογών καί άνοχών προτυποποιούνται όρισμένες ποιότητες [στήν παράγραφο 2.6.3(A) δόνομε τίς ποιότητες άνοχών κατά ISO].

Συναρμογή βασικού άξονα [σχ. 2.6ζ(α)] έχομε, όταν τό μέγιστο του άξονα A_{μ} συμπίπτει μέ τήν όνομαστική διάσταση ($A_{\mu} = N$) ή, πράγμα πού είναι τό ίδιο, τό άνωτερο όριο άνοχής του άξονα ταυτίζεται μέ τή γραμμή μηδενός ($\Lambda_{\mu A} = 0$), ενώ τό έλάχιστο του άξονα A_{ϵ} (ή τό κατώτερο όριο άνοχής του $\Lambda_{\epsilon A}$) μεταβάλλεται μέ τήν ποιότητα του άξονα καί μέ τήν όνομαστική του διάμετρο. Ο χαρακτήρας, δηλαδή ό βαθμός έλευθερίας της συναρμογής, προσδιορίζεται από τήν έκλογή της κατηγορίας του τρύματος.

Στή **συναρμογή βασικού τρύματος** [σχ. 2.6ζ(β)], τό έλάχιστο του τρύματος παραμένει σταθερό καί ίσο μέ τήν όνομαστική διάσ. ση ($B_{\epsilon} = N$) ή τό κατώτερο όριο άνοχής του συμπίπτει μέ τή γραμμή μηδενός ($\Lambda_{\epsilon B} = 0$), ενώ ό χαρακτήρας της συναρμογής καθορίζεται από τήν έπιλογή της κατηγορίας του άξονα.



Σχ. 2.6ζ.

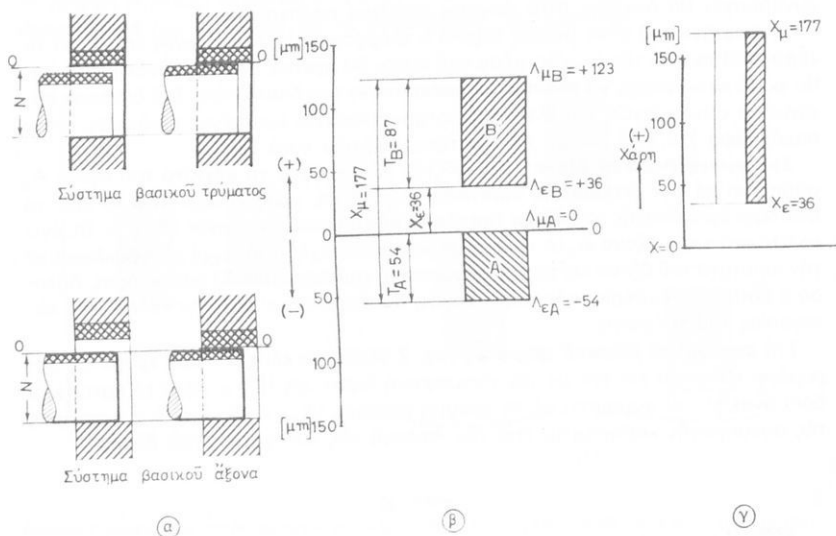
(α) Τό σύστημα βασικού άξονα. (β) Τό σύστημα βασικού τρύματος.

2.6.2 Όμαδοποίηση των συναρμογών με κριτήριο την κατηγορία τους.

A. Έλεύθερες συναρμογές.

Έλεύθερη ονομάζεται η συναρμογή εκείνη, στην οποία και ο μέγιστος ακόμα παραδεκτός άξονας (ή το μέγιστο άρσενικό κομμάτι για τις συναρμογές μή κυλινδρικών κομματιών) είναι μικρότερος από το ελάχιστο παραδεκτό τρύμα (ή το ελάχιστο θηλυκό κομμάτι της συναρμογής). Καί στην πλέον άκρεια δηλαδή περίπτωση υπάρχει χάρη, πράγμα πού σημαίνει ότι η ελάχιστη χάρη είναι πάντοτε θετική (σχ. 2.6η).

Κάθε συναρμογή μπορούμε να την παραστήσουμε γραφικά έτσι [2.6η(β)], πού να αποδεικνύεται πολύ χρήσιμη, γιατί μās δίνει μία έναργή εικόνα για όλα τα στοιχεία της συναρμογής.



Σχ. 2.6η.

Ελεύθερες συναρμογές και γραφική παράσταση μιάς ελεύθερης συναρμογής με $N = 100$ mm.

Γιά τό σκοπό αυτό χαράζομε τή γραμμή μηδενός 0-0 και σέ ένα κάθετο πρός αούτ ή άξονα σημειώνομε υπό κατάλληλη κλίμακα τίς άνοχές σέ μm. Οι άνοχές λαμβάνονται θετικές (+) επάνω από τή γραμμή μηδενός και άρνητικές (-) κάτω από τή γραμμή μηδενός. Ή γραφική αούτ ή παράσταση τής συναρμογής συμπληρώνεται μέ άναγραφή τών όρίων τών άνοχών γιά τόν άξονα (Λ_{HA} , Λ_{EA}) και γιά τό τρύμα (Λ_{HB} , Λ_{EB}) ή γιά τό άρσενικό και θηλυκό κομμάτι γιά συναρμογή μή κυλινδρικών κομματιών· επί πλέον και τής ελάχιστης, μέγιστης και μέσης χάρης ή συσφίγξεως.

Χρήσιμο είναι επίσης και τό διάγραμμα διακυμάνσεως τής χάρης [σχ. 2.6η(γ)] ή

της συσφίξεως [σχ. 2.6ια(γ)]. Καί εδώ ο όριζόντιος άξονας είναι ή γραμμή μηδενός, ενώ στόν κατακόρυφο άξονα αναγράφονται μέ κατάλληλη κλίμακα οί τιμές της χάρης καί της συσφίξεως σέ μm . Οί τιμές της χάρης σημειώνονται επάνω από τή γραμμή μηδενός (θετική φορά του κατακόρυφου άξονα,+), ενώ οί τιμές της συσφίξεως αναγράφονται κάτω από τή γραμμή 0-0 (άρνητική φορά του κατακόρυφου άξονα,-). Τά διαγράμματα αυτά μάς δίνουν άμεση έποπτεία του βαθμού έλευθερίας της συναρμογής (νά συγκρίνετε τά διαγράμματα διακυμάνσεως χάρης καί συσφίξεως των σχημάτων 2.6η, 2.6ι, 2.6ια), όπως καί τά όρια, ανάμεσα στα όποια μεταβάλλεται ή χάρη ή σύσφιγξη στή συναρμογή.

Παράδειγμα.

Ής πάρουμε ως παράδειγμα τήν έλεύθερη συναρμογή (είναι συναρμογή βασικού άξονα, γιατί $\Lambda_{\mu A} = 0$):

Ήξονας $\Phi 100_{-54}^{0}$ μέ τρύμα $\Phi 100_{+36}^{+123}$ (Ή όνομαστική διάσταση της συναρμογής είναι $N = 100 \text{ mm}$).

Ήπό τά δοσμένα αυτά στοιχεΐα της συναρμογής μπορούμε, μέ βάση τούς όρισμούς καί σχέσεις που έχουμε δώσει, νά προσδιορίσουμε διάφορα μεγέθη χρήσιμα γιά τή γραφική της παράσταση ή τήν έκτέλεσή της στό μηχανουργείο.

— Όρια άνοχών άξονα καί τρύματος:

$$\Lambda_{\mu A} = 0 \quad \Lambda_{\epsilon A} = -54 \mu\text{m}$$

$$\Lambda_{\mu B} = +123 \mu\text{m} \quad \Lambda_{\epsilon B} = +36 \mu\text{m}$$

— Άνοχές άξονα, τρύματος καί συναρμογής:

$$T_A = 0 - (-54) = 54 \mu\text{m}$$

$$T_B = 123 - 36 = 87 \mu\text{m} \text{ [σχέση (2.8)]}$$

$$T = 54 + 78 = 141 \mu\text{m}$$

— Όριακές διαστάσεις άξονα καί τρύματος:

$$A_{\mu} = 100,000 \text{ mm}$$

$$A_{\epsilon} = 100,000 - 0,054 = 99,946 \text{ mm}$$

$$B_{\epsilon} = 100,000 + 0,036 = 100,036 \text{ mm}$$

$$B_{\mu} = 100,036 + 0,087 = 100,123 \text{ mm}$$

— Έλάχιστη, μέγιστη καί μέση χάρη:

$$X_{\epsilon} = 36 - 0 = 36 \mu\text{m} \text{ [σχέση (2.9)]}$$

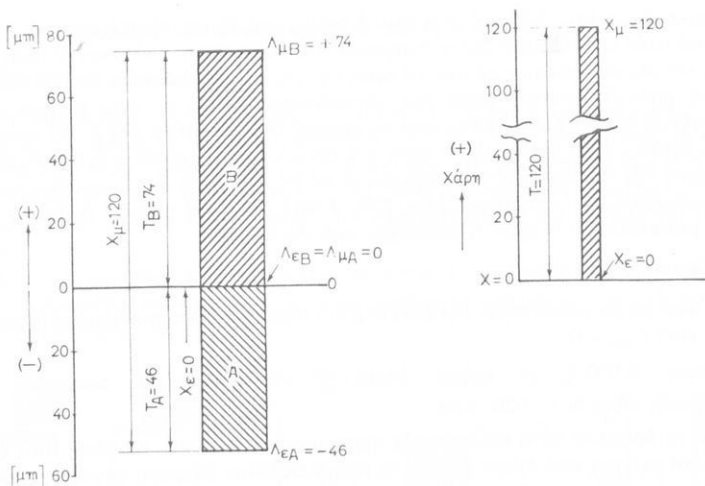
$$X_{\mu} = 123 - (-54) = 177 \mu\text{m} \text{ [σχέση (2.10)]}$$

$$X_M = (36 + 177)/2 \approx 107 \mu\text{m} \text{ [σχέση (2.11)]}$$

Ή γραφική παράσταση καί τό διάγραμμα διακυμάνσεως χάρης της συναρμογής αυτής εΐκονίζονται στό σχήμα 2.6η.

B. Συναρμογές όλισθήσεως (σχ. 2.6θ).

Συναρμογή όλισθήσεως έχουμε στήν περίπτωση, όπου τό τρύμα μπορεί νά όλισθαίνει στόν άξονα έλεύθερα, χωρίς όμως νά περιστρέφεται. Έδώ ή έλάχιστη χάρη θά πρέπει νά είναι μηδενική ($X_{\epsilon} = 0$). Κάτω από τόν περιορισμό αυτό τό έλάχιστο τρύμα καί ο μέγιστος άξονας θά συμπίπτουν μέ τήν όνομαστική διάσταση ($B_{\epsilon} = A_{\mu} = N$) ή τό κατώτερο όριο άνοχών του τρύματος καί τό άνώτερο του άξονα μηδενίζονται ($\Lambda_{\mu A} = \Lambda_{\epsilon B} = 0$).



Σχ. 2.60.

Γραφική παράσταση μιάς συναρμογής όλισθήσεως με $N = 70 \text{ mm}$.

Ἡ συναρμογή: ἄξονας $\Phi 70_{-46}^{+74}$ μέ τρύμα $\Phi 70_{+0}^{+74}$ εἶναι συναρμογή όλισθήσεως μέ όνομαστική διάσταση $N = 70 \text{ mm}$.

Τά χαρακτηριστικά της στοιχεῖα θά εἶναι τά ἀκόλουθα:

$$\Lambda_{\mu A} = \Lambda_{\epsilon B} = 0$$

$$\Lambda_{\mu B} = +74 \mu\text{m}$$

$$\Lambda_{\epsilon A} = -46 \mu\text{m}$$

$$T_A = 46 \mu\text{m}$$

$$T_B = 74 \mu\text{m}$$

$$T = 46 + 74 = 120 \mu\text{m}$$

$$A_{\mu} = B_{\epsilon} = 70,000 \text{ mm}$$

$$A_{\epsilon} = 70,000 - 0,046 = 69,954 \text{ mm}$$

$$B_{\mu} = 70,000 + 0,074 = 70,074 \text{ mm}$$

$$X_{\epsilon} = 0, \quad X_{\mu} = 74 - (-46) = 120 \mu\text{m}, \quad X_M = \frac{120 + 0}{2} = 60 \mu\text{m}$$

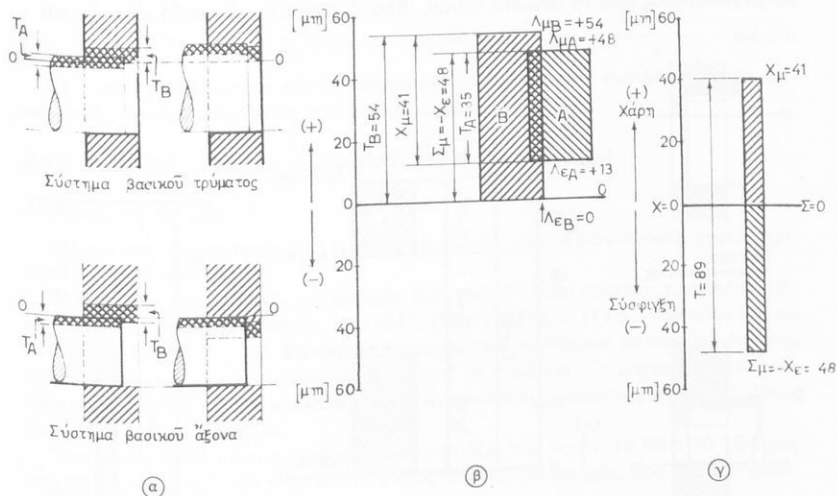
Ἡ γραφική παράσταση καί τό διάγραμμα διακυμάνσεως τῆς χάρης δίνονται στό σχῆμα 2.60.

Γ. Συναρμογές ἀμφίβολης συσφίξεως.

Εἶναι οἱ συναρμογές ἐκεῖνες, όπου ἡ ἐλάχιστη χάρη προκύπτει ἀρνητική (αὐτό σημαίνει ὅτι ἔχομε σύσφιξη), ἐνῶ ἡ μέγιστη χάρη παραμένει θετική. Δηλαδή ἐδῶ

υπάρχουν όρισμένα ζεύγη άξόνων-τρομάτων, πού δίνουν έλεύθερη συναρμογή, έ-
νώ άλλα δίνουν συναρμογή συσφίξεως (σχ. 2.6i).

Η συναρμογή: άξονας $\Phi 90^{+48}_{+13}$ μέ τρύμα $\Phi 90^{+4}_{0}$ είναι συναρμογή, άμφίβολης
συσφίξεως (βασικού τρύματος μέ όνομαστική διάσταση $N = 90$ mm, όπως θά τό
διαπιστώσoμε στή γραφική της παράσταση καί στό διάγραμμα τής διακυμάνσεως
τής χάρης καί συσφίξεως στό σχήμα 2.6i.



Σχ. 2.6i.

Συναρμογές άμφίβολης συσφίξεως καί γραφική παράσταση μιās συναρμογής άμφίβολης συσφί-
ξεως μέ $N = 90$ mm.

Γιά τή συναρμογή αυτή βρίσκομε:

$$\begin{aligned} \Lambda_{\mu A} &= +48 \mu\text{m}, & \Lambda_{\epsilon A} &= +13 \mu\text{m} \\ \Lambda_{\mu B} &= +54 \mu\text{m}, & \Lambda_{\epsilon B} &= 0 \\ T_A &= 48 - 13 = 35 \mu\text{m}, & T_B &= 54 \mu\text{m}, & T &= 54 + 35 = 89 \mu\text{m} \\ A_{\epsilon} &= 90,000 + 0,013 = 90,013 \text{ mm} \\ A_{\mu} &= 90,013 + 0,035 = 90,048 \text{ mm} \\ B_{\epsilon} &= 90,000 \text{ mm}, & B_{\mu} &= 90,000 + 0,054 = 90,054 \text{ mm} \\ X_{\epsilon} &= 0 - 48 = -48 \mu\text{m} & \text{ή} & \Sigma \mu = 48 \mu\text{m} \text{ [σχέση (2.14)]} \\ X_{\mu} &= 54 - 13 = 41 \mu\text{m} \end{aligned}$$

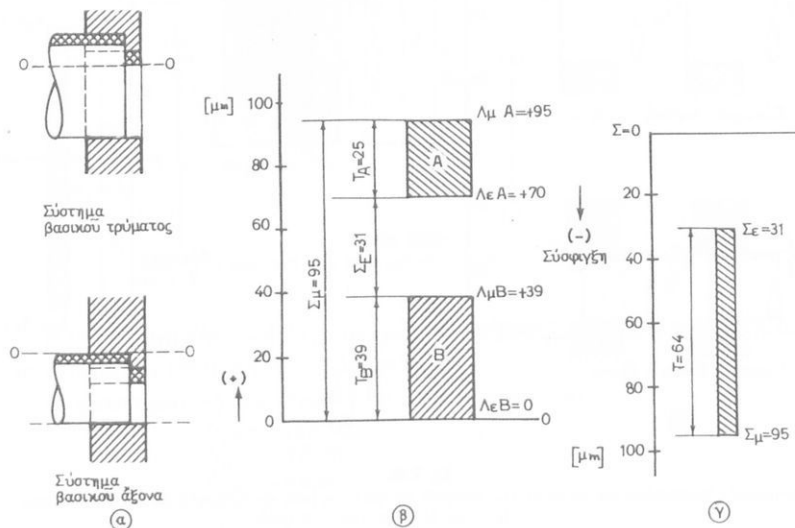
$$X_M = \frac{-48 + 41}{2} \approx -4 \mu\text{m}$$

Ζεύγη άξόνων-τρομάτων μέ πραγματικές διαστάσεις (ή αντίστοιχες αποκλίσεις
άπό τή γραμμή μηδένος), πού νά βρίσκονται μέσα στήν έπικαλυπτόμενη περιοχή

των πεδίων άνοχής άξονα καί τρύματος [σχ. 2.6i(α), (β)], μπορούν νά δώσουν έλεύθερες ή σφικτές συναρμογές ανάλογα μέ τή σχετική τους θέση. Γιά πραγματικές διαστάσεις τρύματος μεγαλύτερες από τό άνώτερο όριο άνοχής του άξονα ($\Lambda_{\mu A} = +48\mu\text{m}$) έχομε έλεύθερες συναρμογές, ενώ γιά μικρότερες από τό κατώτερο όριο άνοχής του άξονα ($\Lambda_{\epsilon A} = +13\mu\text{m}$) προκύπτουν σφικτές συναρμογές.

Δ. Συναρμογές συσφίξεως (σχ. 2.6iα).

Είναι οι συναρμογές έκείνες, όπου ακόμα καί ο έλάχιστος παραδεκτός άξονας εἶναι μεγαλύτερος από τό μέγιστο τρύμα. Έδώ ή έλάχιστη σύσφιξη εἶναι θετική.



Σχ. 2.6iα.

Συναρμογές συσφίξεως καί γραφική παράσταση μιάς συναρμογής συσφίξεως μέ $N = 50 \text{ mm}$.

Παράδειγμα.

Ός παράδειγμα τέτοιας συναρμογής δίνομε τό ακόλουθο:

Άξονας $\Phi 50^{+95}_{+70}$ μέ τρύμα $\Phi 50^{+39}_{+0}$. Η συνάρμογή έχει όνομαστική διάσταση $N = 50 \text{ mm}$ καί είναι βασικού τρύματος.

Μπορούμε πολύ εύκολα μέ τίς γνωστές μας πλέον σχέσεις νά ύπολογίσομε τά διάφορα χαρακτηριστικά της στοιχεία. Βρίσκομε έτσι:

$$\begin{aligned}\Lambda_{\mu A} &= +95\mu\text{m}, & \Lambda_{\epsilon A} &= +70\mu\text{m} \\ \Lambda_{\mu B} &= +39\mu\text{m}, & \Lambda_{\epsilon B} &= 0\end{aligned}$$

$$T_A = 95 - 70 = 25 \mu\text{m}$$

$$T_B = 39 \mu\text{m}$$

$$T = 25 + 39 = 64 \mu\text{m}$$

$$A_\epsilon = 50,000 + 0,070 = 50,070 \text{ mm}$$

$$A_\mu = 50,070 + 0,025 = 50,095 \text{ mm}$$

$$B_\epsilon = 50,000 \text{ mm}$$

$$B_\mu = 50,000 + 0,039 = 50,039 \text{ mm}$$

$$\Sigma_\epsilon = 70 - 39 = 31 \mu\text{m}, \quad \Sigma_\mu = 95 - 0 = 95 \mu\text{m}, \quad \Sigma_M = \frac{95 + 31}{2} = 63 \mu\text{m}$$

Ἡ γραφικὴ παράσταση καὶ τὸ διάγραμμα διακυμάνσεως συσφίξεως τῆς συναρμογῆς αὐτῆς ἐμφαίνονται στὸ σχῆμα 2.6ια.

2.6.3 Τὸ διεθνὲς σύστημα συναρμογῶν καὶ ἀνοχῶν ISO.

A. Ποιότητες ἀνοχῆς.

Εἶδαμε στὴν παράγραφο 2.6.1(Δ) ὅτι τὸ πλάτος τοῦ πεδίου ἀνοχῆς χαρακτηρίζεται ὡς **ποιότητα**.

Τὸ σύστημα συναρμογῶν καὶ ἀνοχῶν ISO, γιὰ τὸ ὁποῖο μιλοῦμε, προβλέπει δέκα ὀκτῶ (18) ποιότητες ἀνοχῆς, τίς IT01*, IT0, IT1, IT2,..., IT16 ἢ ἀπλούτερα τίς ποιότητες 01, 0,1,2,...,16. Μὲ τίς ποιότητες αὐτές, πού ἔχουν θεσπισθεῖ ἀπὸ τὴν προδιαγραφή, καλύπτονται ὅλες οἱ ἀπαιτήσεις σέ ἀκρίβεια τῶν μηχανουργικῶν κατασκευῶν ἀπὸ τίς πιὸ χονδροειδεῖς μέχρι τίς κατασκευές ὕψιστης ἀκρίβειας, ὅπως εἶναι τὰ πρότυπα πλακίδια.

Ὅσο μικρότερος εἶναι ὁ ἀριθμὸς πού ἐκφράζει τὴν ποιότητα (ἀπὸ τὸ 16 πρὸς τὸ 01), τόσο μικρότερο εἶναι καὶ τὸ εὖρος τοῦ πεδίου ἀνοχῆς, ἄρα τόσο μεγαλύτερη καὶ ἡ ἀκρίβεια κατασκευῆς.

Ἡ ποιότητα ἀνοχῆς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ὀνομαστικὴ διάσταση (Πίνακας 2.6.1) καὶ μάλιστα ἔτσι, ὥστε, γιὰ τὴν ἴδια ποιότητα, αὕξηση τῆς ὀνομαστικῆς διαστάσεως νά ἔχει ὡς συνέπεια αὕξηση καὶ τοῦ πλάτους τῆς ἀνοχῆς. Ἐπὶ παραδείγματι, ἐνῶ γιὰ τὴν ποιότητα 8 καὶ γιὰ ὀνομαστικὴ διάσταση 100mm ἡ ἀνοχή εἶναι 54μm, γιὰ τὴν ἴδια ποιότητα καὶ γιὰ ὀνομαστικὴ διάσταση 200mm ἡ ἀνοχή πού ἀντιστοιχεῖ θά εἶναι 72μm.

Οἱ ὀνομαστικὲς διαστάσεις ὁμαδοποιοῦνται στὶς περιοχές, πού βλέπομε στὶς ἀριστερές δύο στήλες τοῦ Πίνακα 2.6.1.

B. Κατηγορίες τῶν μελῶν τῆς συναρμογῆς.

Ἡ θέση τοῦ πεδίου ἀνοχῆς τῶν μελῶν μιᾶς συναρμογῆς (τοῦ ἄξονα καὶ τοῦ τρύματος ἢ τοῦ ἄρσενικοῦ καὶ τοῦ θηλυκοῦ) ὡς πρὸς τὴν ὀνομαστικὴ διάσταση (ἢ τῇ γραμμῇ μηδενός) χαρακτηρίζεται τὴν **κατηγορία** τους.

Σύμφωνα μὲ τὸ σύστημα ISO προτυποποιοῦνται εἴκοσι ὀκτῶ κατηγορίες, οἱ ὁ-

* IT: εἶναι τὰ ἀρχικά τῶν λέξεων International Tolerance, πού σημαίνουν «διεθνὴς ἀνοχή».

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6.1.
Ποιότητες άνοχων κατά ISO

Όνομαστική διάσταση (mm)	Άνοχές συναρμογών																			
	Για πρότυπα μήκη και όργανα μετρήσεως											Μεγάλες άνοχές όχι για συναρμογές								
	Άνω	Έως	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
2	3	0-3	0-5	0-8	1-2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	
3	6	0-4	0-6	1	1-5	2-5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	
6	10	0-4	0-6	1	1-5	2-5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	
10	18	0-5	0-8	1-2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	
18	30	0-6	1	1-5	2-5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	
30	50	0-6	1	1-5	2-5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	
50	80	0-8	1-2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	
80	120	1	1-5	2-5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	
120	180	1-2	2	3-5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	
180	250	2	3	4-5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	
250	315	2-5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	

ποιες για μὲν τὰ τρύματα (ἢ ἐσωτερικὲς ἐν γένει διαστάσεις) συμβολίζονται μὲ κεφαλαῖα γράμματα τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου ὡς ἑξῆς:

A, B, C, (CD), D, E, (E_sF), F, (FG), G, H, J, (J)

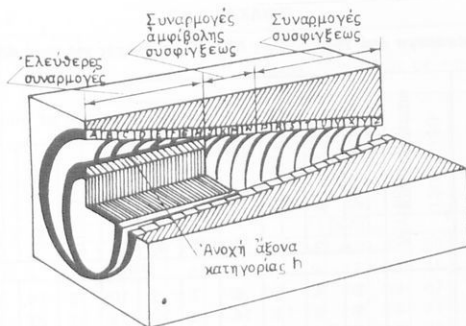
K, M, N, P, R, S, T, U, (V), X, (Y), Z, ZA, ZB καὶ ZC

γιαὶ δὲ τοὺς ἄξονες (ἢ ἐξωτερικὲς γενικῶς διαστάσεις) μὲ τὰ ἀντίστοιχα μικρά γράμματα τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου, δηλαδή: a, b, c, (cd), ..., z, za, zb καὶ zc.

Στὸ σχῆμα 2.6ιβ βλέπομε παραστατικὰ τὶς θέσεις, πού παίρνει τὸ πεδίο ἄνοχῆς τῶν τρυμάτων σὲ σύστημα βασικοῦ ἄξονα [παράγρ. 2.6.1(Δ)], σχ. 2.6ζ(α)] (ὅλοι οἱ ἄξονες εἶναι κατηγορίας h) καὶ στὸ σχῆμα 2.6ιγ παρατηροῦμε τὶς θέσεις πού καταλαμβάνει τὸ πεδίο ἄνοχῆς τῶν ἄξόνων σὲ σύστημα ὅμως βασικοῦ τρύματος [παράγρ. 2.6.1(Δ), σχ. 2.6ζ(β)] (ὅλα τὰ τρύματα εἶναι κατηγορίας H). Καὶ τὰ δύο σχήματα ἔχουν γίνει γιὰ τὴν ἴδια ποιότητα ἄνοχῆς καὶ περιοχὴ ὀνομαστικῶν διαστάσεων.

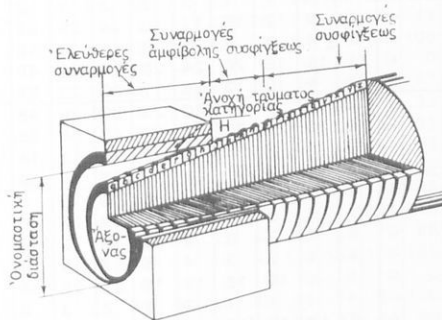
Στὰ σχήματα 2.6ιβ καὶ 2.6ιγ βλέπομε πῶς κατανέμονται τὰ γράμματα, πού συμβολίζουν τὶς διάφορες κατηγορίες τρυμάτων (κεφαλαῖα) καὶ ἄξόνων (μικρά) στὶς ἐλεύθερες συναρμογές, στὶς συναρμογὲς ἀμφίβολης συσφίξεως καὶ στὶς συναρμογὲς συσφίξεως. Ἔτσι, ἀπὸ τὸ γράμμα A (ἢ a) μέχρι καὶ τὸ H(h) περιλαμβάνονται οἱ ἐλεύθερες συναρμογές, ἀπὸ τὸ J (ἢ j) μέχρι καὶ τὸ N (ἢ n) οἱ συναρμογὲς ἀμφίβολης συσφίξεως καὶ ἀπὸ τὸ P (ἢ p) ἔως καὶ τὰ γράμματα ZC (ἢ zc) οἱ σφικτὲς συναρμογές. Ἡ συναρμογὴ μὲ τρύμα κατηγορίας H καὶ ἄξονα κατηγορίας h χαρακτηρίζεται ὡς συναρμογὴ ὀλισθήσεως (παράγρ. 2.6.2(B)).

Στοὺς Πίνακες 2.6.2 καὶ 2.6.3 καταγράφονται οἱ τιμὲς τῶν ὁρίων ἄνοχῆς ($\Lambda_{\mu A}$,



Σχ. 2.6ιβ.

Ἡ θέση τοῦ πεδίου άνοχῆς τῶν τρυμάτων στό σύστημα συναρμογῶν βασικοῦ άξονα. Χαρακτηρισμός τῶν συναρμογῶν άνάλογα μέ τό βαθμό έλευθερίας τους.



Σχ. 2.6ιγ.

Ἡ θέση τοῦ πεδίου άνοχῆς τῶν άξόνων στό σύστημα συναρμογῶν βασικοῦ τρύματος.

$\Lambda_{\epsilon A}$ γιά τούς άξονες καί $\Lambda_{\mu B}$, $\Lambda_{\epsilon B}$ γιά τά τρύματα) άντιστοίχως γιά τούς άξονες καί τά τρύματα άνάλογα μέ τήν ποιότητα, τήν κατηγορία καί τήν περιοχή όμαδοποιησεως τῆς όνομαστικῆς τους διαστάσεως. Ἡ χρήση τῶν πινάκων αὐτῶν εἶναι έξαιρετικά εύκολη, όπως θά τό διαπιστώσετε στό ια παραδείγματα, πού ακολουθοῦν.

Γ. Ὁ συμβολισμός γιά τίς συναρμογές.

Γιά κάθε μέλος μιᾶς συναρμογῆς καθορίζονται ξεχωριστά ἡ ποιότητα καί ἡ κατηγορία του, πού άναγράφονται μέ τά σύμβολά τους [παράγρ. 2.6.2(A), (B)] μετά από τήν όνομαστική διάσταση. Ὁ συμβολισμός π.χ. 75E9 σημαίνει ένα τρύμα μέ όνομαστική διάμετρο $N = 75$ mm, κατηγορίας E καί ποιότητας 9.

Ἐξ άλλου ὁ συμβολισμός $\Phi 100e8$ σημαίνει άξονα πού ἔχει όνομαστική διάμετρο $N = 100$ mm καί πού εἶναι κατηγορίας e καί ποιότητας 8.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6.2.

Απόσπασμα από τους πινάκες ISO. Όρια άνοχής για τους άξονες.

Ποιότητα	Κατηγορία	Όρια άνοχής	Άλγεβρικό πρόσθετο	Περιοχές διαμέτρων σε mm															
				1 — 3	3 — 6	6 — 10	10 — 18	18 — 30	30 — 50	50 — 80	80 — 120	120 — 180	180 — 250	250 — 315	315 — 400	400 — 500			
				[μm]															
5	g5	*μ **έλ	—	3	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18	20			
	h5	μ έλ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	j5	μ έλ	+	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7		
	k5	μ έλ	+	1	1	2	3	4	5	7	9	11	13	16	18	20	20		
	m5	μ έλ	+			7	9	11	13	15	18	21	24	27	29	32	32		
	n5	μ έλ	+	7	9	12	15	17	20	24	28	33	37	43	46	50	50		
6	f6	μ έλ	—	7	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68	68		
	g6	μ έλ	—	14	18	22	27	33	41	49	58	68	79	88	98	108	108		
	h6	μ έλ	—	3	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18	20	20		
	j6	μ έλ	0	10	12	14	17	20	25	29	34	39	44	49	54	60	60		
	k6	μ έλ	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	m6	μ έλ	+	7	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	40		
7	e7	μ έλ	—	6	7	7	8	9	11	12	13	14	16	16	18	20	20		
	f7	μ έλ	—	1	1	2	3	4	5	7	9	11	13	16	18	20	20		
	h7	μ έλ	+			10	12	15	18	21	25	28	33	36	40	45	45		
	j7	μ έλ	+	9	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	63		
	k7	μ έλ	+	2	3		5	6	8	10	12	15	18	21	26	28	31		
		μ έλ	+	16	19	23	27	32	38	43	50	56	61	68	73	80	80		
7	e7	μ έλ	—	14	20	25	32	40	50	60	72	85	100	110	125	135	135		
	f7	μ έλ	—	23	32	40	50	61	75	90	107	125	146	162	182	198	198		
	h7	μ έλ	—	7	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68	68		
	j7	μ έλ	—	16	22	28	34	41	50	60	71	83	96	108	119	131	131		
	k7	μ έλ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		μ έλ	+	9	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	63		
7	e7	μ έλ	—	7	9	10	12	13	15	18	20	22	25	26	29	31	31		
	f7	μ έλ	—	2	3		5	6	8	10	12	15	18	21	26	28	32		
	h7	μ έλ	+			16	19	23	27	32	38	43	50	56	61	68	68		
	j7	μ έλ	+			1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5		
	k7	μ έλ	+																
		μ έλ	+																

συνεχίζεται

*μ : Άνωτερο όριο άνοχής άξονα $L_{\mu A}$ **έλ: Κατώτερο όριο άνοχής άξονα $L_{\epsilon A}$

συνέχεια Πίνακα 2.6.2.

Πινάκας 2.6.2.

Ποιότητα	Κατηγορία	Όρια άνοχής	Άλγεβρικό πρόσμμο	Περιοχές διαμέτρων σε mm													
				1 - 3	3 - 6	6 - 10	10 - 18	18 - 30	30 - 50	50 - 80	80 - 120	120 - 180	180 - 250	250 - 315	315 - 400	400 - 500	
				[μm]													
7	m7	μ έλ	+	11 2	16 4	21 6	25 7	29 8	34 9	41 11	48 13	55 15	63 17	72 20	78 21	86 23	
	n7	μ έλ	+	15 6	20 8	25 10	30 12	36 15	42 17	50 20	58 23	67 27	77 31	86 34	94 37	103 40	
	p7	μ έλ	+	16 6	24 12	30 15	36 18	43 22	51 26	62 32	72 37	83 43	96 50	108 56	119 62	131 68	
8	d8	μ έλ	-	20 34	30 48	40 62	50 77	65 98	80 119	100 146	120 174	145 208	170 242	190 271	210 299	230 327	
	e8	μ έλ	-	14 28	20 38	25 47	32 59	40 73	50 89	60 106	72 126	85 148	100 172	110 191	125 214	135 232	
	f8	μ έλ	-	7 21	10 28	13 35	16 43	20 53	25 64	30 76	36 90	43 106	50 122	56 137	62 151	68 165	
	h8	μ έλ	0	0 14	0 18	0 22	0 27	0 33	0 39	0 46	0 54	0 63	0 72	0 81	0 89	0 97	
	j8	μ έλ	+	7 7	9 9	11 11	14 13	17 16	20 19	23 23	27 27	32 31	36 36	41 40	45 44	49 48	
	k8	μ έλ	+	14 0	18 0	22 0	27 0	33 0	43 0	46 0	54 0	63 0	72 0	81 0	89 0	97 0	
	9	d9	μ έλ	-	20 45	30 60	40 76	50 93	65 117	80 142	100 174	120 207	145 243	170 285	190 320	210 350	230 385
		e9	μ έλ	-	14 39	20 50	25 61	32 75	40 92	50 112	60 134	72 159	85 185	100 215	110 240	125 265	135 290
h9		μ έλ	0	0 25	0 30	0 36	0 43	0 52	0 62	0 74	0 87	0 100	0 115	0 130	0 140	0 155	
j9		μ έλ	+	13 12	15 15	18 18	22 21	26 26	31 31	37 37	44 43	50 50	58 57	65 65	70 70	78 77	
k9		μ έλ	+	25 0	30 0	36 0	43 0	52 0	62 0	74 0	87 0	100 0	115 0	130 0	140 0	155 0	
10		d10	μ έλ	-	20 60	30 78	40 98	50 120	65 149	80 180	100 220	120 260	145 305	170 355	190 400	210 440	230 480
		h10	μ έλ	0	0 40	0 48	0 58	0 70	0 84	0 100	0 120	0 140	0 160	0 185	0 210	0 230	0 250
		k10	μ έλ	+	40 0	48 0	58 0	70 0	84 0	100 0	120 0	140 0	160 0	185 0	210 0	230 0	250 0
	11	d11	μ έλ	-	20 80	30 105	40 130	50 160	65 195	80 240	100 290	120 340	145 395	170 460	190 510	210 570	230 630
h11		μ έλ	0	0 60	0 75	0 90	0 110	0 130	0 160	0 190	0 220	0 250	0 290	0 320	0 360	0 400	
k11		μ έλ	+	60 0	75 0	90 0	110 0	130 0	160 0	190 0	220 0	250 0	290 0	320 0	360 0	400 0	

*μ : Άνωτερο όριο άνοχής άξονα $\Lambda_{\mu A}$ **έλ: Κατώτερο όριο άνοχής άξονα $\Lambda_{\epsilon A}$

*** Δεν προορίζονται για συναρμογές, αλλά για μεμονωμένα κομμάτια.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6.3.

Απόσπασμα από τους πίνακες ISO. Όρια άνοχής στα τρύματα.

Ποιότητα	Κατηγορία	Όρια άνοχής	Άλγεβρικό Πρόσθιο	Περιοχές διαμέτρων σε mm												
				1 - 3	3 - 6	6 - 10	10 - 18	18 - 30	30 - 50	50 - 80	80 - 120	120 - 180	180 - 250	250 - 315	315 - 400	400 - 500
				[μm]												
6	F6	*μ **έλ	+	14 7	18 10	22 13	27 16	33 20	41 25	49 30	58 36	68 43	79 50	88 56	98 62	108 68
	G6	μ έλ	+	10 3	12 4	14 5	17 6	20 7	25 9	29 10	34 12	39 14	44 15	49 17	54 18	60 20
	H6	μ έλ	+	7 0	8 0	9 0	11 0	13 0	16 0	19 0	22 0	25 0	29 0	32 0	36 0	40 0
	J6	μ έλ	+	3 4	4 4	5 4	6 5	8 5	10 6	13 6	16 6	18 7	22 7	25 7	29 7	33 7
	K6	μ έλ	+			2 7	2 9	2 11	3 13	4 15	4 18	4 21	5 24	5 27	7 29	8 32
	M6	μ έλ	-	0 7	1 9	3 12	4 15	4 17	5 20	6 24	8 28	8 33	9 37	9 41	10 46	10 50
	N6	μ έλ	-	4 11	5 13	7 16	9 20	11 24	12 28	14 33	16 38	20 45	22 51	25 57	26 62	27 67
	P6	μ έλ	-	6 12	9 17	12 21	15 26	18 31	21 37	26 45	30 52	36 61	41 70	47 79	51 87	55 95
7	E7	μ έλ	+	23 14	32 20	40 25	50 32	61 40	75 50	90 60	107 72	125 85	146 100	162 110	182 125	198 135
	F7	μ έλ	+	16 7	22 10	28 13	34 16	41 20	50 25	60 30	71 36	83 43	96 50	108 56	119 62	131 68
	G7	μ έλ	+	12 3	16 4	20 5	24 6	28 7	34 9	40 10	47 12	54 14	61 15	69 17	75 18	83 2
	H7	μ έλ	+	9 0	12 0	15 0	18 0	21 0	25 0	30 0	35 0	40 0	46 0	52 0	57 0	63 0
	J7	μ έλ	+	3 6	5 7	8 7	10 8	12 9	14 11	18 12	22 13	26 14	30 16	36 16	39 17	43 18
	K7	μ έλ	+			5 10	6 12	6 15	7 18	9 21	10 25	12 30	13 35	16 40	17 45	18 50
	M7	μ έλ	-	0 9	0 12	0 15	0 18	0 21	0 25	0 30	0 35	0 40	0 46	0 52	0 57	0 63
	N7	μ έλ	-	4 13	4 16	4 19	5 23	7 28	8 33	9 39	10 45	12 52	14 60	14 66	16 73	17 80
	P7	μ έλ	-	6 16	8 20	9 24	11 29	14 35	17 42	21 51	24 59	28 68	33 79	36 88	41 98	45 108
	D8	μ έλ	+	34 20	48 30	62 40	77 50	98 65	119 80	146 100	174 120	208 145	242 170	271 190	299 210	327 230
E8	μ έλ	+	28 14	38 20	47 25	59 32	73 40	89 50	106 60	126 72	148 85	172 100	191 110	214 125	232 135	

συνεχίζεται

συνέχεια Πίνακα 2.6.3.

Ποιότητα	Κατηγορία	Όρια άνοχής	Αλγεβρικό πρόσθετο	Περιοχές διαμέτρων σε mm													
				1 – 3	3 – 6	6 – 10	10 – 18	18 – 30	30 – 50	50 – 80	80 – 120	120 – 180	180 – 250	250 – 315	315 – 400	400 – 500	
				[μm]													
8	F8	μ	+	21	28	35	43	53	64	76	90	106	122	137	151	195	
		έλ	+	7	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68	
	G8	μ	+	17	22	27	33	40	48	56	66	77	87	98	107	117	
		έλ	+	3	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18	20	
	H8	μ	+	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97	
		έλ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	J8	μ	+	7	9	12	15	20	24	28	34	41	47	55	60	66	
		έλ	7	9	10	12	13	15	18	20	22	25	26	29	31		
9	K8	μ	+			6	8	10	12	14	16	20	22	25	28	29	
		έλ	+			16	19	23	27	32	38	43	50	56	61	68	
	M8	μ	+			1	2	4	5	5	6	8	9	9	11	11	
		έλ	+			21	25	29	34	41	48	55	63	72	78	86	
	N8	μ	–	1	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	
		έλ	–	15	20	25	30	36	42	50	58	67	77	86	94	103	
	D9	μ	+	45	60	76	93	117	142	174	207	245	285	320	350	385	
		έλ	+	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230	
10	E9	μ	+	39	50	61	75	92	112	134	159	185	215	240	265	290	
		έλ	+	14	20	25	32	40	50	60	72	85	100	110	125	135	
	H9	μ	+	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	
		έλ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
***	J9	μ	+	12	15	18	21	26	31	37	43	50	57	65	70	77	
		έλ	–	13	15	18	22	26	31	37	44	50	58	65	70	78	
	D10	μ	+	60	78	98	120	149	180	220	260	305	355	400	440	480	
		έλ	+	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230	
11	H10	μ	+	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250	
		έλ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	J10	μ	+	20	24	29	35	42	50	60	70	80	92	105	115	125	
		έλ	–	20	24	29	35	42	50	60	70	80	93	105	115	125	
***	D11	μ	+	80	105	130	160	195	240	290	340	395	460	510	570	630	
		έλ	+	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230	
	H11	μ	+	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400	
		έλ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
***	J11	μ	+	30	37	45	55	65	80	95	110	125	145	160	180	200	
		έλ	–	30	38	45	55	65	80	95	110	125	145	160	180	200	

* μ : Άνωτερο όριο άνοχής τρύματος $\Lambda_{\mu B}$ ** έλ: Κατώτερο όριο άνοχής τρύματος $\Lambda_{\epsilon B}$

*** Δεν προορίζεται για συναρμογές, αλλά για μεμονωμένα κομμάτια.

Όταν τώρα πρόκειται για τό συμβολισμό μιᾶς συναρμογῆς, τότε τά στοιχεῖα τοῦ τρύματος (κατηγορία καί ποιότητα) γράφονται ὡς ἀριθμητῆς καί τά στοιχεῖα τοῦ ἄξονα ὡς παρονομαστῆς ἐνὸς κλάσματος, πού ἀκολουθεῖ τήν ὀνομαστική διάσταση.

Ὡς παράδειγμα δίνουμε τή συναρμογή $\Phi 35 \frac{D9}{h8}$ ἢ $\Phi 35 D9/h8$.

Ἀπό τό συμβολισμό μιᾶς συναρμογῆς, ὅπως τώρα μόλις τόν δώσαμε, μπορούμε νά προσδιορίσουμε μέ τή βοήθεια τῶν Πινάκων 2.6.2 καί 2.6.3 τό ὄρια ἀνοχῶν καί γιά τά δύο μέλη τῆς συναρμογῆς, ὁπότε ἡ συναρμογή μπορεῖ νά παρασταθεῖ καί κατ' ἄλλο τρόπο: Μέ κλάσμα πού ἔχει ὡς ἀριθμητῆ τήν ὀνομαστική διάσταση σέ χιλιοστόμετρα (mm) καί τά ὄρια ἀνοχῆς σέ μικρά (μm) τοῦ τρύματος καί ὡς παρονομαστή πάλι τήν ὀνομαστική διάσταση μέ τά ὄρια ἀνοχῆς τοῦ ἄξονα. Ἔτσι ἡ

προηγούμενη συναρμογή $\Phi 35 \frac{C9}{h8}$ πού δώσαμε ὡς παράδειγμα, μπορεῖ νά συμβολισθεῖ ὡς:

$$\frac{35 \begin{smallmatrix} +142 \\ +80 \end{smallmatrix}}{35 \begin{smallmatrix} 0 \\ -39 \end{smallmatrix}} \quad \text{ἢ} \quad 35 \begin{smallmatrix} +142 \\ +80 \end{smallmatrix} / 35 \begin{smallmatrix} 0 \\ -39 \end{smallmatrix}$$

Τά ὄρια τῆς ἀνοχῆς τρύματος καί ἄξονα πάρθηκαν ἀπό τούς Πίνακες 2.6.2 καί 2.6.3, ἀντιστοίχως.

Δ. Μερικά παραδείγματα.

Στά παραδείγματα πού θά ἀκολουθήσουν θά δώσουμε πρῶτα τό συμβολισμό κάθε συναρμογῆς μέ τό γράμμα τῆς κατηγορίας καί τόν ἀριθμό τῆς ποιότητας. Μέ βάση τό συμβολισμό αὐτό καί μέ τή βοήθεια τῶν Πινάκων 2.6.2 καί 2.6.3 θά προσδιορίσουμε τά ὄρια ἀνοχῆς τρύματος καί ἄξονα, κατόπιν θά παραστήσουμε τήν κάθε συναρμογή μέ τίς ἀριθμητικές τιμές τῶν ὁρίων αὐτῶν καί στή συνέχεια θά προβοῦμε στή γραφική της παράσταση. Γιά ὅλα αὐτά θά πρέπει νά ἔχομε ὑπ' ὄψην μας τίς διάφορες σχέσεις, τίς ὁποῖες δώσαμε στήν παράγραφο 2.6.1 (Δ), ὅπως καί τά παραδείγματα πού ἀναπτύξαμε στήν παράγραφο 2.6.2.

Ε. Ἀναγραφή τῶν διαστάσεων ἀνοχῶν στό μηχανολογικό σχέδιο.

Σχετικά μέ τήν ἀναγραφή τῶν διαστάσεων καί τῶν ἀνοχῶν τους στό μηχανολογικό σχέδιο παρατηροῦμε τά ἑξῆς:

Ἐάν ὁ ἐλεγχος πρόκειται νά γίνει μέ ἐλεγκτῆρες ὀρίου, τότε θά ἀναγραφοῦν μέ τά τήν τιμή τῆς ὀνομαστικῆς διαστάσεως (μπροστά ἀπό τήν ὁποία τίθεται τό σῆμα Φ, ἂν πρόκειται γιά διάμετρο) τό χαρακτηριστικό γράμμα τῆς κατηγορίας καί ὁ ἀριθμός τῆς ποιότητας. Ἄν ὅμως ἡ διάσταση ἐλεγχθεῖ μέ μετρητικό ὄργανο ἢ μέ ἐλεγκτῆρα ρυθμιζόμενου μήκους, τότε σημειώνονται οἱ ὀριακές διαστάσεις.

Στό σχῆμα 2.6ιδ βλέπομε πῶς ἀναγράφονται οἱ διαστάσεις καί ἀνοχές σέ ἓνα μηχανολογικό σχέδιο.

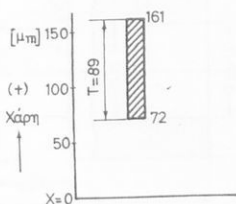
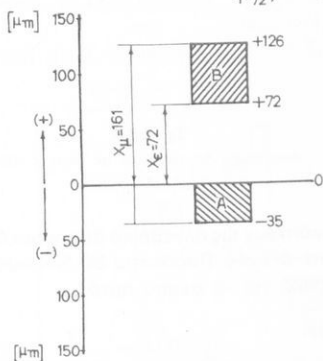
2.6.4 Σύνθετες ἀνοχές.

Πολλές φορές στίς ἐφαρμογές συναντοῦμε περιπτώσεις, ὅπου χρειάζεται νά

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

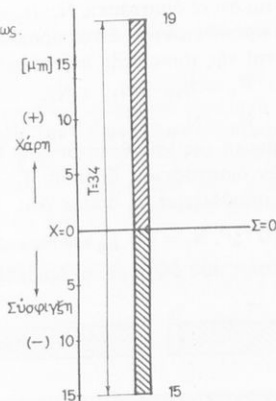
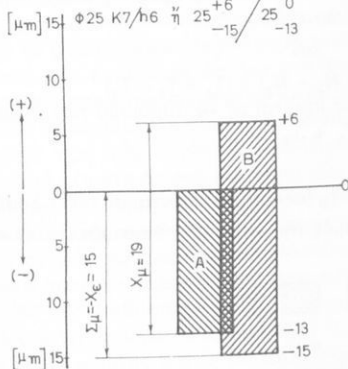
1. Μία ελεύθερη συναρμογή.

$$\phi 100 \text{ Ε8/h7} \quad \eta \quad \frac{+126}{+72} / \frac{0}{-35}$$



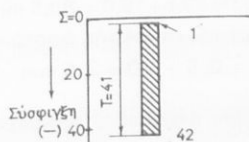
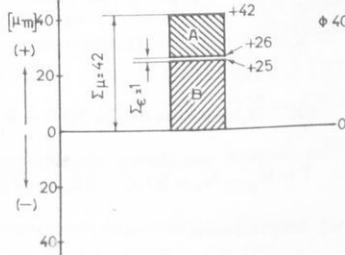
2. Μία συναρμογή αμφίβαλης συσφίξεως.

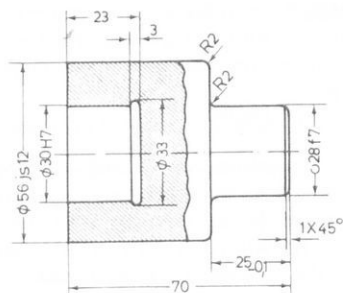
$$\phi 25 \text{ K7/h6} \quad \eta \quad \frac{25+6}{-15} / \frac{0}{-13}$$



3. Μία συναρμογή συσφίξεως.

$$\phi 40 \text{ H7/p6} \quad \eta \quad \frac{+25}{0} / \frac{+42}{+26}$$





Σχ. 2.61δ.

Αναγραφή διαστάσεων με άνοχές στο μηχανολογικό σχέδιο.

καθορίσουμε άνοχές σέ διαστάσεις πού προκύπτουν ως άλγεβρικό άθροισμα άλλων μερικῶν διαστάσεων, γιά τίς όποιες δίνονται άνοχές. Παρακάτω θά δώσουμε τούς σχετικούς κανόνες καί τήν κατάλληλη τεχνική γιά τό σκοπό αύτό.

A. Περίπτωση προστιθεμένων διαστάσεων.

Έστω ότι οί διαστάσεις N_1 , N_2 καί N_3 μέ άνοχές αντίστοιχα τίς T_1 , T_2 καί T_3 (σχ. 2.61ε) προσθέτονται. Είμαι προφανές ότι οί όριακές τιμές N_E (έλάχιστη) καί N_M (μέγιστη) τής συνολικής διαστάσεως θά είναι:

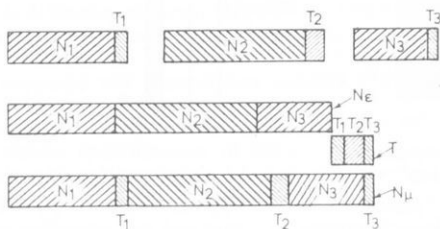
$$N_E = N_{1E} + N_{2E} + N_{3E} \quad \text{καί}$$

$$N_M = N_{1M} + N_{2M} + N_{3M} = (N_1 + N_2 + N_3) + (T_1 + T_2 + T_3) \quad (2.16)$$

καί ή άνοχή της (σύνθετη άνοχή) T θά ίσοῦται μέ τό άθροισμα τῶν άνοχῶν τῶν μερικῶν διαστάσεων, δηλαδή: $T = T_1 + T_2 + T_3$.

Ώς παράδειγμα ας πούμε ότι:

$N_1 = 30^{+1,0}_{-0,0}$, $N_2 = 40^{+0,5}_{-0,5}$ καί $N_3 = 20^{+0,0}_{-1,0}$ (οί άνοχές δίνονται σέ mm). Σύμφωνα μέ τίς σχέσεις πού δώσαμε, οί όριακές τιμές τής συνολικής διαστάσεως προκύπτουν



Σχ. 2.61ε.

Η σύνθετη άνοχή προστιθεμένων διαστάσεων.

ώς:

$N_E = 30,0 + 39,5 + 19,0 = 88,5 \text{ mm}$ καί $N_M = 31,0 + 40,0 + 20,0 = 91,0 \text{ mm}$
καί ή άνοχή τής συνολικής διαστάσεως:

$$T = 1,0 + 0,5 + 1,0 = 2,5 \text{ mm} \quad \text{ή} \quad T = N_M - N_E = 91,0 - 88,5 = 2,5 \text{ mm}.$$

B. Περίπτωση άλγεβρικού άθροίσματος διαστάσεων.

Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε νά προσδιορίσουμε τίς όριακές τιμές (καί από αυτές

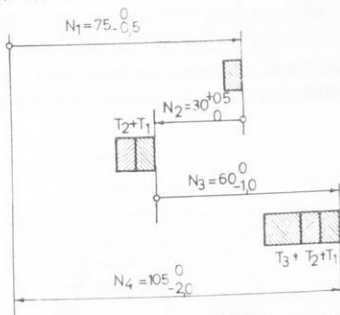
τήν άνοχή) τής διαστάσεως N_4 στο σχήμα 2.6ιστ. Ἡ διάσταση N_4 μπορεῖ νά ἐκφρασθεῖ σέ συνάρτηση μέ τίς ἄλλες ὡς:

$$N_4 = N_1 - N_2 + N_3 \quad (2.17)$$

Οἱ ὁριακές τής τιμές θά εἶναι: $N_{4\epsilon} = N_{1\epsilon} - N_{2\mu} + N_{3\epsilon}$ (2.18)

$$\text{καί} \quad N_{4\mu} = N_{1\mu} - N_{2\epsilon} + N_{3\mu} \quad (2.19)$$

Ἡ άνοχή τής T θά προκύψει: $T = T_1 + T_2 + T_3$



Σχ. 2.6ιστ.

Ἡ σύνθετη άνοχή άλγεβρικοῦ
άθροίσματος διαστάσεων.

Ἀπό τίς σχέσεις (2.18) καί (2.19) συνάγομε τοὺς ἀκόλουθους δύο χρήσιμους κανόνες γιά τόν προσδιορισμό συνθέτων άνοχῶν:

α) Γιά νά ὑπολογίσουμε τήν ἐλάχιστη τιμή τής σύνθετης διαστάσεως ($N_{4\epsilon}$ στήν περίπτωση μας), λαμβάνομε ὑπ' ὄψη στο ἄλγεβρικό ἄθροισμα τήν ἐλάχιστη ὁριακή διάσταση τῶν ὄρων πού προσθέτονται (μέ πρόσθημο +) καί τή μέγιστη ὁριακή διάσταση τῶν ἀφαιρουμένων ὄρων (μέ πρόσθημο -). Ἀντίθετα, γιά νά προσδιορίσουμε τή μέγιστη τιμή τής σύνθετης διαστάσεως ($N_{4\mu}$), θεωροῦμε στο ἄλγεβρικό ἄθροισμα τή μέγιστη ὁριακή διάσταση τῶν ὄρων, πού προσθέτονται, καί τήν ἐλάχιστη ὁριακή διάσταση τῶν ὄρων, πού ἀφαιροῦνται.

β) Ἡ άνοχή τής σύνθετης διαστάσεως (σύνθετη άνοχή) εἶναι ἴση μέ τό ἄθροισμα τῶν άνοχῶν τῶν μερικῶν διαστάσεων, ανεξάρτητα ἀν οἱ ἀντίστοιχες μερικές διαστάσεις προσθέτονται ἢ ἀφαιροῦνται στο ἄλγεβρικό ἄθροισμα. Αυτό θά ἐπαληθευθεῖ καί στο ἀριθμητικό παράδειγμά μας ἀμέσως παρακάτω.

Ἐφαρμόζοντας τώρα τίς σχέσεις (2.17), (2.18) καί (2.19) μέ τά ἀριθμητικά δεδομένα τοῦ σχήματος 2.6ιστ θά ἔχομε:

$$N_4 = 75.0 - 30.0 + 60.0$$

$$N_{4\epsilon} = 74,5 - 30,5 + 59,0 = 103,0 \text{ mm}$$

$$N_{4\mu} = 75,0 - 30,0 + 60,0 = 105,0 \text{ mm}$$

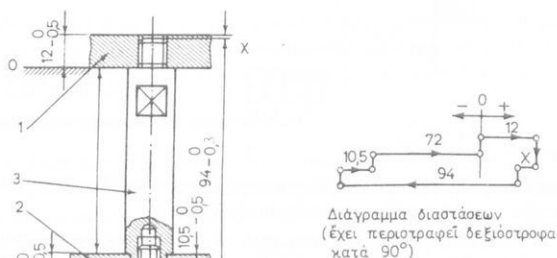
$$T = N_{4\mu} - N_{4\epsilon} = 105,0 - 103,0 = 2,0 \text{ mm}$$

$$\eta \quad T = 0,5 + 0,5 + 1,0 = 2,0 \text{ mm.}$$

Γ. Προσδιορισμός συνθέτων άνοχῶν μέ τή βοήθεια τοῦ διαγράμματος διαστάσεων.

Σέ περίπλοκες περιπτώσεις τής πράξεως ὑπολογίζομε τήν άνοχή μιᾶς σύνθετης διαστάσεως καί τίς ὁριακές τής τιμές μέ τή βοήθεια τοῦ λεγόμενου **διαγράμματος διαστάσεων**, ὅπως θά δοῦμε στο ἐπόμενο παράδειγμα.

Έστω ότι θέλουμε να υπολογίσουμε τις όριακές τιμές της διαστάσεως X στο σχήμα 2.6ιζ, όπου τα δύο έλασματα 1 και 2 συναρμολογούνται μεταξύ τους με το βλήτρο 3. Ορίζουμε μία επιφάνεια (π.χ. την επιφάνεια 0) ως επιφάνεια αναφοράς και σημειώνουμε θετική και αρνητική φορά, όπως φαίνεται στο σχήμα. Κατόπιν περιερχόμαστε κυκλικά όλες τις διαστάσεις ($12_{-0,5}^0$, X , $94_{-0,3}^0$ κλπ), ώσπου να επανέλθουμε στην επιφάνεια 0 σχηματίζοντας έτσι το άλγεβρικό τους άθροισμα λαμβάνοντας υπ' όψη, για το πρόσθετο των όρων του άθροίσματος, τη φορά (θετική ή αρνητική), την οποία έχουμε καθορίσει. Το άλγεβρικό αυτό άθροισμα των διαστάσεων το εξισώνουμε με το μηδέν και επιλύοντας ως προς την άγνωστη διάσταση (ως προς X στην περίπτωση μας) προσδιορίζουμε κατά τά γνωστά τις όριακές της τιμές και την άνοχή της.



Σχ. 2.6ιζ.

Παράδειγμα για τον υπολογισμό μιας σύνθετης άνοχής με τη βοήθεια του διαγράμματος διαστάσεων.

Εφαρμόζοντας τον κανόνα αυτό στο παράδειγμά μας θα έχουμε:

$$12_{-0,5}^0 - X - 94_{-0,3}^0 + 10,5_{-0,2}^0 + 72_{-0,2}^0 = 0$$

$$\text{ή } X = 72_{-0,2}^0 + 10,5_{-0,2}^0 + 12_{-0,5}^0 - 94_{-0,3}^0$$

$$\text{ή } X_e = 71,8 + 10,5 + 11,5 - 94,0 = -0,2 \text{ mm}$$

$$\text{καί } X_\mu = 72,0 + 10,8 + 12,0 - 93,7 = 1,1 \text{ mm}$$

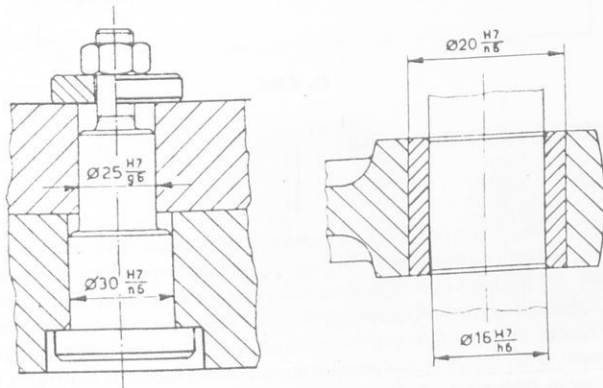
$$T = 1,1 - (-0,2) = 1,3 \text{ mm}$$

$$\text{ή } T = 0,2 + 0,3 + 0,5 + 0,3 = 1,3 \text{ mm.}$$

2.6.5 Έρωτήσεις και ασκήσεις.

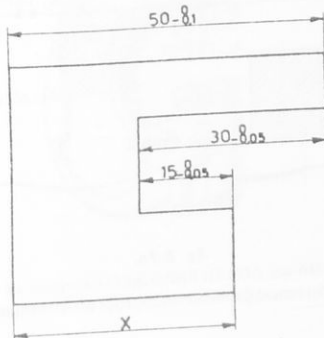
1. Τι ονομάζουμε συναρμογή;
2. Ποιά συναρμογή καλούμε απλή και ποιά πολλαπλή;
3. Τι έννοούμε με τους παρακάτω όρους: **Έναλλαξιμότητα, άνοχή μιας διαστάσεως, ονομαστική διάσταση, διάσταση κατεργασίας, πεδίο άνοχής, όρια άνοχής, χάρη** και **σύσφιγξη**.
4. Ποιό είναι το συμμετρικό και ποιό το μονόπλευρο σύστημα άνοχων;
5. Σε τί διακρίνονται ανάμεσά τους οι συναρμογές ως προς το βαθμό έλευθερίας τους;
6. Τι είναι συναρμογή βασικού άξονα και τί βασικού τρύματος;
7. Τι έννοούμε λέγοντας **ποιότητα** και **κατηγορία** ενός μέλους μιας συναρμογής;

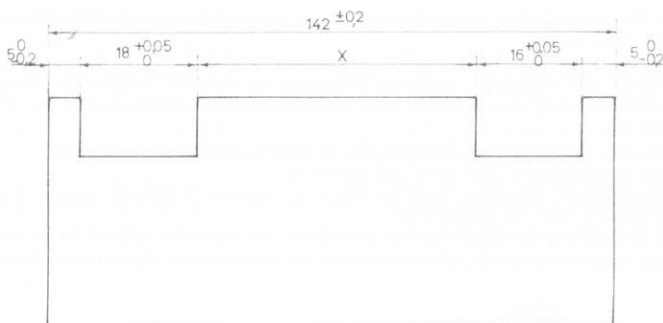
8. Πόσες ποιότητες και πόσες κατηγορίες προβλέπει το σύστημα συναρμογών ISO και πώς συμβολίζονται αντίστοιχα;
9. Για σύστημα συναρμογών βασικού άξονα να δώσετε συμβολίζοντας τις τέσσερις ελεύθερες συναρμογές, δύο συναρμογές αμφίβολης συσφίξεως και τέσσερις συναρμογές συσφίξεως.
10. Ποιές είναι οι άνοχές των ποιτήτων 6 και 7 για τις ονομαστικές διαστάσεις: 45 mm, 110 mm και 250 mm.
11. Τι σημαίνουν οι συμβολισμοί $\Phi 100H7$, 60g10, $\Phi 80f8$, $\Phi 50D8/h7$ και $\Phi H7/r6$;
12. Δίνονται οι συναρμογές: $\Phi 45H8/g7$ και $\Phi 30G7/k6$.
Νά προσδιορίσετε τις οριακές διαστάσεις άξονα και τρύματος, τα όρια των άνοχών τους, όπως και τη μέγιστη, μέση και ελάχιστη χάρη.
13. Για τις συναρμογές των κομματιών που εικονίζονται στο παρακάτω σχήμα 2.6ιη να κάνετε τη γραφική τους παράσταση μαζί με το διάγραμμα διακυμάνσεως της χάρης (και συσφίξεως) και



Σχ. 2.6ιη.

- να δώσετε υπό μορφή πινακιδίου τα όρια των άνοχών. Την κλίμακα για την παράσταση των άνοχών και της χάρης (και συσφίξεως) να τη διαλέξετε κατά την κρίση σας.
14. Με τη βοήθεια σκίτσων να δώσετε παραδείγματα αναγραφής διαστάσεων με άνοχές στο μηχανολογικό σχέδιο.
15. Ποιούς βασικούς κανόνες εφαρμόζουμε στον προσδιορισμό συνθέτων άνοχών και των ορίων τους;
16. Να υπολογίσετε την άνοχή και τις οριακές τιμές της άγνωστης διαστάσεως για τις περιπτώσεις του παρακάτω σχήματος 2.6ιθ χαράσσοντας κάθε φορά και το αντίστοιχο διάγραμμα διαστάσεων.



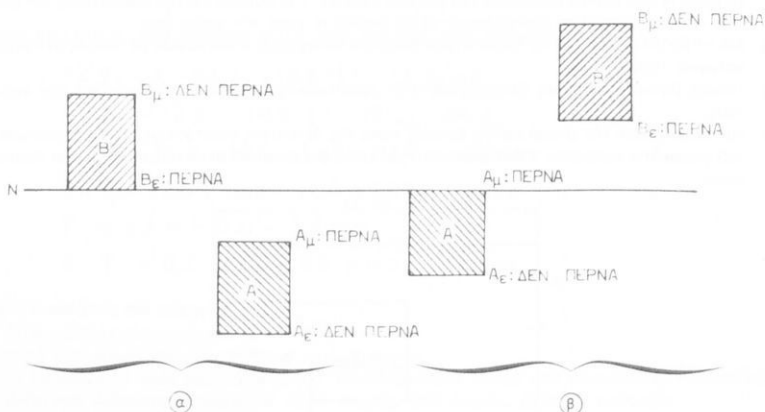


Σχ. 2.6ιβ.

2.7 Έλεγκτήρες και εφαρμογές τους.

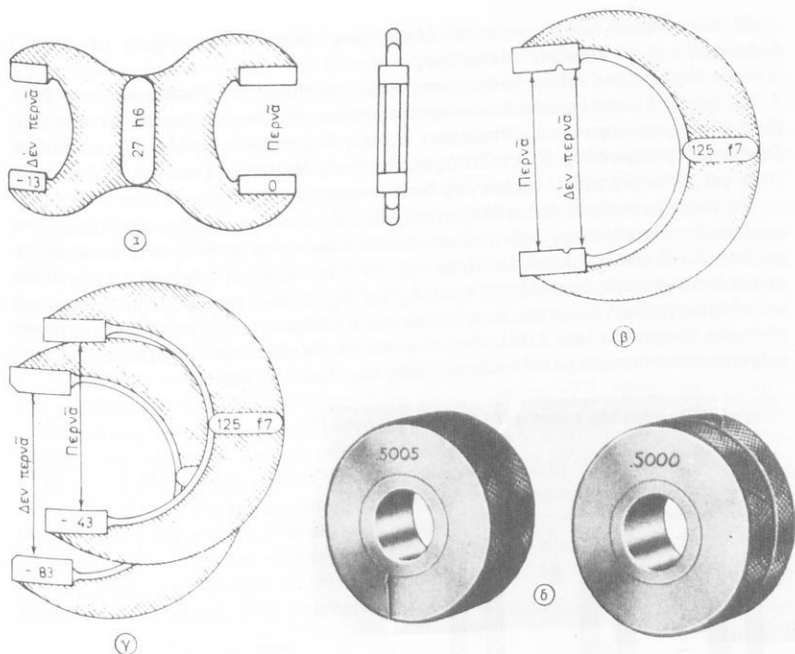
2.7.1 Γενικά.

Κατά την επιθεώρηση των μηχανουργικών προϊόντων, είτε αυτή διενεργείται σε διάφορες φάσεις κατεργασίας τους, είτε σε έτοιμα προϊόντα, χρησιμοποιούμε συχνά ειδικά μετρητικά όργανα, που τα ονομάζουμε **έλεγκτήρες**. Για τη διεξαγωγή της επιθεώρησης μεταχειριζόμαστε βέβαια και άλλα όργανα, ανάλογα με την περίπτωση, για κατ' ευθείαν ή συγκριτικές μετρήσεις από αυτά, που έχουμε μέχρι τώρα περιγράψει. Στόν έλεγκτήρα ένσωματώνεται αντίστροφα ή διάσταση του κομματιού, ή όποια πρόκειται να ελεγχθεί.



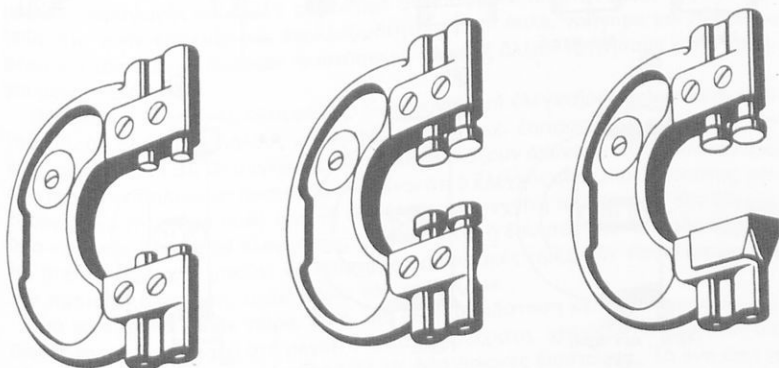
Σχ. 2.7α.

Λειτουργία διαστάσεων ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ των ελεγκτήρων με τις όριακές διαστάσεις άξονα και τρύματος: (α) Σύστημα βασικού τρύματος. (β) Σύστημα βασικού άξονα.



Σχ. 2.7β.

Σταθεροί έλεγκτήρες μέγιστου-ελάχιστου άξόνων.



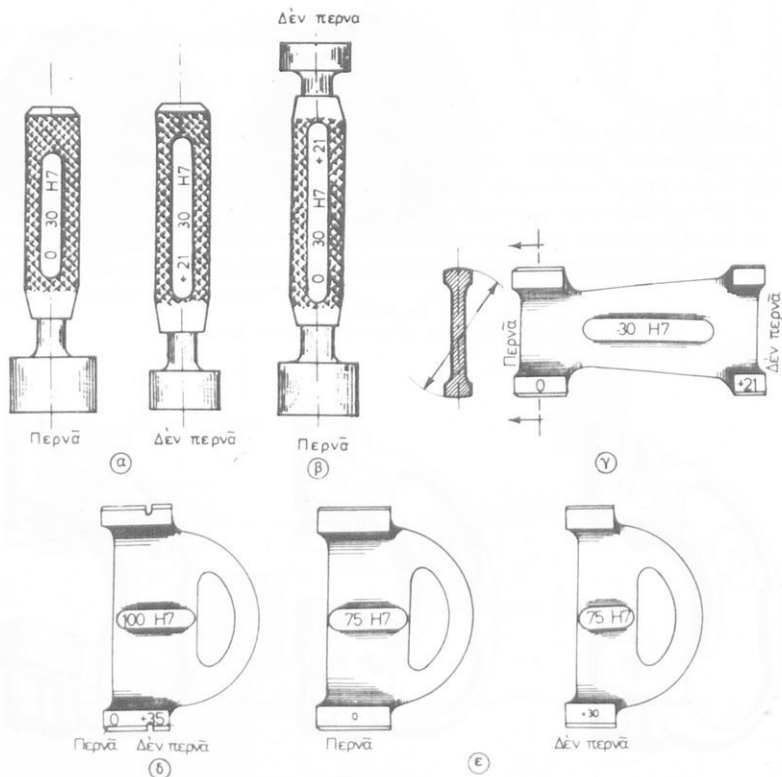
Σχ. 2.7γ.

Ρυθμιζόμενοι έλεγκτήρες μέγιστου-ελάχιστου άξόνων.

Οι ελεγκτήρες διακρίνονται σε **ελεγκτήρες όριου** ή **ελεγκτήρες μέγιστου - ελάχιστου** και σε **είδικους ελεγκτήρες**.

Τους ελεγκτήρες όριου τους συναντούμε συνήθως ως **σταθερούς** (σχ. 2.7α, 2.7δ), με την έννοια δηλαδή ότι ελέγχουν πάντοτε την ίδια σταθερή διάσταση ή τις ίδιες σταθερές διαστάσεις. Υπάρχουν όμως για ορισμένες εφαρμογές και **ρυθμιζόμενοι ελεγκτήρες** (σχ. 2.7γ). Στους τελευταίους ελεγκτήρες παρέχεται η δυνατότητα για ρύθμιση της ελεγχόμενης διαστάσεως μέσα σε στενά όρια.

Μέ τους ελεγκτήρες όριου ελέγχουμε αν μία διάσταση ενός κομματιού βρίσκεται μέσα στα καθορισμένα γι' αυτήν όρια. Καί συγκεκριμένα μέ έναν τέτοιον ελεγκτήρα (σχ. 2.7β) μπορούμε νά ελέγξουμε π.χ. αν η πραγματική διάμετρος ενός άξονα κεΐται ανάμεσα στις οριακές της τιμές A_e καί A_{μ} . Τό ίδιο μπορούμε νά κάνομε καί γιά τήν πραγματική διάμετρο ενός τρύματος. Διαλέγοντας τόν κατάλληλο κατά περίπτωση ελεγκτήρα (σχ. 2.7δ), είναι δυνατό νά ελέγξομε, αν η διάμετρός του περιέχεται στο διάστημα μεταξύ των οριακών της τιμών B_e καί B_{μ} .



Σχ. 2.76.

Ελεγκτήρες όριου τρυμάτων.

Ἐδῶ θά πρέπει νά τονίσουμε ὅτι μέ τούς ἐλεγκτήρες ὁρίου δέν κάνουμε μετρήσεις (δηλαδή δέν μετροῦμε τήν ἀκρίβη τιμή τῆς διαστάσεως), ἀλλά ἐλέγχουμε ἀπλῶς τή διάσταση. Ἄν ἡ ἐλεγχόμενη διάσταση τοῦ κομματιοῦ πέφτει μέσα στά ἐπιτρεπόμενα γι' αὐτή ὄρια, πράγμα πού ἐξακριβώνεται, ὅπως θά δοῦμε παρακάτω, μέ κάποιον κατάλληλο ἐλεγκτήρα, τότε τό κομμάτι θεωρεῖται **μή σκάρτο** (δηλαδή μέ κανονικό καί ἐμπορεύσιμο), ἐνῶ ἂν ἡ διάσταση πέφτει ἔξω ἀπό τά ὄρια αὐτά, τότε τό κομμάτι χαρακτηρίζεται ὡς **σκάρτο** (ἀκατάλληλο γιά ὁποιαδήποτε χρήση).

Οἱ ἐλεγκτήρες ὁρίου κατασκευάζονται ἀπό χάλυβα ἀντοχῆς στή φθορά ἀπό τήν τριβή, γιατί προορίζονται [παράγρ. 2.7.2(Α)] γιά τόν ἔλεγχο μεγάλου ἀριθμοῦ κομματιῶν, πού παράγονται μαζικά. Ἐπίσης πρέπει, ὅπως καί τά πρότυπα πλακίδια, οἱ ἐλεγκτήρες νά παρουσιάζουν σταθερότητα στίς ὁριακές διαστάσεις, πού ὑλοποιοῦν. Οἱ χαρακτηριστικές αὐτές ιδιότητες τῶν ἐλεγκτῆρων ἐπιτυγχάνονται μέ σειρά καταλλήλων θερμικῶν κατεργασιῶν τοῦ χάλυβα κατασκευῆς τους.

Ἡ ἀκρίβεια κατασκευῆς τῶν ἐλεγκτῆρων λαμβάνεται περίπου δεκαπλάσια ἀπό τήν ἀκρίβεια κατασκευῆς τῶν κομματιῶν, πού πρόκειται νά ἐλέγξουμε μέ αὐτούς.

Γιά ἔντονο καί μακροχρόνιο ἔλεγχο ἀξόνων, οἱ ἐπιφάνειες ἐλέγχου τοῦ ἐλεγκτῆρα μποροῦν νά γίνουν καί σέ σκληρομέταλλο.

Οἱ εἰδικοί ἐλεγκτήρες σχεδιάζονται καί κατασκευάζονται γιά ἄλλου εἶδους ἐλέγχους. Ὡς εἰδικούς ἐλεγκτήρες μποροῦμε νά ἀριθμήσουμε ὅλους τούς ἐλεγκτήρες μορφῆς, τούς ἐλεγκτήρες βάθους, συμμετρίας, ἐπιπεδότητος, ἀποστάσεως ἀνάμεσα σέ τρύπες κ.ἄ., ἀκόμα καί ἀπλούς ἐλεγκτήρες, ὅπως εἶναι οἱ διαμετρητήρες τρυπανιῶν (Μ.Ε., σχ. 13.2στ), τά σπειρόμετρα (Μ.Ε., σχ. 16.1στ) καί ἄλλοι, γιά τούς ὁποίους θά μιλήσουμε στήν παράγραφο 2.7.3.

2.7.2 Ἐλεγκτήρες ὁρίου ἢ ἐλεγκτῆρες μέγιστου-ἐλάχιστου.

Α. Ἡ ἀρχή λειτουργίας τους.

Οἱ ἐλεγκτήρες ὁρίου εἶναι τά κατ' ἐξοχὴν ὄργανα ἐλέγχου τῶν κομματιῶν τῆς μαζικῆς παραγωγῆς καί ἔχουν σημαντικά συνεισφέρει, ἀπό τήν ἀρχή τῆς ἀναπτύξεως της, στήν ἐπίτευξη τῆς ἐναλλαξιμότητας. Εἶναι ἀπλά, γρήγορα καί ἀξιόπιστα μέσα γιά τόν ἔλεγχο ὁριακῶν διαστάσεων, ὅπως ἐξ ἄλλου ἐξηγήσαμε στήν προηγούμενη παράγραφο.

Βέβαια, σέ ὁρισμένες ἐφαρμογές, εἶναι δυνατό οἱ ἐλεγκτήρες ὁρίου νά ἀντικατασταθοῦν ἀπό κατάλληλους συγκριτές μηκῶν (π.χ. ἐπιτραπέζιος συγκριτής μηκῶν, παράγρ. 2.4.3). Οἱ συγκριτές αὐτοί παρουσιάζουν ἀπέναντι στούς ἐλεγκτήρες δύο σημαντικά πλεονεκτήματα: Τό ἓνα εἶναι ὅτι ὁ ἐλεγχος εἶναι πιό ἀξιόπιστος, γιὰ δέ ἔξαρταται τόσο πολύ ἀπό τή δεξιότητα τοῦ τεχνίτη πού ἐκτελεῖ τόν ἔλεγχο, τί δέν ἐξαρτᾶται τόσο πολύ ἀπό τή δυνατότητα, πού μᾶς παρέχεται ἀπό τό συγκριτή μηκῶν, νά παίρνομε ἀριθμητικές τιμές τῶν ἀποκλίσεων ἀπό τήν πρότυπη διάσταση, στήν ὁποία τόν ρυθμίζουμε.

Γιά νά ἐξακριβώσουμε τώρα, ἂν ἡ ὑπό ἔλεγχο διάσταση κεῖται ἀνάμεσα στίς ὁριακές της τιμές, δηλαδή στή μέγιστη καί στήν ἐλάχιστη, χρειάζονται δύο σταθερά μήκη, πού νά ἀντιπροσωπεύουν αὐτές τίς δύο ὁριακές διαστάσεις. Τό ἓνα ἀπό τά μήκη αὐτά (ἡ μία ὁριακή διάσταση) χαρακτηρίζεται ὡς ΠΕΡΝΑ καί τό ἄλλο (ἡ ἄλλη ὁριακή διάσταση) ὡς ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ.

Ἡ διάσταση ΠΕΡΝΑ τοῦ ἐλεγκτήρα εἶναι γιὰ μὲν τὸν ἄξονα ἡ μέγιστη A_{μ} , γιὰ δὲ τὸ τρύμα ἡ ἐλάχιστη B . Ἀντίθετα ἡ διάσταση ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ τοῦ ἐλεγκτήρα ἀντιστοιχεῖ στοῦ ἐλάχιστου τοῦ ἄξονα A_{ϵ} καί στοῦ μέγιστου τοῦ τρύματος B_{μ} (σχ. 2.7α). Ἔτσι π.χ., ἂν ἕνας ἐλεγκτήρας ἁξόνων μὲ ὀριακὴ διάσταση A_{μ} (ἐλεγκτήρας ΠΕΡΝΑ) **δὲν περάσει** ἀπὸ τὸν ἐλεγχόμενον ἄξονα, αὐτὸ ἔχει τὴν ἔννοια ὅτι ὁ ἄξονας ἔχει διάσταση **μεγαλύτερη** ἀπὸ τὴν μέγιστη ἐπιτρεπτή καὶ θὰ πρέπει νὰ χαρακτηρισθεῖ ὡς σκάρτος. Ἄν τώρα ἕνας ἐλεγκτήρας ἐλάχιστου τοῦ τρύματος B_{ϵ} (ἐλεγκτήρας ΠΕΡΝΑ) **δὲν περάσει** ἀπὸ τὸ πρὸς ἔλεγχου τρύμα, τότε αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὸ τρύμα ἔχει διάσταση μικρότερη ἀπὸ τὴν ἐπιτρεπόμενη ἐλάχιστη ὀριακὴ καὶ συνεπῶς θὰ πρέπει νὰ μὴ γίνεῃ ἀποδεκτό. Μὲ παρόμοιο τρόπο, ἂν ἐλεγκτήρας A_{ϵ} (ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ) **περάσει** ἀπὸ τὸν ἐπιθεωρούμενον ἄξονα ἡ ἄλλος ἐλεγκτήρας B_{μ} (ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ) **περάσει** ἀπὸ τὸ τρύμα, τότε αὐτὸ θὰ σημαίνει ὅτι ὁ ἄξονας ἔχει διάσταση μικρότερη ἀπὸ τὴν ὀριακὴ A_{ϵ} καὶ τὸ τρύμα μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν μέγιστη ὀριακὴ B_{μ} , ἄρα καὶ ὁ ἄξονας καὶ τὸ τρύμα θὰ πρέπει νὰ ἀπορριφθοῦν στὶς ἀντίστοιχες περιπτώσεις.

B. Εἶδη ἐλεγκτῆρων ὀρίου.

Οἱ ἐλεγκτῆρες ὀρίου κατατάσσονται στοὺς **ἐλεγκτῆρες ἁξόνων** (σχ. 2.7β) καὶ στοὺς **ἐλεγκτῆρες τρυμάτων** (σχ. 2.7δ).

Σὲ κάθε ἐλεγκτῆρα χαράσσονται ἢ ἐγγράφονται μὲ κάποιο μέσο τὰ ἀκόλουθα χαρακτηριστικά του στοιχεῖα: Ἡ ὀνομαστικὴ διάσταση ποὺ ἐλέγχει σέ mm, ἡ κατηγορία καὶ ἡ ποιότητα κατασκευῆς τοῦ ὑπὸ ἔλεγχου κομματιοῦ [π.χ. 30H7, σχ. 2.7δ(γ) ἢ 27H6, σχ. 2.7β(α)] καὶ τὸ ἓνα ἢ καὶ τὰ δύο, ὅρια ἀνοχῆς σέ μm [π.χ. 0 ἢ +21, σχ. 2.7δ(α) ἢ 0, -13, σχ. 2.7β(α)]. Μποροῦν ἀκόμα νὰ ἀναγραφοῦν ἐνδείξεις ὡς ΠΕΡΝΑ, ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ, ὅπως καὶ οἱ ἡμερομηνίες τῶν περιοδικῶν ἐλέγχων, στοὺς ὁποίους ὑποβάλλονται.

1. Ἐλεγκτῆρες ἁξόνων.

Κατασκευάζονται ὡς σταθεροὶ γιὰ ὀνομαστικές διαμέτρους μέχρι 100 mm εἴτε σὲ σχῆμα διπλοῦ πετάλου (ἀμφίπλευροι) [σχ. 2.7β(α)] εἴτε ἀπλοῦ πετάλου διπλοῦ (μονόπλευροι), δηλαδή μὲ δυνατότητα ἐλέγχου καὶ τῶν δύο ὀριακῶν διαστάσεων [σχ. 2.7β(β)]. Γιὰ ὀνομαστικές διαμέτρους μεγαλύτερες ἀπὸ 100 mm χρησιμοποιοῦνται ζεύγη ἀπὸ μονοῦς πεταλοειδεῖς ἐλεγκτῆρες [σχ. 2.7β(γ)], ὅπου ὁ κάθε ἐλεγκτῆρας ἐλέγχει τὴν μίαν ἀπὸ τὶς δύο ὀριακές διαστάσεις. Ὑπάρχουν ἀκόμα καὶ ζεύγη ἀπὸ δακτυλοειδεῖς ἐλεγκτῆρες [σχ. 2.7β(δ)] ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὸν ἔλεγχου μικρῶν σχετικὰ διαμέτρων.

Οἱ διπλοὶ ἐλεγκτῆρες ἀπλοῦ πετάλου κατασκευάζονται καὶ ὡς ρυθμιζόμενοι (σχ. 2.7γ) σὲ τρεῖς κυρίως μορφές, ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος τῶν ἐπαφῶν. Ρυθμιζοῦνται μὲ τὴ βοήθεια προτύπων πλακιδίων ἢ ἄλλων προτύπων μηχανῶν.

2. Ἐλεγκτῆρες τρυμάτων.

Τοὺς ἀπαντοῦμε εἴτε ὡς **κυλινδρικούς** [2.7δ(α),(β)] εἴτε ὡς **πεπλατυσμένους** [σχ. 2.7δ(γ),(δ),(ε)]. Οἱ κυλινδρικοὶ κατασκευάζονται εἴτε σὲ ζεύγη [ὁ κάθε ἐλεγκτῆρας τοῦ ζεύγους ἐλέγχει τὴν μίαν ἀπὸ τὶς δύο ὀριακές διαστάσεις, σχ. 2.7δ(α)] εἴ-

τε ενσωματωμένοι σέ ένα κομμάτι [σχ. 2.7δ(β)]. Οι πεπλατυσμένοι έχουν μόνο δύο αντιδιαμετρικά τμήματα κυλινδρικά [σχ. 2.7δ(γ)] και μπορούμε νά τούς συναντήσουμε ως αμφίπλευρους [σχ. 2.7δ(γ)], γιά όνομαστικές διαστάσεις μέχρι 100 mm, και ως μονόπλευρους [σχ. 2.7δ(δ)] ή ως μονούς [σχ. 2.7δ(ε)] γιά μεγαλύτερες διαστάσεις.

Γ. Χρήση τών έλεγκτήρων όρίου.

Ό έλεγχος τών κομματιών μέ έλεγκτήρες, παρόλο πού είναι άπλός και σχετικά εύκολος, έν τούτοις πρέπει νά γίνεται από εξειδικευμένο και εύσυνείδητο προσωπικό. Ό έλεγχος χρειάζεται λεπτούς και προσεκτικούς χειρισμούς.

Υπογραμμίζουμε τά ακόλουθα σημεία, πού θεωρούμε χρήσιμα γιά τήν επιτυχή διεξαγωγή του έλέγχου κομματιών μέ έλεγκτήρες όρίου:

α) Προτού άρχίσουμε τόν έλεγχο, θά πρέπει νά βεβαιωθούμε ότι έλεγκτήρας και κομμάτια είναι άπόλυτα καθαρά. Ίδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά τόν έλεγχο τών όπών, πού έχουν γίνει μέ τρυπάνισμα. Πρέπει νά αφαιρούμε τίς παραμένουσες σκληρές άνωμαλίες μετά τήν κατεργασία, γιατί μπορούν νά προκαλέσουν ύπερβολική φθορά στόν έλεγκτήρα.

β) Τόν έλεγκτήρα πρέπει νά τόν κρατούμε πάντοτε μέ τό χέρι μας και μάλιστα κατά τόν πρόποντα, γιά κάθε περίπτωση έλέγχου, τρόπο (σχ. 2.7ε). Ποτέ νά μήν τόν στερεώνουμε σέ μέγγενη ή νά τόν κρατούμε μέ άλλου είδους σφιγκτήρα ή μέ κλειδί. Γιά άξιόπιστη διεξαγωγή του έλέγχου είναι άναγκαία ή **αίσθηση**, πού παίρνει ό τεχνίτης κρατώντας τόν έλεγκτήρα μέ τό χέρι του.

γ) Σέ κυλινδρικά κομμάτια ό έλεγχος δέν γίνεται κατά μία μόνο διάμετρο, αλλά κατά τρεῖς τουλάχιστο διαμέτρους σέ μία και τήν αὐτή διατομή.

δ) Σέ επιμήκη κομμάτια ό έλεγχος πρέπει νά γίνεται σέ περισσότερες θέσεις κατά μήκος του κομματιού.

ε) Σέ μή κυλινδρικά κομμάτια δέν πρέπει νά υπάρχει κλίση στόν έλεγκτήρα [σχ. 2.7ε(β)].

στ) Σέ κυλινδρικά κομμάτια καλό είναι νά έρχεται σέ έπαφή πρώτα ή μία πλευρά του ράμφους του έλεγκτήρα και κατόπιν ή άλλη [σχ. 2.7ε(γ)].

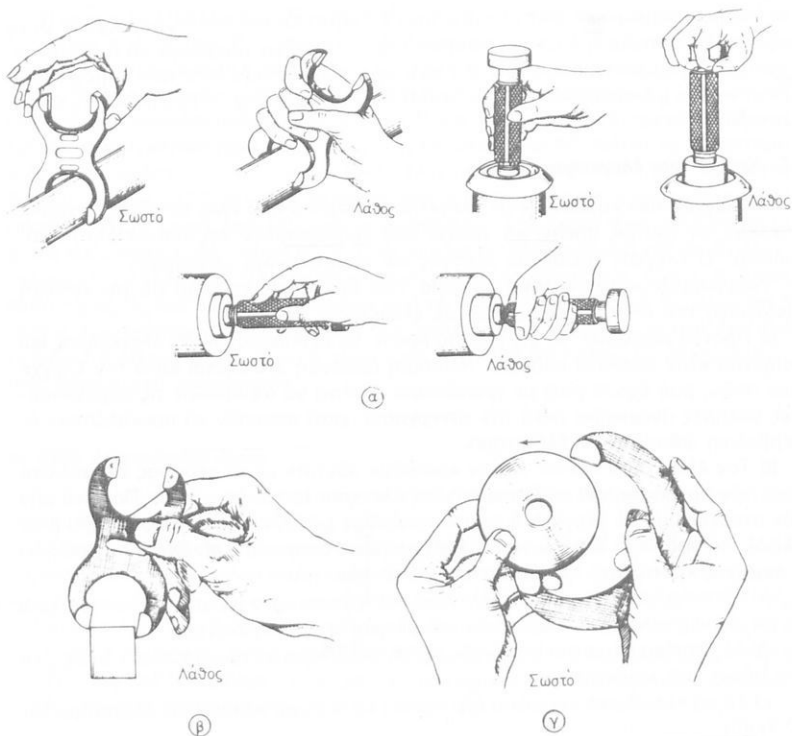
Δ. Φροντίδες τών έλεγκτήρων.

α) Γιά κάθε σειρά από έλεγκτήρες καλό θά είναι νά υπάρχει ξύλινο κιβώτιο μέ κατάλληλες θήκες, στίς όποιες νά τοποθετούνται οι έλεγκτήρες μετά τή χρήση τους, άφού προηγουμένως καθαρισθούν σχολαστικά και έπαλειφθούν μέ λεπτό στρώμα βαζελίνης χωρίς όξυτητα.

β) Κάθε έλεγκτήρας, έστω και άν δέν χρησιμοποιείται, πρέπει περιοδικά νά διακριβώνεται μέ άντελεγκτήρα ή μέ τή βοήθεια προτύπων πλακιδίων και κατάλληλου συγκριτή μηχανών.

2.7.3 Μερικοί χρήσιμοι άπλοι είδικοί έλεγκτήρες.

Έκτός από τούς διαμετρητήρες τρυπανιών και τά σπειρόμετρα (παράγρ. 2.7.1), υπάρχουν και άλλοι χρήσιμοι άπλοι είδικοί έλεγκτήρες, μερικούς από τούς όποιους θά αναφέρουμε μέ συντομία παρακάτω.



Σχ. 2.7ε.

Χρήση των έλεγκτήρων μέγιστου-ελάχιστου.



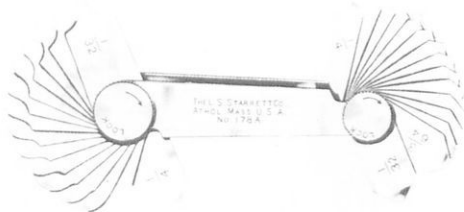
Σχ. 2.7στ.

Τό όπόμετρο.

α) Τό **άπόμετρο** (σχ. 2.7στ). Είνα κόλουρος κώνος μέ προτυποποιημένη κλίση. Χρησιμοποιείται κυρίως γιά τή μέτρηση όπών μικρού μεγέθους. Μās δίνει μικρή άκρίβεια στίς μετρήσεις.

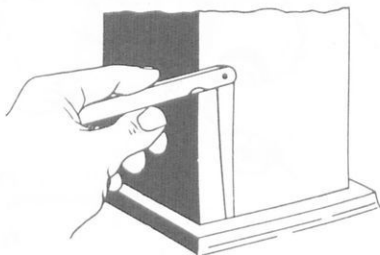
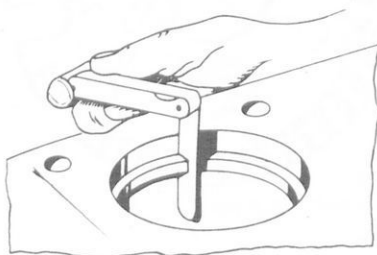
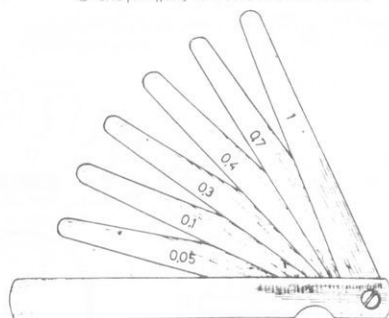
β) Οι **μετρητικές βελόνες** (σχ. 2.7ζ). Χρησιμοποιούνται γιά τόν έλεγχο μικρών ό-
πών.

γ) Οι **έλεγκτήρες συρμάτων** (σχ. 2.7η). Έφαρμόζονται στόν έλεγχο τής διαμέ-
τρου συρμάτων. Οι άριθμοί (άπό 1 έως 36) άναφέρονται στά προτυποποιημένα



Σχ. 2.70.

Ο έλεγκτήρας ακτίνας καμπυλότητας.



Σχ. 2.71.

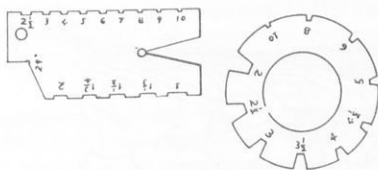
Οι μετρητικές λεπίδες ή λαμάκια (φίλλερ) και ο τρόπος χρήσέως τους.

πάχη (π.χ. σε 20 λεπίδες με πάχη από 0,05 mm μέχρι 1mm). Κυκλοφορούν όμως και σε άπλες λεπίδες. Είναι δυνατό να συνθέτουμε και πάχη, που δεν δίνονται από τις μετρητικές λεπίδες της σειράς, με συνδυασμούς από τις λεπίδες αυτές.

στ) Οι **έλεγκτρες για έργαλεία σπειροτομής** (σχ. 2.71α). Είναι έλεγκτρες μορφής, με τούς οποίους έλέγχουμε τά έργαλεία για κατασκευή προτυποποιημένων σπειρωμάτων στον τόρνο.

2.7.4 Έρωτήσεις.

1. Σε τί χρησιμεύουν οι έλεγκτρες όριου;
2. Ποιά είναι ή άρχή έργασίας τών έλεγκτρών όριου;
3. Ποιά είναι ή διάσταση ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ ενός έλεγκτρά για τόν άξονα και για τό τρύμα;



Σχ. 2.71α.

Ο έλεγκτήρας έργαλείων σπειροτομήσεως. Οι αριθμοί παριστάνουν τό βήμα τοῦ σπειρώματος σέ σπειρώματα ανά ίντσα.

4. Γιατί ή διάσταση ΠΕΡΝΑ ενός τρύματος είναι ή ελάχιστη όριακή διάσταση τοῦ τρύματος B_e ;
5. Πόσων ειδῶν έλεγκτήρες όρίου έχομε καί σέ ποιές μορφές συνήθως συναντοῦμε τό κάθε είδος;
6. Άπό τί ὑλικό κατασκευάζονται οἱ έλεγκτήρες καί ποιές θά πρέπει νά είναι οἱ χαρακτηριστικές τους ιδιότητες;
7. Νά δώσετε τρεῖς χρήσιμες συμβουλές γιά τήν έκτέλεση τοῦ ελέγχου μέ έλεγκτήρες όρίου.
8. Νά ἀναφέρετέ τρεῖς, ὁποίους θέλετε, ἀπό τούς ἀπλούς είδικούς έλεγκτήρες καί νά δώσετε στοιχεῖα γιά τίς ἐφαρμογές τους.

2.8 Έλεγχος καί μέτρηση τῆς τραχύτητας ἐπιφάνειας.

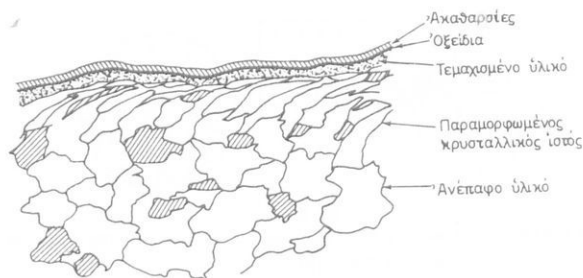
2.8.1 Γενικά.

Στίς ποικίλες μηχανουργικές κατασκευές συναντᾶμε συχνά μεταλλικές ἐπιφάνειες (τίς ὀνομάζομε τεχνικές ἐπιφάνειες) πού συνεργάζονται, ὅπως π.χ. σέ μία ἄτραπεζο με τά ἑδράνα της, στό ἐργαλειοφορεῖο μέ τούς ὀλισθητήρες μιᾶς ἐργαλειομηχανῆς, στά ἐλατήρια τοῦ ἐμβόλου μέ τόν κύλινδρο σέ μία μηχανή ἐσωτερικῆς καύσεως κ.ἄ. Ἡ **ποιότητα** τῶν ἐπιφανειῶν αὐτῶν συντείνει ἀποφασιστικά στήν ἀποτελεσματική λειτουργία καί στήν ἀσφάλεια ἐργασίας τῶν συναφῶν κομματιῶν.

Λέγοντας ποιότητα ἐπιφάνειας ἐννοοῦμε στό σύνολό τους, τόσο τά γεωμετρικά ὅσο καί τά φυσικά, χημικά καί κρυσταλλογραφικά χαρακτηριστικά μιᾶς ὁποιασδήποτε **κατεργασμένης ἐπιφάνειας**. Κατεργασμένη ἐπιφάνεια είναι ἐκείνη, πού σχηματίζεται ἀπό τό κοπτικό ἐργαλεῖο μέ κάποια ἀπό τίς γνωστές μας κατεργασίες κοπῆς (παράγρ. 4.1) ἢ κατεργασίες διαμορφώσεως (Μ.Ε. σελ. 222, σχ. 17.1, παρ. 18.1).

Ἡ ποιότητα μιᾶς κατεργασμένης ἐπιφάνειας ἐξαρτᾶται ἀπό τήν κατεργασία, ἀπό τήν ὁποία προέρχεται. Ἡ κατεργασία δέν προσδίδει μόνο τή χαρακτηριστική γεωμετρική μορφή στήν ἐπιφάνεια, ἀλλά ἐπιδρά καί στήν ἐπιφανειακή στοιβάδα προξενώντας διάφορες ἀλλαγές στό ὑλικό, τίς ὁποῖες μπορούμε νά ἀποδώσουμε σέ μηχανικές ἐπιδράσεις, σέ χημικές ἀντιδράσεις ἢ σέ κρυσταλλογραφικούς μετασχηματισμούς. Στό σχῆμα 2.8α εἰκονίζεται κάθετη τομή μιᾶς κατεργασμένης μέ κοπή ἐπιφάνειας, ὅπου ἡ ἐπιρροή τῆς κατεργασίας, πέρα ἀπό τή γεωμετρική μορφή τῆς ἐπιφάνειας, παρουσιάζεται ἐμφανῆς στό ὑλικό μέ τή δημιουργία ἐπαλλήλων κατά βάθος διαφορετικῆς φύσεως στρωμάτων.

Ἡ **τραχύτητα ἐπιφάνειας**, μέ τήν ὁποία θά ἀσχοληθοῦμε ἐδῶ, ἀνήκει στά γεωμετρικά χαρακτηριστικά τῆς τεχνικῆς ἐπιφάνειας.



Σχ. 2.8α.

Κάθετη τομή μιάς κατεργασμένης με κοπή επιφάνειας.

Μιά κατεργασμένη επιφάνεια παρουσιάζει γενικά αποκλίσεις από τη θεωρητική μορφή της (ή από τη λεγόμενη **όνομαστική επιφάνεια**, της οποίας η μορφή και οι διαστάσεις δίνονται στο κατασκευαστικό σχέδιο του κομματιού), οι οποίες μπορούν να καταταγούν στις κατηγορίες, που φαίνονται στο σχήμα 2.8β. Έδω ως όνο-

Αποκλίσεις πρώτης τάξεως ή αποκλίσεις μορφής:



Αποκλίσεις δεύτερης τάξεως:



Αποκλίσεις τρίτης τάξεως:



Αποκλίσεις τέταρτης τάξεως:



Κατεργασμένη επιφάνεια (Υπερδότη των αποκλίσεων πρώτης μέχρι τέταρτης τάξεως)



Σχ. 2.8β.

Κατηγορίες αποκλίσεων μιάς κατεργασμένης επιφάνειας από την ονομαστική επιφάνεια.

μαστική επιφάνεια θεωρείται ή επίπεδη επιφάνεια, τὰ ἴδια ὅμως ἰσχύουν καί γιά ἄλλες μορφές επιφάνειας ἀπό αὐτές, πού ἀπαντοῦμε στίς μηχανουργικές κατασκευές.

Θά ἔχομε ἔτσι:

– **‘Αποκλίσεις πρώτης τάξεως.** Εἶναι μακρογεωμετρικές ἀποκλίσεις ἀπό τήν ὀνομαστική επιφάνεια (πχ. ἀποκλίσεις ἀπό ἐπιπεδότητα, παραλληλότητα, καθετότητα, κυλινδρικότητα κλπ). Τίς ὀνομάζομε καί **ἀποκλίσεις μορφῆς.** Ὅφειλονται σέ σφάλματα στούς ὀλισθητήρες τῆς ἐργαλειομηχανῆς, σέ σοβαρές παραμορφώσεις τῆς ἐργαλειομηχανῆς, τοῦ ἐργαλείου ἢ τοῦ κομματιοῦ, σέ κακή στήριξη τοῦ κομματιοῦ ἢ τοῦ ἐργαλείου κλπ.

– **‘Αποκλίσεις δεύτερης τάξεως.** Ἀναφέρονται στίς κυματώσεις τῆς επιφάνειας μέ μεγάλη σχετικά περίοδο, οἱ ὁποῖες μποροῦν νά ἀποδοθοῦν σέ ἐκκεντρότητα τοῦ κομματιοῦ ἢ τοῦ ἐργαλείου, σέ ταλαντώσεις κλπ.

– **‘Αποκλίσεις τρίτης τάξεως.** Εἶναι ἀνωμαλίες τῆς επιφάνειας συνήθως ὑπό μορφή αὐλακώσεων, πού ὀφείλονται στή μορφή τῶν ἐργαλείων καί στήν κινηματική τῶν κατεργασιῶν.

– **‘Αποκλίσεις τέταρτης τάξεως.** Εἶναι μικρογεωμετρικές ἀνωμαλίες τῆς επιφάνειας, οἱ ὁποῖες ὀφείλονται σέ ἀτέλειες στήν τρύχιση τοῦ ἐργαλείου, στή φθορά τοῦ ἐργαλείου, στήν ψευδόκοψη κ.ἄ.

– **‘Αποκλίσεις πέμπτης καί ἀνώτερης τάξεως.** Εἶναι ἀνωμαλίες τῆς επιφάνειας, μικρογεωμετρικῆς βέβαια μορφῆς, τίς ὁποῖες μποροῦμε νά ἀποδώσομε σέ χημικές ἐπιδράσεις, σέ μεταβολές στόν κρυσταλλικό ἰστό τοῦ μετάλλου καί σέ ἄλλες αἰτίες.

Οἱ ἀποκλίσεις τρίτης καί ἀνώτερης τάξεως, ἀναφερόμενες στή μικρομορφή τῆς επιφάνειας, συνιστοῦν ὅ,τι ὀνομάζομε «τραχύτητα επιφάνειας».

Τίς ἀπαιτήσεις τῶν συγχρόνων μηχανουργικῶν κατασκευῶν σέ ὅ,τι ἀφορᾷ τήν τραχύτητα συναρμοζόμενων ἐπιφανειῶν εἶναι δυνατό νά τίς συνοψίσομε στά παρακάτω τρία σημεῖα:

α) Στόν προσδιορισμό τοῦ βαθμοῦ τῆς τραχύτητας επιφάνειας, πού ἀπαιτεῖται γιά κάθε δοσμένη ἐφαρμογή.

β) Στή γνώση τοῦ βαθμοῦ τῆς τραχύτητας, τόν ὁποῖο μποροῦν νά ἀποδώσουν, μέ συμφέρον κόστος, οἱ χρησιμοποιούμενες στήν πράξη κατεργασίες κοπῆς (ἢ διαμορφώσεως).

γ) Στήν προτυποποίηση χαρακτηριστικῶν μεγεθῶν τῆς τραχύτητας, ὅπως καί μεθόδων καί συναφῶν ὀργάνων γιά τή μέτρηση ἢ τόν ἐλεγχό τῶν μεγεθῶν αὐτῶν. Ἐδῶ θά πρέπει νά τονίσομε ὅτι ἡ μηχανουργική παραγωγή ἔχει ἀνάγκη ἀπλῶν καί φθηνῶν ὀργάνων μετρήσεως. Αὐτό ὅμως δυστυχῶς δέν ἔχει μέχρι τώρα ἐπιτευχθεῖ [παράγρ. 2.8.3(Α)].

Ἡ τραχύτητα τῶν τεχνικῶν ἐπιφανειῶν ἀσκεῖ ἐπίδραση:

Στίς συνθηκές ἐπαφῆς ἀνάμεσα σέ συναρμοζόμενες ἐπιφάνειες (συντελεστής τριβῆς, χαρακτηριστικά λιπάνσεως, φθορά κλπ.).

- Στήν ἀντοχή σέ κόπωση τῶν μετάλλων.
- Στήν κατάσταση ροῆς ρευστῶν κατά μήκος τοιχωμάτων.
- Στούς συντελεστές μεταδόσεως θερμότητας.
- Στήν ἀντίσταση σέ διάβρωση.
- Στήν ἐμφάνιση κλπ.

2.8.2 Προτυποποίηση της τραχύτητας επιφάνειας.

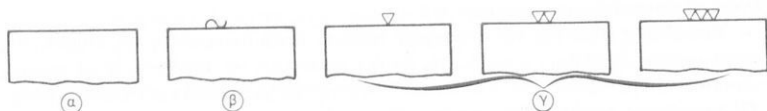
Α. Τά συστήματα προτυποποιήσεως.

1. Τό άπλό σύστημα μέ άναστραμμένα τρίγωνα (▽).

Είται τό πρώτο σύστημα προτυποποιήσεως της τραχύτητας επιφάνειας, πού άναπτύχθηκε στην Εύρώπη. Σήμερα χρησιμοποιείται άκόμα σέ μερικές χῶρες, άνάμεσα στις όποίες συγκαταλέγεται καί ή Έλλάδα.

Κατά τό σύστημα αυτό (DIN 140, φύλλο 2 του έτους 1931) στό κατασκευαστικό σχέδιο, καί συγκεκριμένα στις επιφάνειες, γιά τίς όποίες επιθυμούμε χαρακτηρισμό του βαθμού της τραχύτητάς τους, άναγράφομε μόνο τό γνωστό μας συμβολισμό μέ τά άναστραμμένα τρίγωνα (▽ , ▽▽ , ▽▽▽ , σχ. 2.8γ), χωρίς νά προβλέπεται όποιοσδήποτε τρόπος μετρήσεως της τραχύτητας.

Μέ νεώτερη προδιαγραφή (DIN 3141 του έτους 1960) ό συμβολισμός των άναστραμμένων τριγώνων συσχετίζεται μέ τό αντίστοιχο επιτρεπόμενο μέγιστο ύψος της τραχύτητας, όπως θά δούμε στην παράγραφο 2.8.2 (Β)(3).



Σχ. 2.8γ.

Συμβολισμός της τραχύτητας επιφάνειας μέ τά άναστραμμένα τρίγωνα: (α) Έπιφάνεια πού δέν έχει κατεργασθεί μέ κοπή. Παραμένει χωρίς σύμβολο τραχύτητας. (β) Έπιφάνεια, όπως ή προηγούμενη, αλλά κατεργασμένη πιά έπιμελημένα. (γ) Έπιφάνειες κατεργασμένες μέ κοπή καί μέ τραχύτητα επιφάνειας, πού καλυτερεύει καθώς πηγαίνομε από τό σύμβολο ▽ στό ▽▽▽.

2. Τό σύστημα Κεντρικής Γραμμής ή σύστημα «Μ».

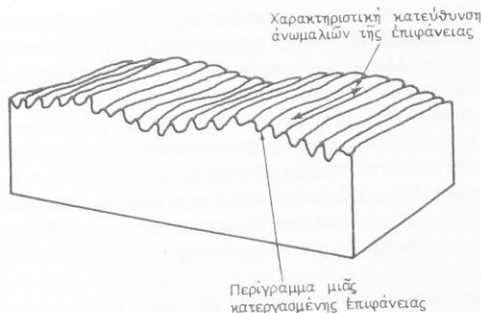
Πρίν νά μιλήσομε γιά τό σύστημα αυτό, όπως καί γιά τό επόμενο, θεωρούμε σκόπιμο νά δώσομε τους εξής τρεις όρισμούς:

— **Περίγραμμα επιφάνειας.** Είται ή μορφή, την οποία μās παρουσιάζει μία καθορισμένη τομή της θεωρούμενης επιφάνειας μέ ένα κάθετο πρός αυτήν επίπεδο.

— **Όνομαστικό περίγραμμα επιφάνειας.** Είται τό θεωρητικό περίγραμμα της επιφάνειας χωρίς τίς διάφορες άνωμαλίες (μακρογεωμετρικές ή μικρογεωμετρικές, παράγρ. 2.8.1).

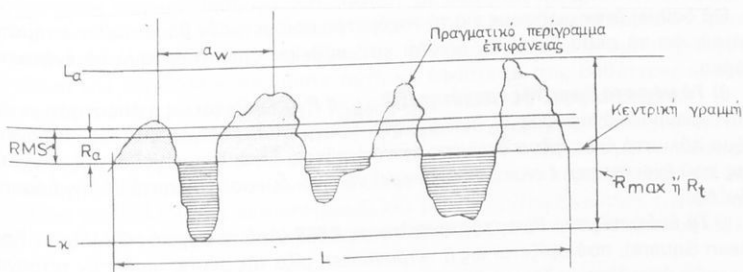
— **Πραγματικό περίγραμμα επιφάνειας** (σχ. 2.8ε). Είται ή παράσταση του περιγράμματος της κατεργασμένης επιφάνειας, όπως μās τό άποδίδουν διάφορα όργανα [π.χ. τό καταγραφικό ενός τραχυμέτρου μέ στυλίσκο, παράγρ. 2.8.3(Β)].

Καί τά δύο, δηλαδή τό πραγματικό καί τό όνομαστικό περίγραμμα, τά παίρνομε σέ επίπεδο κάθετο πρός την κατεύθυνση των χαρακτηριστικών άνωμαλιών της επιφάνειας (σχ. 2.8δ). Οι άνωμαλίες αυτές, γιά τίς κατεργασίες κοπής, είναι τά ίχνη του κοπτικού έργαλείου επάνω στην κατεργασμένη επιφάνεια. Τό πραγματικό (καί τό όνομαστικό) π.χ. περίγραμμα μιας κυλινδρικής επιφάνειας κατεργασμένης μέ



Σχ. 2.86.

Ἡ ὕψὴ μιάς ἐπιφάνειας κατεργασμένης μέ κοπή.



Σχ. 2.8ε.

Χαρακτηριστικά στοιχεία τῆς τραχύτητας ἐπιφάνειας κατὰ τὸ σύστημα Κεντρικῆς Γραμμῆς (M).

τόρνευση λαμβάνεται σέ ἓνα ἐπίπεδο, πού νά περιέχει τόν ἀξονα τοῦ κομματιοῦ.

Παρακάτω θά μιλήσουμε γιά τὸ σύστημα Κεντρικῆς Γραμμῆς καί θά ὀρίσουμε τὰ σχετικά βασικά μεγέθη τῆς τραχύτητας ἐπιφάνειας.

Κατὰ τὸ σύστημα αὐτό σύρομε (σχ. 2.8ε) στό πραγματικό περίγραμμα τῆς ἐπιφάνειας τήν καλούμενη **κεντρική γραμμή** ἔτσι, ὥστε ἡ γραμμή αὐτή νά ἰσομοιράζει ἐπάνω καί κάτω τῆς ἐμβαδὰ (τά περιεχόμενα ἀνάμεσα στό πραγματικό περίγραμμα καί στήν κεντρική γραμμή), μέσα ὅμως σέ καθορισμένο μήκος L , τὸ ὁποῖο καλούμε **δειγματοληπτικό μήκος**. Ἡ κεντρική αὐτή γραμμή, στά τραχύμετρα μέ στυλίσκο, πού μετροῦν τήν τραχύτητα σύμφωνα μέ τὸ σύστημα τοῦτο, ὑλοποιεῖται μηχανικά μέ ἓνα εἰδικό πέδιλο [σχ. 2.8ιδ(α)].

Παράλληλα τώρα πρὸς τήν κεντρική γραμμή, φέρονται δύο εὐθεῖες ἀναφορᾶς, ἀπὸ τίς ὁποῖες ἡ ἀνώτερη L_a ἐφάπτεται στήν ψηλότερη μέσα στό δειγματοληπτικό μήκος κορυφή, ἐνῶ ἡ κατώτερη L_k ἐφάπτεται στή βαθύτερη ἐσοχή.

Γιὰ νά καθορισθεῖ μέ πληρότητα ἡ γεωμετρικὴ μορφή μιάς ἐπιφάνειας, ὅπως μᾶς τὴν παρουσιάζει τὸ πραγματικό περίγραμμά της, χρειάζονται πολλὰ μεγέθη.

πού μπορούν να μετρηθούν είτε κατά βάθος, δηλαδή κάθετα προς την κεντρική γραμμή, είτε κατά μήκος της, όπως και διάφοροι δείκτες, οι οποίοι δίνονται ως λόγοι τέτοιων μεγεθών. Μάλιστα, σύμφωνα με ισχύουσες προδιαγραφές τραχύτητας επιφάνειας, προβλέπεται πληθώρα από τέτοια μεγέθη και δείκτες. Αυτό όμως περιπλέκει και δυσκολεύει τις μετρήσεις στην παραγωγή και άκόμα τα κατάλληλα για μετρήσεις πολλών τέτοιων χαρακτηριστικών στοιχείων της τραχύτητας όργανα είναι πανάκριβα. Έτσι για πρακτικούς λόγους έχουν επιλεγεί ένα ή δύο βασικά μεγέθη της τραχύτητας, όπως θα δούμε άμέσως παρακάτω, τα οποία, συνδυαζόμενα και με το είδος της κατεργασίας από την οποία προέρχεται ή επιφάνεια, θεωρούνται ικανοποιητικά στην πράξη για το χαρακτηρισμό της τραχύτητας τεχνικών επιφανειών.

Τέτοια βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη της τραχύτητας στο σύστημα Κεντρικής Γραμμής είναι:

α) **Τό μέσο ύψος της τραχύτητας R_a** , που ορίζεται από την αριθμητική μέση τιμή των αποκλίσεων όλων των σημείων του πραγματικού περιγράμματος από την κεντρική γραμμή μέσα στο καθορισμένο δειγματοληπτικό μήκος (όλες οι αποκλίσεις παίρνονται θετικές).

Θά δούμε, όταν μιλήσουμε για τα ταχύμετρα που μετρούν βάσει του συστήματος αυτού, ότι το μέσο ύψος R_a δίνεται κατ' ευθείαν από το όργανο σε ένδεικτική πλάκα.

β) **Τό μέγιστο ύψος της τραχύτητας R_{max} ή R_t** . Ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ των γραμμών αναφοράς L_a και L_k στο πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας μέσα πάλι στο έκλεγμένο δειγματοληπτικό μήκος. Είναι ένα μέγεθος της τραχύτητας, που έχει φυσική έννοια, γιατί μπορεί να γίνει άμεσα αντιληπτό με την όραση ή την αφή.

γ) **Τό ένδεικνύμενο ύψος της τραχύτητας RMS** (από τα αρχικά των λέξεων Root Mean Square), που ορίζεται ως η τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής των τετραγώνων των αποκλίσεων όλων των σημείων του πραγματικού περιγράμματος από την κεντρική γραμμή.

Η τιμή αυτή της τραχύτητας ίσχυε στις ΗΠΑ μέχρι το έτος 1955, όποτε αντικαταστάθηκε από το μέσο ύψος της R_a .

Η τιμή RMS προκύπτει συνήθως κατά 10% περίπου μεγαλύτερη από το μέσο ύψος R_a .

3. Τό σύστημα περιβάλλουσας ή σύστημα «Ε».

Κατά το σύστημα αυτό, τα χαρακτηριστικά στοιχεία της τραχύτητας ορίζονται με βάση την **περιβάλλουσα** του πραγματικού περιγράμματος της επιφάνειας, όπως θα εξηγήσουμε εύθυσ άμέσως.

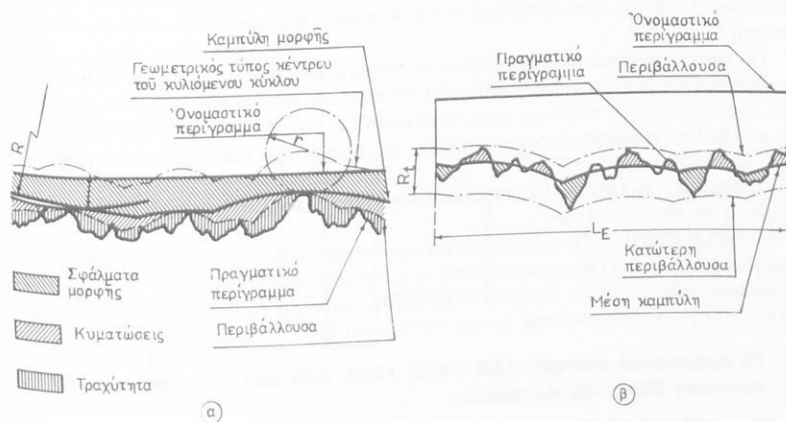
Ένας κύκλος [σχ. 2.8στ(α)] με ακτίνα $R = 250$ mm κυλίνεται επάνω στο πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας με κατεύθυνση συνήθως κάθετη προς τις χαρακτηριστικές της ανωμαλίες. Ό γεωμετρικός τόπος του κέντρου του κυλιόμενου αυτού κύκλου, αν μεταφερθεί παράλληλα στον εαυτό του στο επίπεδο του πραγματικού περιγράμματος, ώστε να εφάπτεται στις ψηλότερες κορυφές του περιγράμματος, αποτελεί τη λεγόμενη **καμπύλη μορφής** της επιφάνειας. Κατά τον ίδιο τρόπο, άλλος κύκλος με πολύ μικρότερη ακτίνα ($r = 25$ mm) κυλίνεται και αυτός έ-

πάνω στο πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας. Ο γεωμετρικός τόπος, τόν οποίο διαγράφει το κέντρο του κύκλου αυτού παράλληλα μετατιθέμενος, όπως και προηγουμένως, ώστε να εφάπτεται στα ανώτερα έπαρματα του περιγράμματος, μᾶς δίνει ὅ,τι ὀνομάζουμε **περιβάλλουσα** τῆς ἐπιφάνειας.

Μέ το σύστημα αὐτό τῶν δύο κυλιόμενων κύκλων, μέ διαφορετικές ὁμως ἀκτί- νες (ἡ μεγαλύτερη εἶναι δεκαπλάσιο τῆς μικρότερης), μπορούμε εὐκολά νά διαχω- ρίσουμε τίς διάφορες ἀποκλίσεις τῆς πραγματικῆς ἐπιφάνειας ἀπό τήν ὀνομαστική ἐ- πιφάνεια (σχ. 2.8α). Ἔτσι λοιπόν [σχ. 2.8στ(α)] ἀνάμεσα στό ὀνομαστικό πε- ρίγραμμα καί στήν καμπύλη μορφῆς τῆς ἐπιφάνειας διακρίνουμε σφάλμα μορφῆς (ἀ- ποκλίσεις πρώτης τάξεως) μεταξύ καμπύλης μορφῆς καί περιβάλλουσας κείνται κυ- ματώσεις (ἀποκλίσεις δεύτερης τάξεως), ἐνῶ ἀνάμεσα στήν περιβάλλουσα καί στό πραγματικό περίγραμμα συναντοῦμε τήν τραχύτητα (ἀποκλίσεις τρίτης καί ἀνώτε- ρης τάξεως).

Ἐάν τώρα ἡ περιβάλλουσα μετατεθεῖ παράλληλα πρὸς τόν ἑαυτό της, στό ἐπί- πεδο τοῦ πραγματικοῦ περιγράμματος τῆς ἐπιφάνειας, εἶναι δυνατό νά πάρει τή θέ- ση τῆς **μέσης καμπύλης** [σχ. 2.8στ(β)]. Ἡ θέση αὐτή καθορίζεται, ὅπως καί ἡ θέση τῆς κεντρικῆς γραμμῆς [παράγρ. 2.8.2(Α)(2)], μέ βάση τήν ἰσότητα τῶν ἐπάνω καί κάτω ἀπό τή μέση καμπύλη καί μέχρι τό πραγματικό περίγραμμα ἑμβαδῶν, μέσα σέ καθορισμένο δειγματοληπτικό μήκος L_E . Μέ πρὸς τὰ κάτω ἀκόμα παράλληλη τοῦ περιγράμματος, λαμβάνουμε τήν καλούμενη **κατώτερη περιβάλλουσα**.

Καί κατὰ τό σύστημα περιβάλλουσας μπορούμε νά ὀρίσουμε χαρακτηριστικά με- γέθη τῆς τραχύτητας παρόμοια μέ ἐκεῖνα, πού ὀρίσαμε σύμφωνα μέ τό σύστημα Κεντρικῆς Γραμμῆς ἀντιστοιχίζοντας τή μέση καμπύλη, τήν περιβάλλουσα καί τήν κατώτερη περιβάλλουσα τοῦ συστήματος «Ε» μέ τήν κεντρική γραμμή, τήν ἀνωτε- ρη καί τήν κατώτερη γραμμή ἀναφορᾶς [σχ. 2.8στ(β), 2.8ε] τοῦ συστήματος «Μ».



Σχ. 2.8στ.

Χαρακτηριστικά στοιχεία τῆς τραχύτητας ἐπιφάνειας κατὰ τό σύστημα περιβάλλουσας (Ε).

Β. Βασικές έθνικές προδιαγραφές για την τραχύτητα επιφάνειας.

1. Η βρεταννική προδιαγραφή BS 1134:1961.

Βασίζεται στο σύστημα «Μ» και προτυποποιεί ένα μόνο μέγεθος της τραχύτητας, τό μέσο της ύψος R_a [παράγρ. 2.8.2(A) (2)] ή την τιμή CLA (από τά αρχικά τῶν λέξεων Centre Line Average, πού σημαίνουν «μέσος κεντρικής γραμμής»), πού μετρεῖται σέ μικροίντσες (μ").

Οἱ προτυποποιούμενες τιμές τοῦ μέσου ὕψους τῆς τραχύτητας κυμαίνονται ἀπό 1 μ" ἔως 1000 μ" μέ τίς ἀκόλουθες διαβαθμίσεις:

1, 2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 250, 500 καί 1000

Ἡ μέτρηση τῆς τραχύτητας προβλέπεται νά γίνεται μέ τή βοήθεια τραχυμέτρου μέ στυλίσκο [(παράγρ. 2.8.3(B)) καί γι' αὐτό ἡ προδιαγραφή αὐτή προτυποποιεῖ τίς ἀκόλουθες τιμές τοῦ μήκους κύματος ἀποκοπῆς τοῦ ὄργάνου:

0,003 0,01 0,03 0,10 0,30 1,00 ["]

Ἡ τιμή 0,03" τοῦ μήκους κύματος ἀποκοπῆς συνιστᾶται γιά μετρήσεις σέ σχετικά λεῖες ἐπιφάνειες.

Ἡ τραχύτητα ἐπιφάνειας συμβολίζεται στά κατασκευαστικά σχέδια σύμφωνα μέ τήν προδιαγραφή BS 1134 ὡς ἑξῆς:



Στό σύμβολο ἀναγράφονται βασικά τό μέγιστο ἐπιτρεπόμενο μέσο ὕψος τῆς τραχύτητας R_a (π.χ. 16 μ"), ἡ τιμή τοῦ μήκους κύματος ἀποκοπῆς πού συνιστᾶται (π.χ. 0.03") καί τό ἀρχικό γράμμα τῆς κατεργασίας (π.χ. G γιά τή λείανση ἀπό τό Grinding, T γιά τήν τόννευση ἀπό τό Turning κλπ), ἡ ὁποία ἐνδείκνυται κατά περίπτωση.

Γιά τό συμβολισμό τῆς τραχύτητας σέ ἄλλες περιπτώσεις, ἐκτός ἀπό τό μηχανολογικό σχέδιο (π.χ. στίς προδιαγραφές), τό πρότυπο αὐτό προβλέπει τούς παρακάτω τρόπους, πού ὁ καθένας τους παρέχεται μέ ἕνα ἀντίστοιχο παράδειγμα:

α) 16CLA: Ἡ ἐπιφάνεια μέ μέσο ὕψος τῆς τραχύτητας μικρότερο ἢ ἴσο πρὸς 16 μ" εἶναι παραδεκτή.

β) 16CLA ἢ 8-16CLA: Τό μέσο ὕψος τῆς τραχύτητας θά πρέπει νά κυμαίνεται ἀνάμεσα σέ 8 μ" καί 16 μ".

γ) 8CLA (0,01): Ὅπως στό (α), μέ τήν ἐνδειξη ὁμως ὅτι ὁ ἀριθμός μέσα στήν παρένθεση δηλώνει τή συνιστώμενη τιμή τοῦ μήκους κύματος ἀποκοπῆς τοῦ τραχυμέτρου, μέ τό ὁποῖο θά γίνει ἡ μέτρηση, ἂν εἶναι διαφορετική ἀπό τήν τιμή 0,03". Στήν περίπτωση πού ἡ τιμή αὐτή εἶναι 0,03" παραλείπεται.

2. Τό ἀμερικανικό πρότυπο ASA B46.1-1962. ASA ἀπό τά ἀρχικά τῶν λέξεων American Standards Association.

Προσπάθειες γιά τήν προτυποποίηση τῆς τραχύτητας ἐπιφάνειας στίς ΗΠΑ ἄρχισαν ἀπό τό 1932 καί ἀπό τότε δημοσιεύθηκαν σχετικές προδιαγραφές κατά τά ἔτη 1940, 1947, 1952, 1955 μέ τελευταία προδιαγραφή τήν B46.1 τοῦ 1962.

Το τελευταίο αυτό αμερικανικό πρότυπο για την τραχύτητα επιφάνειας είναι ένα ενοποιημένο Άμερικανικό - Βρετανικό - Καναδικό πρότυπο, που αντιστοιχεί στο βρετανικό BS 1134 και στο καναδικό CSA B95-1962. CSA από τα αρχικά των λέξεων Canadian Standards Association.

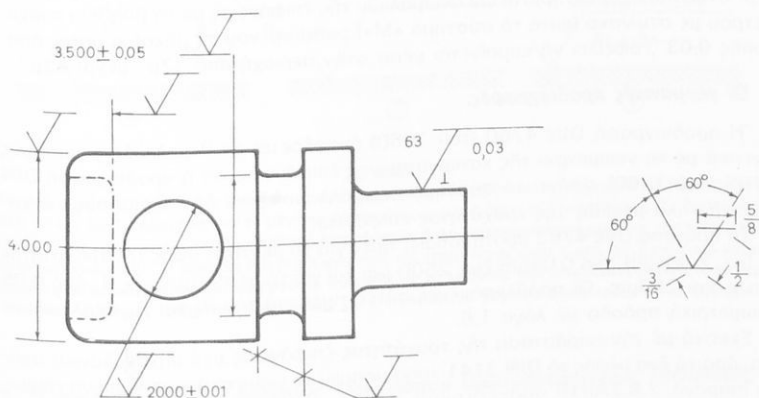
Καί το πρότυπο αυτό, όπως και το βρετανικό, που προηγουμένως αναπτύξαμε, βασίζεται στο σύστημα Κεντρικής Γραμμής. Υιοθετεί το μέσο ύψος της τραχύτητας R_a , το οποίο συμβολίζει ως AA (από τα αρχικά των λέξεων Arithmetic Average, που σημαίνει «αριθμητικός μέσος»).

Προβλέπει τις ακόλουθες τιμές του μέσου ύψους της τραχύτητας σε μικροίντσες (μ''):

	5	20	80	320
	6	25	100	400
1	<u>8</u>	<u>32</u>	<u>125</u>	<u>500</u>
2	10	40	160	600
3	13	50	200	800
4	<u>16</u>	<u>63</u>	<u>250</u>	<u>1000</u>

Οι προδιαγραφόμενες τιμές για το μήκος κύματος αποκοπής συμπίπτουν με εκείνες, που προβλέπονται από τη βρετανική προδιαγραφή.

Η παράσταση της τραχύτητας επιφάνειας στο μηχανολογικό σχέδιο γίνεται με το σύμβολο $\sqrt{\quad}$, που μπορούμε να το σχεδιάσουμε είτε επάνω στη γραμμή, ή οποία παριστάνει τη θεωρούμενη επιφάνεια στο σχέδιο (σχ. 2.8ζ) είτε έξω από τη γραμμή.



Σχ. 2.8ζ.

Συμβολισμός της τραχύτητας επιφάνειας, στο μηχανολογικό σχέδιο σύμφωνα με την αμερικανική προδιαγραφή ASA B46.1-1962.

μή, σέ συνδυασμό όμως πάντοτε μέ κάποιο βέλος πού νά τή δείχνει.

Στό σχήμα 2.8η παραθέτομε μερικά παραδείγματα σχετικά μέ τό συμβολισμό τής τραχύτητας στά μηχανολογικά σχέδια, σύμφωνα μέ τήν εξεταζόμενη αμερικανική προδιαγραφή.

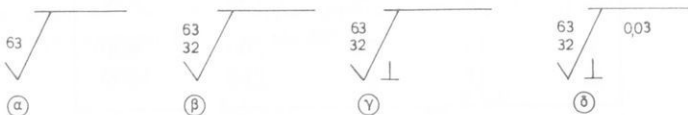
Παρακάτω δίνουμε χρήσιμες έπεξηγήσεις γιά τούς συμβολισμούς αυτούς τής τραχύτητας.

α) Αναγράφομε τό τυποποιημένο μέσο ύψος τής τραχύτητας. Κάθε τιμή ίση μέ αυτό ή μικρότερή του είναι παραδεκτή.

β) Τό επιθυμητό μέσο ύψος τής τραχύτητας είναι δυνατό νά κυμαίνεται ανάμεσα στά αναγραφόμενα όρια (άνώτερο καί κατώτερο).

γ) Όπως στό (β) μέ τήν προσθήκη του συμβόλου $\perp$, πού σημαίνει ότι ή μέτρηση πρέπει νά γίνει κάθετα πρós τήν κατεύθυνση των χαρακτηριστικών ανωμαλιών τής κατεργασμένης επιφάνειας (γιά μέτρηση παράλληλη πρós εκείνη των χαρακτηριστικών ανωμαλιών χρησιμοποιείται τό σύμβολο $\parallel$).

δ) Όπως στό (γ) μέ επιπρόσθετη αναγραφή του μήκους κύματος άποκοπής (0,03"),



Σχ. 2.8η.

Μερικά παραδείγματα συμβολισμού τής τραχύτητας επιφάνειας κατά τό αμερικανικό σύστημα.

Έτσι μπορούμε νά πούμε ότι ο συμβολισμός γιά τήν τελευταία περίπτωση, δηλαδή τή (δ), μς λέγει τά έξής:

Τό μέσο ύψος τής τραχύτητας, πού θά πρέπει νά μετρηθεί κάθετα πρós τήν κατεύθυνση των χαρακτηριστικών ανωμαλιών τής επιφάνειας μέ τή βοήθεια τραχυμέτρου μέ στυλίσκο (κατά τό σύστημα «M») ρυθμισμένου σέ μήκος κύματος άποκοπής 0,03", όφείλει νά κυμαίνεται μέσα στήν περιοχή από 32μ" μέχρι 63μ".

3. Οί γερμανικές προδιαγραφές.

Η προδιαγραφή DIN 4760 (του 1960) αναφέρεται σέ θεμελιώδεις όρισμούς σχετικά μέ τή γεωμετρία τής κατεργασμένης επιφάνειας καί ή προδιαγραφή DIN 4762 (του 1960) εισάγει τό σύστημα περιβάλλουσας καί δίνει όρισμούς γιά χαρακτηριστικά μεγέθη τής τραχύτητας επιφάνειας.

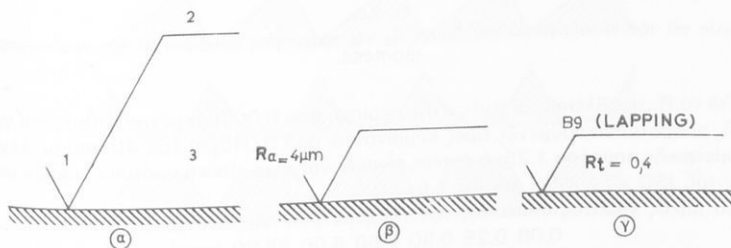
Τό πρότυπο DIN 4763 προτυποποιεί τιμές γιά τό μέγιστο ύψος τής τραχύτητας R_t [σχ. 2.8στ(β)] από 0,04μm έως 2500 μm καί γιά τό μέσο της ύψος R_a από 0,05 μm μέχρι 250μm. Οί προβλεπόμενες αυτές τιμές γιά τήν R_t καί R_a ακολουθούν γεωμετρική πρόοδο μέ λόγο 1,6.

Σχετικά μέ τήν παράσταση τής τραχύτητας επιφάνειας στό μηχανολογικό σχέδιο, από τό ένα μέρος τό DIN 3141 χρησιμοποιεί τά γνωστά αναστραμμένα τρίγωνα [παράγρ. 2.8.2Α)(1)] συσχετίζοντάς τα όμως μέ τό μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος τής τραχύτητας R_t (γιά τέσσερις σειρές βαθμού τραχύτητας, Πίνακας 2.8.1) καί από τό άλλο σύμφωνα μέ τό DIN 3142 προβλέπεται τό σύμβολο πού βλέπομε στό σχήμα 2.8θ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8.1.

Συμβολισμός της τραχύτητας επιφάνειας σύμφωνα με το DIN 3141

Συμβολισμός	Έπιτρεπόμενη μέγιστη τιμή της τραχύτητας R_t σε μm			
	Σειρά 1	Σειρά 2	Σειρά 3	Σειρά 4
	160	100	63	25
	40	25	16	10
	16	6,3	4	2,5
	—	1	1	0,4



Σχ. 2.80.

Συμβολισμός της τραχύτητας επιφάνειας στο μηχανολογικό σχέδιο κατά τη γερμανική προδιαγραφή DIN 3142: (α) 1. Αναγράφεται το μέγιστο επιτρεπόμενο μέσο ύψος της τραχύτητας. 2. Αναφέρεται το είδος της κατεργασίας. 3. Παρατίθεται οποιοδήποτε άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος της τραχύτητας κατά περίπτωση. (β) 4. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της τραχύτητας είναι 4 μm . (γ) 5. Επιφάνεια κατεργασμένη με λάστιγκ (είναι μία κατεργασία συναφής με τη λείανση, που δίνει όμως μεγαλύτερη ακρίβεια και καλύτερη τραχύτητα επιφάνειας) με επιτρεπόμενο μέγιστο ύψος τραχύτητας 0,4 μm .

4. Η προδιαγραφή του Διεθνούς Οργανισμού Προτυποποίησης, ISO/R468.

Με την προδιαγραφή αυτή του ISO υιοθετείται για την προτυποποίηση της τραχύτητας επιφάνειας το σύστημα Κεντρικής Γραμμής. Ως μεγέθη μετρήσεως της τραχύτητας προβλέπονται:

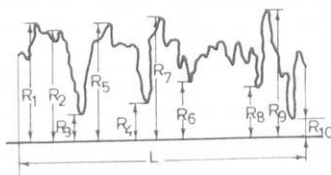
α) Τό μέσο ύψος της τραχύτητας R_a (απαράλλακτο με τις τιμές CLA (βρετανική προτυποποίηση) και AA (αμερικανική προτυποποίηση).

β) Τό μέγιστο ύψος της τραχύτητας R_{max} [παράγρ. 2.8.1 (Α) (2)] και

γ) τό μέ τή βοήθεια δέκα σημείων υπολογιζόμενο ύψος τραχύτητας R_z (σχ. 2.8i) σύμφωνα με τή σχέση:

$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10})}{5}$$

Τό ύψος δηλαδή αυτό της τραχύτητας δίνεται ως ή μέση διαφορά ανάμεσα στις αποστάσεις των πέντε υψηλότερων κορυφών και των πέντε βαθύτερων έσοχών του πραγματικού περιγράμματος της επιφάνειας (μέσα πάντοτε στο καθορισμένο δειγματοληπτικό μήκος) από μία γραμμή αναφοράς παράλληλη προς τήν κεντρική γραμμή του περιγράμματος.



Σχ. 2.8i.

Στοιχεία για τον προσδιορισμό του ύψους R_z της τραχύτητας σύμφωνα με την προδιαγραφή ISO/R468.

Γιά τό R_a προβλέπονται τιμές στην περιοχή από 0,008μm μέχρι 100μm και για τό R_z οι προτυποποιούμενες τιμές κυμαίνονται από 0,040μm έως 400μm με λόγο γεωμετρικής πρόοδου 1,25, ό οποίος είναι δυνατό για έθνικά πρότυπα χωρών μελών του ISO νά ληφθεϊ και ως 1,6.

Τό μήκος κύματος άποκοπής του τραχυμέτρου λαμβάνεται ως:

0,08 0,25 0,80 2,50 8,00 25,00 [mm].

5. Η έλληνική προδιαγραφή ENO/1065(1973).

Συμπίπτει με την προδιαγραφή του Διεθνούς Όργανισμού Προτυποποίησης ISO/R468.

2.8.3 Όργανα για τή μέτρηση και τον έλεγχο της τραχύτητας.

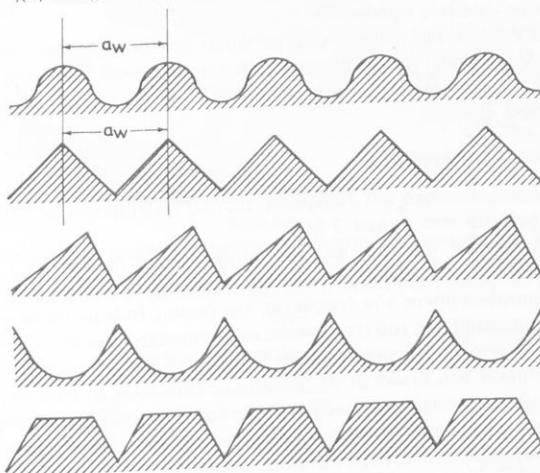
A. Γενικά.

Τό πρόβλημα της μετρήσεως και του έλέγχου γενικά της τραχύτητας επιφάνειας, όπως τό αντιμετώπιζομε σήμερα στο μηχανουργείο, στηρίζεται στις εξής δύο βασικές απαιτήσεις:

α) Στην έκλογή, αν αυτό είναι δυνατό, ενός μόνου μεγέθους της τραχύτητας, που νά είναι αντιπροσωπευτικό, νά είναι προτυποποιημένο και νά μπορεί νά μετρηθεϊ εύκολα και

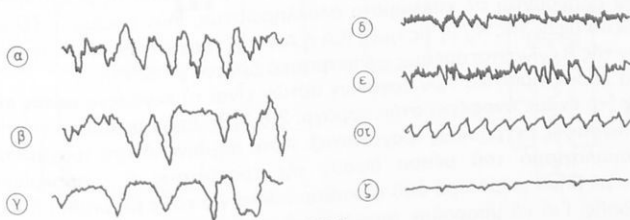
β) στο χαμηλό κόστος κτήσεως του ὄργάνου ἢ μέσου γιὰ τὴ μέτρηση ἢ τὸν ἔλεγχο τῆς τραχύτητας καὶ μάλιστα, ἂν μπορεῖ αὐτὸ νὰ γίνηι, σὲ ὕψος κόστους τῶν συνηθισμένων ὀργάνων γιὰ τὴ μέτρηση διαστάσεων.

Καὶ ὡς πρὸς τὴν πρώτη ἀπαίτηση ἔχει γίνηι παραδεκτὸ καὶ ἔχει συμφωνηθεῖ πλέον, τόσο ἀπὸ τοὺς ἀσχολούμενους μὲ τὸ θέμα τῆς τραχύτητας ἐπιστήμονες καὶ τεχνολόγους, ὅσο καὶ ἀπὸ Ὁργανισμοὺς Προτυποποιήσεως [παράγρ. 2.8.2(Β)] ὅτι **τὸ μέσο ὕψος τῆς τραχύτητας R_a εἶναι τὸ ἐνδεδειγμένο γιὰ ἐκλογή χαρακτηριστικὸ μέγεθος, μὲ ἀναφορά ὁμῶς ἀπαραιτήτως καὶ τοῦ εἴδους τῆς κατεργασίας κοπῆς, πού θὰ χρησιμοποιηθεῖ γιὰ τὸ σχηματισμὸ μιᾶς ἐπιφάνειας.** Καὶ αὐτὸ εἶναι ἀνάγκη νὰ γίνηι, γιατί εἶναι δυνατό πραγματικὰ περιγράμματα ἐπιφανειῶν νὰ ἔχουν ἐντελῶς διαφορετικὴ μορφή, ἐνῷ παρουσιάζουν τὸ ἴδιο μέσο ὕψος R_a καὶ βῆμα a_w τραχύτητας (σχ. 2.8ια) καὶ πρέπει ἀπὸ τώρα νὰ γνωρίσουμε ὅτι κάθε κατεργασία κοπῆς ἀποδίδει χαρακτηριστικὴ μορφή ἐπιφάνειας (σχ. 2.8ιβ).



Σχ. 2.8ια.

Πραγματικὰ περιγράμματα ἐπιφανειῶν μὲ τὸ ἴδιο μέσο ὕψος καὶ βῆμα τραχύτητας ἔχουν διαφορετικὸ σχῆμα.



Σχ. 2.8ιβ.

Μορφές πραγματικοῦ περιγράμματος ἐπιφανειῶν, πού ἔχουν παραχθεῖ μὲ διάφορες κατεργασίες κοπῆς: (α,β) Τελικὴ κατεργασία μὲ τὸρνευση. (γ) Τελικὴ κατεργασία μὲ φραιζάρισμα. (δ) Λείανση. (ε) Γλῦφανση. (στ) Τὸρνευση μὲ ἐργαλεῖο ἀπὸ διαμάντι. (ζ) Λάππις.

Σχετικά με τη δεύτερη απαίτηση, παρατηρούμε ότι το κόστος ενός όργανου για τη μέτρηση της τραχύτητας (όπως π.χ. ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο) είναι πολύ ψηλό άκόμα.

Για τη μέτρηση και τόν έλεγχο της τραχύτητας στην παραγωγή και στο μετρολογικό εργαστήριο χρησιμοποιούνται σήμερα ποικίλα όργανα.

Μπορούμε να τα κατατάξουμε σε δύο κατηγορίες: Στά όργανα για κατ' ευθεία μετρήσεις της τραχύτητας και σε όργανα (ή μέσα) για ποιοτικές συγκρίσεις.

Με τα πρώτα μετρούμε αριθμητικά ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά μεγέθη της τραχύτητας ή μπορούμε να πάρουμε τό πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας υπό μεγάλες σχετικά μεγεθύνσεις. Τα όργανα της κατηγορίας αυτής μπορούμε να τα συναντήσουμε ως μηχανικά, ως μηχανικά - ηλεκτρονικά με στυλίσκο ή ως οπτικά. Ξεχωρίζουμε εδώ τα **μηχανικά - ηλεκτρονικά όργανα με στυλίσκο** ή τραχύμετρα με στυλίσκο, τα οποία χρησιμοποιούνται σε εύρυτατη κλίμακα και με τα οποία θα ασχοληθούμε άμέσως παρακάτω.

Στά όργανα για ποιοτικές συγκρίσεις ανήκουν όρισμένα ειδικά μικροσκόπια ή και απλά μεταλλογραφικά άκόμα μικροσκόπια. Ός μέσο για ποιοτικές συγκρίσεις αναφέρομε τα πρότυπα δοκίμια συγκρίσεως, για τα όποια θα μιλήσουμε συνοπτικά στην παράγραφο 2.8.3(B).

B. Τό τραχύμετρο με στυλίσκο.

Τό πιό αντιπροσωπευτικό και σύγχρονο στατικό τραχύμετρο με στυλίσκο είναι αυτό, πού εικονίζεται στο σχήμα 2.8γ.

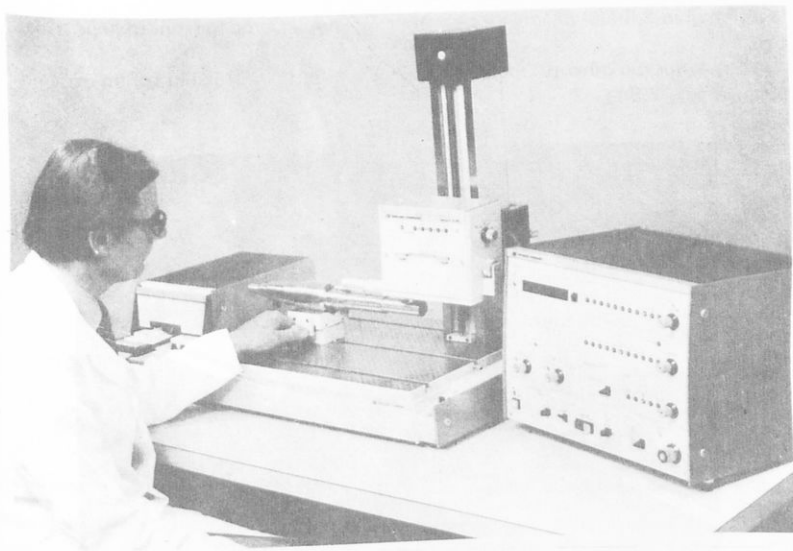
Η άρχή λειτουργίας του τραχυμέτρου αυτού είναι ή ακόλουθη:

Ένας στυλίσκος Α [σχ. 2.8δ(α)] με άδαμάντινη άκή διατρέχει με σταθερή ταχύτητα κατά όρισμένο μήκος τήν επιφάνεια, της οποίας θέλομε να μετρήσουμε τήν τραχύτητα. Οί μετακινήσεις του στυλίσκου, πού προκαλούνται έξ αιτίας των ανωμαλιών της επιφάνειας, μετατρέπονται κατάλληλα (π.χ. με μετακίνηση του μοχλού του στυλίσκου μέσα στο πηνίο Β) σε μεταβολές έντάσεως (ή τάσεως) ρεύματος. Οί μεταβολές αυτές ηλεκτρονικά ένισχυόμενες και καταγραφόμενες παρουσιάζονται ως άποκλίσεις του πραγματικού περιγράμματος από τήν κεντρική γραμμή.

Η κεντρική γραμμή στά όργανα αυτά δημιουργείται από ένα ειδικό πέδιλο Γ, τό όποιο, τοποθετούμενο μπροστά από τό στυλίσκο, όλισθαίνει έπάνω στην επιφάνεια κατά τή διάρκεια της μετρήσεως.

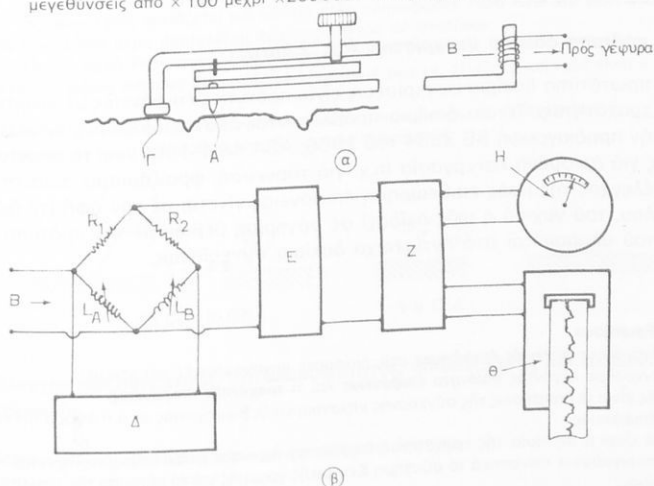
Οί μεταβολές της έντάσεως (ή τάσεως) του ρεύματος από τίς μετατοπίσεις του στυλίσκου όδηγούνται σε κυκλώματα όλοκληρώσεως, των όποιων ή έξοδος μάς δίνει τό μέσο ύψος της R_a (ή τίς τιμές (LA ή AA της τραχύτητας. Η άνάγνωση των ένδειξεων της R_a γίνονται άμέσως σε μετρητικό όργανο με δείκτη.

Βασικό χαρακτηριστικό των όργάνων αυτών είναι τό λεγόμενο **μήκος κύματος άποκοπής** [τό έχομε αναφέρει στην παράγρ. 2.8.2(B), όπου μιλήσαμε για τίς έθνικές προδιαγραφές μετρήσεως τραχύτητας]. Αυτό σημαίνει ότι τό τραχύμετρο, κατά τόν ύπολογισμό του μέσου ύψους της τραχύτητας R_a , άποκρίνεται σε τραχύτητα με βήμα μικρότερο από τό καθορισμένο για κάθε μέτρηση μήκος κύματος άποκοπής. Για να μπορούμε συνεπώς να συγκρίνομε μεταξύ τους μετρήσεις τραχύτητας, θα πρέπει όλες να γίνονται με τό τραχύμετρο ρυθμισμένο στο ίδιο μήκος κύματος άποκοπής.



Σχ. 2.8ιγ.

Τό σύγχρονο τραχύμετρο με στυλίσκο Talysurf 5 του Έργοστασίου Taylor-Hobson. Μετρά τά μεγέθη της τραχύτητας R_a , R_{max} , R_z καί πολλά άλλα. Τό καταγραφικό του έπιτυγχάνει κατακόρυφες μεγεθύνσεις από $\times 100$ μέχρι $\times 200.000$. Ή περιοχή μετρήσεως τού R .

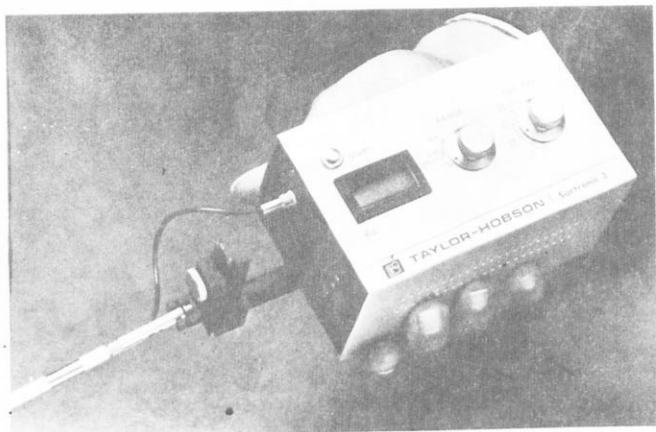


Σχ. 2.8ιδ.

(α) Ή άρχή ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο. (β) Μπλόκ διάγραμμα ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο. Α στυλίσκος, Β πηνίο, Γ πέδιλο, Δ ταλαντωτής, Ε ένισχυτής, Ζ άποδιαμορφωτής. Η όργανο μετρήσεως μέσου ύψους R_a , Θ καταγραφικό, R_1 , R_2 , L_A , L_B , γέφυρα.

Στό σχήμα 2.8ιδ(β) βλέπομε τό «μπλόκ» διάγραμμα ενός τραχύμετρου μέ στυλίσκο.

Τό τραχύμετρο αυτό τό συναντοῦμε καί ώς φορητό γιά εὐκόλη χρήση στήν παραγωγή (σχ. 2.8ιε).



Σχ. 2.8ιε.

Σύγχρονο φορητό τραχύμετρο.

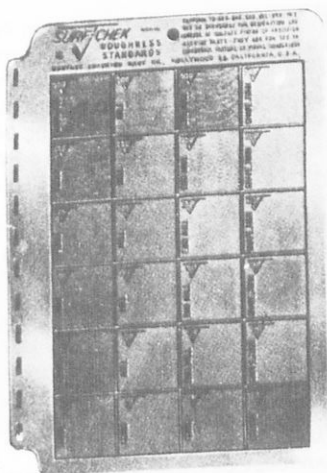
Γ. Τά πρότυπα δοκίμια συγκρίσεως (σχ. 2.8ιστ).

Τά πρωτότυπα δοκίμια συγκρίσεως εἶναι πρότυπες ἐπιφάνειες μέ γνωστό μέσο ὕψος τραχύτητας. Τέτοια δοκίμια προβλέπονται ἀπό τίς διάφορες προδιαγραφές (π.χ. τήν προδιαγραφή BS 2634 τοῦ 1960, ASA 46.1-1962) καί τά ἀπαντοῦμε σέ σειρές γιά ὀρισμένη κατεργασία (π.χ. γιά τόννευση, φραιζάρισμα, λείανση κ.ά.).

Ὁ ἐλεγχος τῆς πρὸς ἐπιθεώρηση ἐπιφάνειας γίνεται μέ τήν ἀφή (τό ἄκρο τοῦ δακτύλου, τοῦ νυχιοῦ ἢ μιᾶς ἀκίδας) σέ σύγκριση βέβαια μέ τήν πρότυπη ἐπιφάνεια, πού ὑλοποιεῖται στό ἀντίστοιχο δοκίμιο συγκρίσεως.

2.8.4 Ἑρωτήσεις.

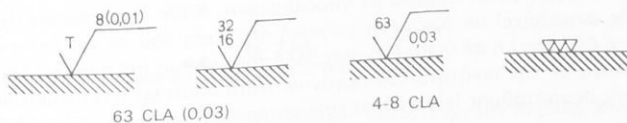
1. Τί ὀνομάζομε **τεχνικές ἐπιφάνειες** στίς διάφορες μηχανουργικές κατασκευές;
2. Τί ἐννοοῦμε λέγοντας **ποιότητα ἐπιφάνειας** καί τί **τραχύτητα ἐπιφάνειας**;
3. Ποιές εἶναι οἱ ἀπαιτήσεις τῆς σύγχρονης μηχανουργικής βιομηχανίας σέ ὅ,τι ἀφορᾷ τήν τραχύτητα ἐπιφάνειας;
4. Ποιά εἶναι ἡ σημασία τῆς τραχύτητας ἐπιφάνειας τεχνικῶν ἐπιφανειῶν, πού συνεργάζονται;
5. Νά περιγράψετε συνοπτικά τό σύστημα Κεντρικῆς γραμμῆς γιά τή μέτρηση τῆς τραχύτητας ἐπιφάνειας.
6. Πῶς ὀρίζεται τό μέσο ὕψος τῆς τραχύτητας R_a στό σύστημα Κεντρικῆς γραμμῆς;
7. Νά ἐξηγήσετε τοὺς ἀκόλουθους ὅρους: **ὀνομαστικό περίγραμμα ἐπιφάνειας, πραγματικό περίγραμμα ἐπιφάνειας, μέγιστο ὕψος τραχύτητας** R_{max} ἢ R_t .



Σχ. 2.8ιστ.

Πρότυπα δοκίμια συγκρίσεως τραχύτητας επιφάνειας.

8. Ποιό βασικό μέγεθος της τραχύτητας προτυποποιείται κατά τη βρετανική και αμερικανική προδιαγραφή και με ποιά μονάδα τό μετρούμε;
9. Για τό χαρακτηρισμό της τραχύτητας επιφάνειας στίς πρακτικές εφαρμογές εκτός από τό μέσο ύψος της τραχύτητας χρειάζεται και κάποια άλλη πληροφορία. Ποιά είναι και γιατί απαιτείται;
10. Από ποιά κύρια μέρη αποτελείται ένα τραχύμετρο με στυλίσκο;
11. Ποιά είναι ή αρχή λειτουργίας ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο και ποιά είναι ή σημασία;
12. Τι καλείται **μήκος κύματος αποκοπής** ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο και ποιά είναι ή σημασία του;
13. Τι είναι τά πρότυπα δοκίμια συγκρίσεως τραχύτητας και πώς τά μεταχειριζόμαστε;
14. Νά εξηγήσετε τούς ακόλουθους συμβολισμούς τραχύτητας:



2.9 Έλεγχος οριζοντιότητας, κατακορυφότητας, επίπεδότητας και καθετότητας επιφανειών.

2.9.1 Έλεγχος οριζοντιότητας και κατακορυφότητας.

A. Γενικά.

Ο έλεγχος αυτός μās είναι πολύ χρήσιμος στην εγκατάσταση των εργαλειομηχανών και άλλων μηχανημάτων, όπως και σε διάφορες κατασκευές. Μετά από την

ἐγκατάσταση π.χ. μιᾶς ἐργαλειομηχανῆς γίνεται ἔλεγχος ὀρισμένων ἐπιφανειῶν τῆς, ἂν αὐτές εἶναι ὀριζόντιες (παράλληλες πρὸς τὸ ὀριζόντιο ἐπίπεδο στὸν τόπο, ὅπου γίνεται ὁ ἔλεγχος) ἢ κατακόρυφες (παράλληλες πρὸς τὸ κατακόρυφο ἐπίπεδο) καὶ ἐφ' ὅσον διαπιστώνεται ἡ ὀριζοντιότητα ἢ παραλληλότητά τους, τότε καὶ μόνο ἡ ἐργαλειομηχανὴ ἀγκυρώνεται στὴν ὀριστικὴ τῆς θέση.

Τὸ βασικὸ ὄργανο, πού χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτό, εἶναι ἡ **ἀεροστάθμη**, πού στὴ γλώσσα τοῦ τεχνίτη λέγεται **ἀλφάδι**. Γιὰ χονδρικό ἔλεγχο τῆς κατακορυφότητος ἐπιφανειῶν μπορούμε νὰ χρησιμοποιήσουμε καὶ τὸ γνωστὸ μας νῆμα τῆς στάθμης (βαρίδι, σχ.2.9ε).

Β. Ἡ ἀεροστάθμη.

Ἡ ἀεροστάθμη δέν περιορίζεται μόνο στὸν ἔλεγχο τῆς ὀριζοντιότητος καὶ κατακορυφότητος ἐπιφανειῶν, ὅπως θὰ δοῦμε παρακάτω, ἀλλὰ μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθεῖ καὶ γιὰ τὴ μέτρηση μικρῶν γωνιῶν μέ ἀρκετὰ καλὴ ἀκρίβεια· ἀκόμα χρησιμοποιεῖται καὶ ὡς συγκριτὴς, μέ τὴν ἔννοια ὅτι, ὅποιοιδήποτε ἐπιφάνειες, γιὰ τίς ὁποῖες ἡ ἀεροστάθμη (μέ τὸν ἄξονά της πάντοτε πρὸς τὴν ἴδια κατεύθυνση) δίνει τίς ἴδιες ἐνδείξεις, εἶναι παράλληλες μεταξύ τους.

Τὴν ἀεροστάθμη τὴ συναντοῦμε σὲ διάφορες παραλλαγές. Τὴν ἀπαντοῦμε ἐπίσης καὶ σὲ ὀρισμένα ὄργανα ὡς βοηθητικὸ μέσο γιὰ τὴν ὀριζοντίωσή τους.

Στὶς ἐργασίες μας στὸ μηχανουργεῖο μεταχειριζόμαστε συνήθως τὴν **κοινὴ ἀεροστάθμη** καὶ τὴν **πλαισιωτὴ ἀεροστάθμη**, γιὰ τίς ὁποῖες καὶ θὰ μιλήσουμε ἀμέσως παρακάτω.

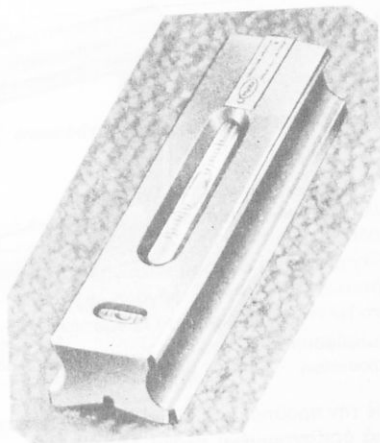
1. Ἡ κοινὴ ἀεροστάθμη (σχ. 2.9α).

Εἶναι τὸ πιὸ συνηθισμένο καὶ πιὸ ἀπλό ὄργανο, πού μεταχειριζόμαστε γιὰ τὸν ἔλεγχο τῆς ὀριζοντιότητος μιᾶς ἐπιφάνειας. Βασικὸ του στοιχεῖο εἶναι ἡ φυσαλίδα ἀπὸ ἀέρα, ἡ ὁποία ὑπάρχει μέσα σὲ ἓνα κυρτὸ σωληνίσκο, γεμάτο ἀπὸ κατάλληλο ὑγρὸ. Ἡ φυσαλίδα αὐτὴ μπορεῖ νὰ μετακινεῖται μέσα στὸ σωληνίσκο ἀνάλογα μέ τὴν κλίση, πού παίρνει ἡ ἀεροστάθμη. Ὄταν ἡ φυσαλίδα πάρει ὀρισμένη θέση [σχ. 2.9β(α)], τὴ **μηδενικὴ θέση**, ὅπως μπορούμε νὰ τὴν ὀνομάσουμε, τότε ἡ ἐλεγχόμενη ἐπιφάνεια εἶναι **ὀριζόντια**.

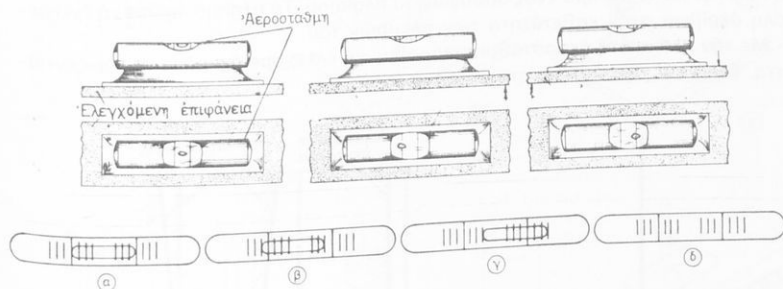
Ἡ ἀεροστάθμη φέρει κλίμακα μέ ὑποδιαίρεσεις. Κάθε ὑποδιαίρεση τῆς κλίμακας αὐτῆς ἀντιστοιχεῖ σὲ ὀρισμένη γωνιακὴ ἀπόκλιση ἀπὸ τὸ ὀριζόντιο ἐπίπεδο (π.χ. 10" ἢ 60" κλπ.) ἢ σὲ ὀρισμένη μεταβολὴ τῆς κλίσεως (σὲ mm ἀνὰ τρέχον μέτρο) ἀνάλογα μέ τὴν ποιότητα τοῦ ὀργάνου. Αὐτὸ ἀποτελεῖ ὅ,τι ὀνομάζουμε **εὐαισθησία** τῆς ἀεροστάθμης (εἶναι κύριο χαρακτηριστικὸ, μέ τὸ ὁποῖο τὴν προδιαγράφουμε).

Στὸ σχῆμα 2.9β βλέπομε διάφορες περιπτώσεις, πού εἶναι δυνατό νὰ μᾶς παρυσιασθοῦν στὴν πράξη κατὰ τὸν ἔλεγχο μιᾶς ἐπιφάνειας μέ τὴν ἀεροστάθμη. Ἡ ἐπιφάνεια στὴν περίπτωσιν (α) εἶναι ὀριζόντια πρὸς τὴν κατεύθυνση τοῦ ἄξονα τῆς ἀεροστάθμης, ἐνῶ οἱ ἐπιφάνειες στὶς περιπτώσεις (β) καὶ (γ) δέν εἶναι ὀριζόντιες, γιατί ἡ φυσαλίδα τῆς ἀεροστάθμης δέν εἶναι στὴ μηδενικὴ τῆς θέσης. Ἡ ἐπιφάνεια στὸ (δ), ὅπου ἡ φυσαλίδα ἔχει ἐξαφανισθεῖ, ἀπέχει πολὺ ἀπὸ τὸ νὰ εἶναι ὀριζόντια.

Γιὰ νὰ γίνῃ ὀριζόντια ἡ ἐπιφάνεια τῆς περιπτώσεως (β), θὰ πρέπει ἢ νὰ κατεβεῖ



Σχ. 2.9α.
Κοινή αεροστάθμη (άλφαδι).



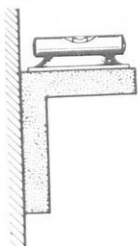
Σχ. 2.9β.
Διάφορες ένδειξεις μιάς αεροστάθμης.

τό άριστερό της μέρος ή νά άνεβεί τό δεξιό της, όπως δείχνουν τά βέλη. Στην περίπτωση (γ) πρέπει νά γίνει τό αντίθετο.

Κατά τόν έλεγχο τής οριζοντιότητας μιάς επιφάνειας, χρειάζεται νά τοποθετήσουμε τήν αεροστάθμη σέ δύο κάθετες ανάμεσά τους κατευθύνσεις και άν και στίς δύο αυτές θέσεις ή φυσαλίδα βρεθεί στή μηδενική της θέση, τότε και μόνο μπορούμε νά αποφανθούμε ότι ή ελεγχόμενη επιφάνεια είναι οριζόντια.

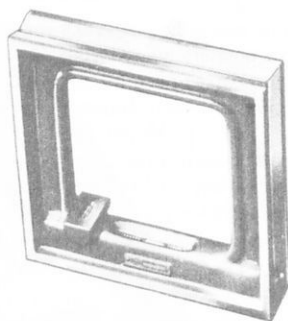
Μέ τήν κοινή αεροστάθμη και μέ τή βοήθεια μιάς σταθερής όρθης γωνίας έλέγχομε και κατακόρυφες επιφάνειες, όπως φαίνεται στό σχήμα 2.9γ.

Ή κατακορυφότητα μιάς επιφάνειας έλέγχεται μέ τή βοήθεια μιάς όρθης γωνίας ή μέ έναν από τούς τρόπους πού χρησιμοποιούμε γιά τόν έλεγχο τής καθετότητας



Σχ. 2.9γ.

Πώς ελέγχουμε την κατακορυφότητα μιας επιφάνειας με αεροστάθμη.



Σχ. 2.9δ.

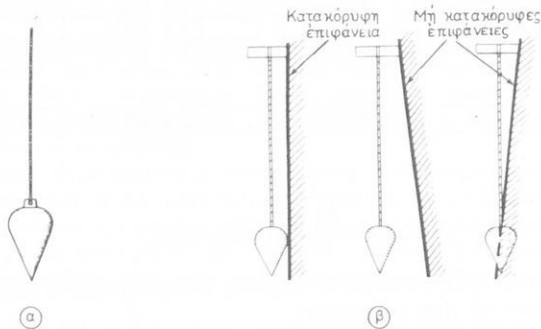
Πλαισιωτή αεροστάθμη.

έπιφανειών (σχ. 2.9ζ) με την προϋπόθεση όμως ότι έχει έπιτευχθεί τό όριζόντιο επίπεδο (υπάρχει π.χ. μιά όριζοντιωμένη πλάκα έφαρμογής).

2. Η πλαισιωτή αεροστάθμη (σχ. 2.9δ).

Τό όργανο αυτό διαφέρει από τό προηγούμενο στό ότι ή αεροστάθμη τοποθετείται στην κάτω πλευρά ενός όρθογώνιου πλαισίου. Τό πλαίσιο πρέπει νά έχει μεγάλη ακρίβεια στην καθετότητα των πλευρών του.

Μέ την πλαισιωτή αεροστάθμη μπορούμε νά ελέγχομε όχι μόνο την όριζοντιότητα, αλλά καί την καθετότητα έπιφανειών.



Σχ. 2.9ε.

(α) Τό νήμα της στάθμης. (β) Έλεγχος κατακορύφων έπιφανειών μέ τό νήμα της στάθμης.

Γ. Τό νήμα της στάθμης (σχ. 2.9ε).

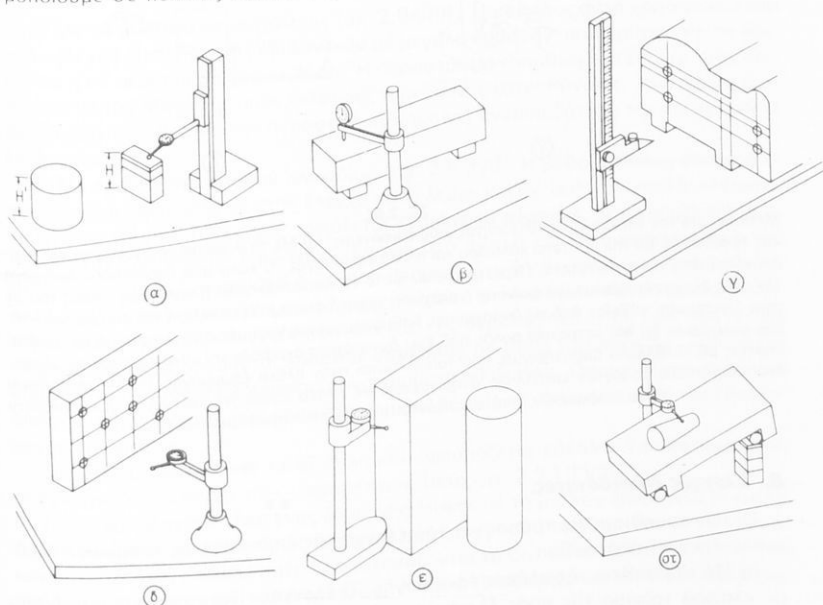
Αποτελείται από ένα κατάλληλο (πρέπει νά είναι αρκετά σταθερό) νήμα καί ένα βάρος, πού κρέμεται στό άκρο του.

Τό χρησιμοποιούμε για νά ἐλέγχομε, ἂν μιά ἐπιφάνεια εἶναι κατακόρυφη στήν ἐγκατάσταση μηχανημάτων, σιδηρῶν κατασκευῶν, κ.ἄ., ὅπου ὅμως ἡ ἀκρίβεια πού ἀπαιτεῖται εἶναι πολύ μικρή.

2.9.2 Ἐλεγχος τῆς ἐπιπεδότητας καί καθετότητας.

Α. Γενικά.

Όταν μιλοῦμε γιά **ἐπιπεδότητα** ἐννοοῦμε τή διάταξη ὅλων τῶν σημείων μιᾶς ἐπιφάνειας σέ ἓνα καί τό αὐτό ἐπίπεδο. Ἡ ἐπιπεδότητα δηλαδή ταυτίζεται μέ τό ἴδιον ἐπίπεδο, τό ὁποῖο στίς ἐργασίες μας στό μηχανουργεῖο ὑλοποιεῖται στήν **πλάκα ἐφαρμογῆς**. Ἡ πλάκα ἐφαρμογῆς, [τὴν ὁποία συναντήσαμε στήν παράγραφο 3.2(Α) τοῦ Μ.Ε., ὅπου μιλήσαμε γιά τή χάραξη] ἀποτελεῖ σταθερό **ἐπίπεδο** ἢ **ἐπίπεδο ἐπιφάνεια ἀναφορᾶς** (συνήθως τό ὀριζόντιο ἐπίπεδο), καί ὡς τέτοια τή χρησιμοποιοῦμε σέ ποικίλες ἐφαρμογές (σχ. 2.9στ).

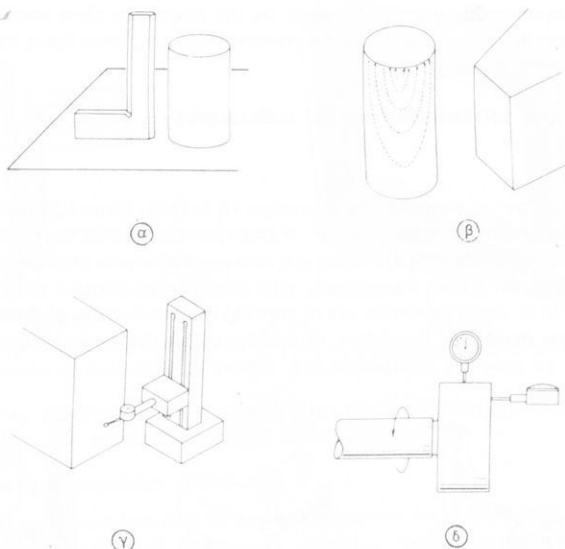


Σχ. 2.9στ.

Ἐφαρμογές τῆς πλάκας ἐφαρμογῆς ὡς ἐπιφάνειας (ἢ ἐπίπεδου) ἀναφορᾶς γιά: (α) Τή μέτρηση μήκους. (β) Τόν ἐλεγχο παραλληλότητας. (γ) Τή χάραξη. (δ) Τή μέτρηση (ἢ μεταφορά) διαστάσεων. (ε) Τόν ἐλεγκο καθετότητας. (στ) Τόν ἐλεγκο καί μέτρηση γωνιῶν [παράγρ. 2.5.4(Α)].

Τόν ἐλεγκο καθετότητας.

Ἐφόσον εἶναι διαθέσιμη ἡ πλάκα ἐφαρμογῆς, ἡ καθετότητα ἐπιφανειῶν ἐλέγχεται μέ τήν ὀρθή γωνία [παράγρ. 2.5.2(Α)] ἢ μέ τόν πρωτότυπο κοῖλο κύλινδρο ἢ κατ' ἄλλον τρόπο, ὅπως βλέπομε στό σχῆμα 2.9ζ.



Σχ. 2.95.

Μέθοδοι γιά τόν έλεγχο τής καθετότητας μιάς επιφάνειας: (α) Μé τή βοήθεια όρθής γωνίας καί πλάκας έφαρμογής. (β) Μé πρότυπο κύλινδρο καί πλάκα έφαρμογής. 'Ο κύλινδρος παρουσιάζει όρισμένη απόκλιση από τήν καθετότητα. Περιστρέφεται, ώστε νά άποκατασταθεί ή καλύτερη έπαφή του μέ τήν πρós έλεγχο επιφάνεια (νά φαίνεται ή ελάχιστη χαραγή φωτός). 'Η απόκλιση τής από τήν καθετότητα δίνεται κατ' ευθείαν από τίς υπάρχουσες βαθμονομημένες γραμμές στήν επιφάνεια του πρότυπου κυλίνδρου. (γ) Μé μετρητικό ρολόι, πού έχει δυνατότητα άκριβοϋς καί εύκολης κάθετης μετακινήσεως σέ κατάλληλο ύποστήριγμα, πού τοποθετείται στήν πλάκα έφαρμογής. (δ) Μé τή βοήθεια δύο μετρητικών ρολογιών κατάλληλα στηριγμένων σέ πλάκα έφαρμογής ελέγχεται ή καθετότητα δύο επιφανειών, πού σχετίζονται μέ ένα περιστρεφόμενο άξονα.

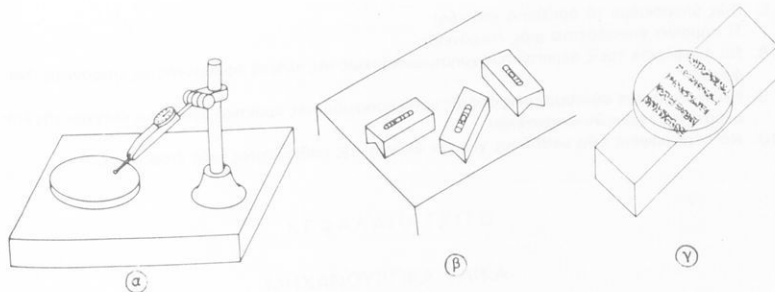
Β. Έλεγχος έπιπεδότηας.

Οι πιό συνηθισμένοι τρόποι γιά τόν έλεγχο τής έπιπεδότηας τεχνικών επιφανειών είναι οί ακόλουθοι:

α) Μé τή βοήθεια τής πλάκας έφαρμογής. 'Ο έλεγχος είναι χονδρικός καί γίνεται μέ έλαφρό τρίψιμο τής πρós έλεγχο επιφάνειας επάνω στήν πλάκα έφαρμογής, πού τήν άλείφομε μέ κατάλληλη χρωστική ουσία. Τή μέθοδο αυτή έχομε εφαρμόσει στό στρώσιμο (άπόξεση) στήν παράγραφο 12.3 του Μ.Ε.

β) Μé τή βοήθεια κατάλληλου πρότυπου μεταλλικού κανόνα καί χαραγής φωτός [παράγρ. 2.5.2(Α)]. 'Ο κανόνας μπορεί νά έχει τριγωνική ή όρθογωνική διατομή ή διατομή Ι. 'Ο έλεγχος αυτός γίνεται κατá δύο τουλάχιστο τεμνόμενες ευθείες.

γ) Μé μετρητικό ρολόι σέ κατάλληλο ύποστήριγμα επάνω σέ πλάκα έφαρμογής [σχ. 2.9η(α)].



Σχ. 2.9η.

Λοιπές μέθοδοι για τον έλεγχο της επίπεδότητας επιφανειών.

δ) Με τη βοήθεια αεροστάθμης [σχ. 2.9η(β)]. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στον έλεγχο επίπεδότητας επιφανειών με μεγάλο έμβασμό, που βρίσκονται σε όριζόντια ή σε περίπου οριζόντια θέση. Η αεροστάθμη τοποθετείται επάνω στην επιφάνεια με τον άξονά της προς διάφορες τεμνόμενες κατευθύνσεις. Ανάγνωση διαφανείας με τον άξονά της προς διάφορες τεμνόμενες κατευθύνσεις. Ανάγνωση διαφανείας με τον άξονά της προς διάφορες τεμνόμενες κατευθύνσεις.

ε) Με τη βοήθεια οπτικού πλακιδίου [σχ. 2.9η(γ)]. Η μέθοδος αυτή ελέγχου επίπεδότητας εφαρμόζεται στον έλεγχο πολύ λείων και όχι πολύ άνεπιπέδων επιφανειών. Για να γίνει ο έλεγχος χρειάζεται ένα **οπτικό πλακίδιο**, που τοποθετείται επάνω στην ελεγχόμενη επιφάνεια. Επάνω στο οπτικό πλακίδιο κατευθύνεται κάπως σφήνας από αέρα, ή οποία υπάρχει ανάμεσα στην επιφάνεια του οπτικού πλακιδίου και στην προς έλεγχο επιφάνεια, και της ανακλαστικότητας των δύο αυτών επιφανειών δημιουργούνται **κροσσοί συμβολής** με βήμα ίσο προς το μισό μήκος κύματος του χρησιμοποιούμενου μονοχρωματικού φωτός. Όποιαδήποτε απόκλιση από τον παραλληλισμό των κροσσών συμβολής δείχνει άνεπιπέδότητα της ελεγχόμενης επιφάνειας.

Η μέθοδος αυτή είναι πολύ απλή και εφαρμόζεται εύκολα. Την εφαρμόσαμε στον περιοδικό έλεγχο των μικρομέτρων [παράγρ. 2.2.1(Γ)(3)].

Το οπτικό πλακίδιο είναι ένας διαφανής δίσκος με τη μία του επιφάνεια (ή και τις δύο) λειασμένη με τόσο όμως ακρίβεια, προσοχή και επιμέλεια, ώστε να έχει από ποκτήσει ιδανική επίπεδότητα. Κατασκευάζονται τα οπτικά πλακίδια συνήθως από καθαρό χαλαζία σε τρεις ποιότητες: ως πλακίδια αναφοράς, ως πλακίδια διακριβώσεως και ως πλακίδια εργασίας.

2.9.3 Έρωτήσεις.

1. Πότε μία επιφάνεια λέγεται οριζόντια και πότε κατακόρυφη;
2. Να αναφέρετε περιπτώσεις χρησιμοποίησής της αεροστάθμης;
3. Σε ποιά είδη άπαντομε την αεροστάθμη;
4. Τι όνομάζουμε ευαισθησία μιάς αεροστάθμης;
5. Πώς ελέγχουμε την οριζοντιότητα μιάς επιφάνειας και πώς την κατακορυφότητα μιάς άλλης;

6. Πώς υλοποιούμε τό οριζόντιο επίπεδο;
7. Τί σημαίνει επίπεδότητα μιᾶς ἐπιφάνειας;
8. Νά ἀναφέρετε τρεῖς περιπτώσεις χρησιμοποίησεως τῆς πλάκας ἐφαρμογῆς ὡς ἐπιφάνειας ἀναφοράς.
9. Νά περιγράψετε σύντομα τρεῖς ἀπό τίς χρησιμοποιούμενες πρακτικά μεθόδους ἐλέγχου τῆς ἐπιπεδότητος τεχνικῶν ἐπιφανειῶν.
10. Νά περιγράψετε δύο μεθόδους γιά τόν ἐλεγχό τῆς καθετότητας μιᾶς ἐπιφάνειας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

3.1 Είσαγωγή. Ή ύλη από τὰ μεταλλικά μηχανουργικά υλικά, πού διδάχθηκε στο Μ.Ε.

3.1.1 Γενικά.

Στο Μ.Ε. (Κεφάλαιο 2) μέ μίαν είσαγωγή στά μεταλλικά μηχανουργικά υλικά δώσαμε τὰ στοιχεΐα έκείνα, πού μάς ήταν άναγκαΐα, γιά νά κατανοήσουμε τίς κατεργασίες καί μεθόδους μορφοποιήσεως μεταλλικών προϊόντων, μέ τίς όποιες άσχοληθήκαμε σ' αυτό. Δηλαδή τίς κατεργασίες κοπής καί διαμορφώσεως, τίς συγκολλησεις καί άλλες μεθόδους συνδέσεως μεταλλικών κομματιών (ήλώσεις, κοχλιοσυνδέσεις κ.ά.) καί τή χύτευση, όπως όμως όλες αυτές έκτελούνται από τόν τεχνίτη μέ έργαλεία καί μέσα του χεριού ή μέ άπλά μηχανήματα.

Έτσι, μετά από μία κατάταξη των μηχανουργικών υλικών πού έπιχειρήσαμε (Μ.Ε., σχ. 2.1β), διατυπώσαμε τόν όρισμό καί τίς βασικές ιδιότητες των μετάλλων καί κραμάτων καί μιλήσαμε συνοπτικά γιά τήν κρυσταλλική τους δομή καί γιά τόν μηχανισμό τής στερεοποιήσεως (ή κρυσταλλώσεως) τους.

Κατόπιν, πάντοτε μέ συντομία, άσχοληθήκαμε μέ τίς μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων (όριο θραύσεως, όριο διαρροής, έπιμήκυνση θραύσεως, σκληρότητα καί δυσθραυστότητα), όπως αυτές προκύπτουν από τίς δοκιμασίες έφελκυσμού, σκληρότητας καί κρούσεως.

Ύστερα, άναπτύξαμε βασικές τεχνολογικές ιδιότητες, πού άποτελούν κριτήριο γιά τήν έκλογή των μετάλλων καί κραμάτων ως υλικών γιά μορφοποίηση, όπως είναι ή όλκιμότητα καί ή έλατότητα, ή κατεργαστικότητα, ή συγκολλητότητα καί ή χυτευτότητά τους.

Έπί πλέον έξετάσαμε τή σκλήρωση των μετάλλων μετά από πλαστική παραμόρφωση έν ψυχρώ καί έξηγήσαμε τό μηχανισμό τής άνακρυσταλλώσεως, δηλαδή πώς τά άποτελέσματα τής σκληρώσεως εξαφανίζονται μέ μία θερμική κατεργασία, πού όνομάσαμε άνόπτηση γιά άνακρυστάλλωση.

Μετά, έντελώς συνοπτικά, μιλήσαμε γιά τὰ σιδηρούχα κράματα (χρησιμοποιούνται γιά μορφοποίηση στήν κατασκευαστική βιομηχανία σέ πολύ μεγαλύτερη άναλογία από ό,τι χρησιμοποιούνται τὰ μή σιδηρούχα μέταλλα ή κράματα καί μάλιστα σέ άναλογία δέκα ή περισσότερο προς ένα). Δηλαδή γιά τούς χυτοσίδηρους καί τούς χάλυβες καί έπιμείναμε στίς μηχανικές καί τεχνολογικές τους ιδιότητες ως υλικών γιά μορφοποίηση. Άκόμα, δώσαμε περιορισμένες πληροφορίες γιά τίς

θερμικές κατεργασίες τῶν χαλύβων (άνόπτηση, βαφή καί ἐπαναφορά), ὅσες βέβαια μᾶς ἦταν ἀπαραίτητες στό Μ.Ε.

Λεπτομερέστερα κάπως ἀναφερθήκαμε στήν προτυποποίηση τῶν μισοκατεργασμένων χαλυβδίνων προϊόντων τοῦ ἐμπορίου [ἐλάσματα (λαμαρίνες), ράβδοι (βέργες), ταινίες (λάμες), σύρματα, μορφοδοκοί (μορφοσίδηρος ἢ προφίλ) καί σωλῆνες]. Καί τοῦτο, γιατί τὰ προϊόντα αὐτά εἶναι κατά βάση ἐκεῖνα, πού μορφοποιοῦμε παραπέρα μέ τίς κατεργασίες κοπῆς καί διαμορφώσεως, ὅπως καί μέ τίς διάφορες μεθόδους συνδέσεως, σέ ἔτοιμα κομμάτια ἢ προϊόντα.

Στό κεφάλαιο αὐτό, συμπληρώνοντας τά ὅσα βασικά ἀναπτύξαμε στό Μ.Ε., θά συνεχίσουμε μέ τά σιδηροῦχα κράματα καί συγκεκριμένα μέ:

- α) Τήν παρασκευή τοῦ χυτοσίδηρου καί τοῦ χάλυβα.
 - β) Τούς χάλυβες καί τίς θερμικές τους κατεργασίες.
 - γ) Τήν προτυποποίηση καί τή βιομηχανική χρήση τῶν χαλύβων, ὡς χαλύβων κατασκευῶν, χαλύβων ἐργαλείων καί ὡς εἰδικῶν χαλυβοκραμάτων καί
 - δ) τοὺς χυτοσίδηρους.
- Κατόπιν θά μιλήσουμε, πιό συνοπτικά ὅμως, γιά:
- ε) Τά μή σιδηροῦχα μέταλλα καί κράματα.
 - στ) Τά προϊόντα τῆς κonioμεταλλουργίας καί
 - ζ) γιά τὰ πλαστικά (συνθετικές ὕλες) στίς μηχανουργικές κατασκευές.

3.1.2 Σύντομη ἐπανάληψη τῆς ὕλης.

Παρακάτω θά ἐπαναλάβουμε σύντομα τά ἀντικείμενα ἀπό τά μηχανουργικά μεταλλικά ὑλικά, πού διδάχθηκαν στό Μ.Ε. καί δέν θά συνεχισθοῦν στό βιβλίο αὐτό. Γιά τά ὑπόλοιπα, δηλαδή γιά τά σιδηροῦχα κράματα, δέν θά προβοῦμε σέ ἐπανάληψη, ἀλλά, ὅταν μιλήσουμε γι' αὐτά, θά κάνουμε τότε τή σχετική ἀναδρομή στήν ὕλη πού διδάχθηκε.

Μηχανουργικά ὑλικά εἶναι τά ὑλικά πού τὰ μορφοποιοῦμε σέ χρήσιμα βιομηχανικῶς κομμάτια ἢ προϊόντα μέ κάποια (ἢ καί μέ συνδυασμό) ἀπό τίς βασικές κατεργασίες καί μεθόδους μορφοποιήσεως (τίς ἔχομε ἀπαριθμήσει στήν ἀρχή τῆς παραγράφου 3.1.1).

Μέταλλο ὀνομάζουμε τό στοιχεῖο (ἀπλό σῶμα τῆς Χημείας), πού τό παίρνομε μετά ἀπό κατάλληλη μεταλλουργική ἐπεξεργασία καί πού ἔχει, στή στερεή κατάσταση, εἰδική λάμψη - μεταλλική, ὅπως τή λέμε - καί συνήθως ἐξαιρετικές ιδιότητες μηχανικῆς ἀντοχῆς καί πλαστικότητας (ὀλκιμότητα ἢ ἐλατότητα). Τά μέταλλα εἶναι σῶματα κρυσταλλικά καί παρουσιάζουν ἐπί πλέον καί χαρακτηριστικές τεχνολογικές ιδιότητες μορφοποιήσεως, ὅπως εἶναι ἡ κατεργαστικότητα, ἡ συγκολλητότητα καί ἡ χυτευτότητα.

Στά κρυσταλλικά σῶματα, ὅπως τά μέταλλα καί τά κράματα, τά ἄτομα λαμβάνουν θέσεις μέ διάταξη στό χώρο τέτοια, ὥστε αὐτή νά ἀκολουθεῖ ὀρισμένη κανονική γεωμετρική μορφή, διαφορετική γιά κάθε σῶμα. Ἡ κανονική αὐτή διάταξη στό χώρο ἀποτελεῖ ὅτι καλοῦμε **κρυσταλλικό πλέγμα**.

Τά περισσότερα ἀπό τά μέταλλα κρυσταλλώνονται (Μ.Ε., σχ. 2.2α) σύμφωνα μέ τό χωροκεντρωμένο κυβικό σύστημα, μέ τό ἐδροκεντρωμένο κυβικό ἢ τό μέγιστης πυκνότητας ἑξαγωνικό. Καί τὰ τρία αὐτά συστήματα κρυσταλλώσεως χαρακτηρίζονται ἀπό ἀπλότητα καί μεγάλη συμμετρία.

Τό μέταλλο από τήν ὑγρή του κατάσταση (ἀπό τό τήγμα) ἀποκτᾷ τήν κανονική του κρυσταλλική δομή (ἢ κρυσταλλικό ἰστό), δηλαδή **στερεοποιεῖται** ἢ **κρυσταλλώνεται** μέ τό μηχανισμό αὐτό. Ἀρχικά σέ τυχαῖες θέσεις μέσα στή μάζα τοῦ τήγματος σχηματίζονται **φύτρα** ἢ **κέντρα κρυσταλλώσεως**. Στά φύτρα προστίθενται προοδευτικά ἄτομα, πού καταλαμβάνουν τίς προβλεπόμενες, ἀνάλογα μέ τό εἶδος τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος τοῦ συγκεκριμένου μετάλλου, θέσεις καί ἔτσι ἀναπτύσσονται οἱ **δενδρίτες**. Μέ τό τέλειωμα τῆς στερεοποιήσεως ἔχομε τό σχηματισμό τῶν **κόκκων** ἢ **κρυσταλλιτῶν** τοῦ μετάλλου μέ ἀκανόνιστες περιμέτρους (**σύννορα τῶν κόκκων**) καί διαφορετικό, γιά τόν κάθε κόκκο, προσανατολισμό, δηλαδή τό **πολυκρυσταλλικό** μέταλλο.

Κράμα ὀνομάζομε κάθε μεταλλικό σῶμα, πού σχηματίζεται μέ ἀνάμιξη δύο ἢ περισσοτέρων χημικῶν στοιχείων, κατά κανόνα σέ κατάσταση τήξεως, ἀπό τά ὁποῖα τό ἓνα τουλάχιστο εἶναι μέταλλο (**κύριο στοιχείο τοῦ κράματος**). Τό ἄλλο ἢ τά ἄλλα στοιχεῖα τοῦ κράματος (**προσθήκες**) εἶναι καί αὐτά μέταλλα, μποροῦν ὅμως νά εἶναι καί ἀμέταλλα ἢ μεταλλοειδή.

Μέ τήν **κραματοποίηση** (ἀνάμιξη σέ κατάσταση τήξεως τοῦ κύριου στοιχείου τοῦ κράματος μέ τίς προσθήκες, γιά νά παρασκευασθεῖ τό κράμα) ἐπιτυγχάνονται βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες τοῦ κύριου στοιχείου τοῦ κράματος.

Μηχανικές ιδιότητες ἑνός μετάλλου (ἢ γενικότερα ἑνός ὑλικοῦ) εἶναι οἱ ιδιότητες ἐκείνες, πού ἐκφράζουν τή συμπεριφορά του, ὅταν ἐπενεργοῦν ἐπάνω σ' αὐτό φορτία. Πειραματικά προσδιοριζόμενες οἱ ιδιότητες αὐτές μᾶς δίνουν στοιχεῖα σχετικά μέ τήν ἀντοχή τοῦ ὑλικοῦ σέ διάφορες καταπονήσεις (**μηχανική ἀντοχή τοῦ ὑλικοῦ**), ὅπως καί μέ τή συμπεριφορά του ἀπέναντι σέ μόνιμες ἀλλαγές στή μορφή του (**διαμορφώσεις**).

Μέ τή δοκιμασία τοῦ ἐφελκυσμοῦ προσδιορίζονται τό ὄριο διαρροῆς τοῦ ὑλικοῦ, τό ὄριο θραύσεως ἢ ἡ μέγιστη ἀντοχή του, ὅπως ἀκόμα καί ἡ ἀνηγμένη ἐπιμήκυνση θραύσεως. Εἶναι βασικές μηχανικές ιδιότητες τοῦ ὑλικοῦ καί ἀναφέρονται στίς προδιαγραφές του.

Ἡ σκληρότητα ἑνός μετάλλου προσδιορίζεται ἀπό τήν ὁμώνυμη δοκιμασία καί ἡ δυσθραυστότητα ἀπό τή δοκιμασία κρούσεως.

Ὅρισμένες ἀπό τίς μηχανικές καί τεχνολογικές ιδιότητες τῶν μετάλλων (ἢ κραμάτων) χαρακτηρίζουν τή συμπεριφορά τους ἀπέναντι στίς κατεργασίες καί μεθόδους μορφοποιήσεως. Ὡς τέτοιες ἀναφέραμε τήν ὀλκιμότητα καί ἐλατότητα, τήν κατεργαστικότητα, τή συγκολλητότητα καί τή χυτευτότητα.

Ὀλκιμότητα εἶναι ἡ ἰκανότητα ἑνός μετάλλου ἢ κράματος νά μπορεῖ, μέ πλαστική παραμόρφωση, νά ἐκλεπυνθεῖ, ὅταν ἀσκηθοῦν ἐπάνω του ἐφελκυστικές τάσεις, χωρίς βέβαια νά ὑποστῇ ρωγμές. Ἀντίθετα, ἡ **ἐλατότητα** ἑνός μετάλλου ἐκφράζει τήν ἰκανότητά του νά παραμορφώνεται πλαστικά, ὅταν ἐπιβληθοῦν σ' αὐτό θλιπτικές τάσεις.

Ἡ **κατεργαστικότητα** χαρακτηρίζει τή σχετική εὐκολία κατεργασίας ἑνός μετάλλου μέ κοπή. Ἡ **συγκολλητότητα** ἀναφέρεται στήν εὐκολία πού παρουσιάζει ἓνα μέταλλο νά συγκολλᾶται, χωρίς νά ἐμφανίζονται ἐλαττώματα στίς θέσεις συγκολλήσεως καί τέλος ἡ **χυτευτότητα** χαρακτηρίζει τήν εὐκολία, μέ τήν ὁποία μπορεῖ

ένα μέταλλο ή κράμα να χυτευθεί ικανοποιητικά, δηλαδή χωρίς να παρουσιάζει έλαττώματα, σε λεπτές ή περίπλοκες διατομές.

Τά περισσότερα από τὰ μέταλλα καί τὰ κράματα ύφίστανται **σκληύρωση** μετά άπό έντονη πλαστική παραμόρφωση. Οί κρυσταλλίτες τους **παραμορφώνονται μόνιμα** προς κάποια κατεύθυνση καί τό ύλικό άποκτá γενικά ψηλότερο όριο διαρροής καί όριο θραύσεως, μικρότερη έπιμήκυνση θραύσεως (άρα μειωμένη όλκιμότητα ή έλατότητα), μεγαλύτερη σκληρότητα καί μικρότερη δυσθραυστότητα.

Τά άποτελέσματα της σκληύρωσεως έξαφανίζονται (τό μέταλλο ή κράμα δηλαδή άναλαμβάνει τίς κανονικές, πριν άπό τή σκληύρωση, μηχανικές του ιδιότητες) με τήν άνόπτηση γιά άνακρυστάλλωση. Ό μηχανισμός της άνακρυσταλλώσεως έξηγείται παραστατικά στό σχήμα 2.5β του Μ.Ε.

Τά χαλύβδινα μισοκατεργασμένα προϊόντα του έμπορίου (έλάσματα, ράβδοι, ταινίες κ.ά.) προέρχονται άπό τὰ πλινθώματα (χελώνες) του χάλυβα, τὰ όποια παίρνομε κατά τήν παρασκευή του (παράγρ. 3.2.2). Ό διαδικασία πού άκολουθούμε γιά τήν παραγωγή τους είκονίζεται στό σχήμα 2.7α του Μ.Ε.

Άντί γιά έπανάληψη της προτυποποίησης των χαλυβδίνων μισοκατεργασμένων προϊόντων θά δώσομε στό μαθητή τήν εύκαιρία νά έξηγήσει συμβολισμούς τέτοιων προϊόντων άμέσως παρακάτω.

3.1.3 Έρωτήσεις καί άσκήσεις έπάνω στην ύλη του δεύτερου Κεφαλαίου του Μ.Ε.

1. Νά έξηγήσετε με άπλό τρόπο τούς παρακάτω όρους: **μηχανουργικό ύλικό, κρυσταλλικό πλέγμα, κράμα, κρυσταλλίτης, κραματοποίηση.**
2. Σέ ποιές βασικές κατηγορίες ταξινομούμε τὰ μηχανουργικά ύλικά. Νά άναφέρτε τρία ύλικά άπό κάθε μία κατηγορία.
3. Σέ ποιά όμάδα μεταλλικών ύλικών άνήκει τό καθένα άπό τὰ μέταλλα ή κράματα: χαλκός, χάλυβας, άργίλιο καί ένα κράμα του.
4. Ποιός είναι ό μηχανισμός της στερεοποίησης ενός μετάλλου;
5. Ποιές είναι οί βασικές μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων;
6. Τί είναι κατεργαστικότητα καί τί όλκιμότητα ενός μετάλλου;
7. Ποιές ιδιότητες νομίζετε ότι ένδιαφέρουν τήν κάμψη έν ψυχρῶ ενός μετάλλου;
8. Τί παθαίνει ένα μέταλλο ή κράμα μετά άπό σκληύρωση;
9. Με άπλά σκίτσα νά έξηγήσετε τό μηχανισμό της άνακρυσταλλώσεως ενός σκληρωμένου μετάλλου.
10. Πώς παράγεται μία μορφοδοκός του έμπορίου; Νά σχεδιάσετε άπλά τή σχετική διαδικασία.
11. Νά έξηγήσετε τόν καθένα συμβολισμό των παρακάτω χαλυβδίνων μισοκατεργασμένων προϊόντων του έμπορίου.

Φ 8 x 4000 DIN 59361 C45,
 □ 40 x 10 x 5000 DIN 1017 St 37,
 L 35 x 3 x 4000 DIN 1028 St 34,
 C 120 x 4000 DIN 1026 St 37,
 Bl 3 x 1000 x 2000 DIN 1542 St 52,

□ 14 x 4000 DIN 1014 St 37,
 T 50 x 3000 DIN 1024 St 42,
 L 40 x 20 x 3 + 4000 DIN 1029 St 34,
 I 100 x 3000 DIN 1025 St 50,
 Rohr 60 x 4 DIN 2391 St 45

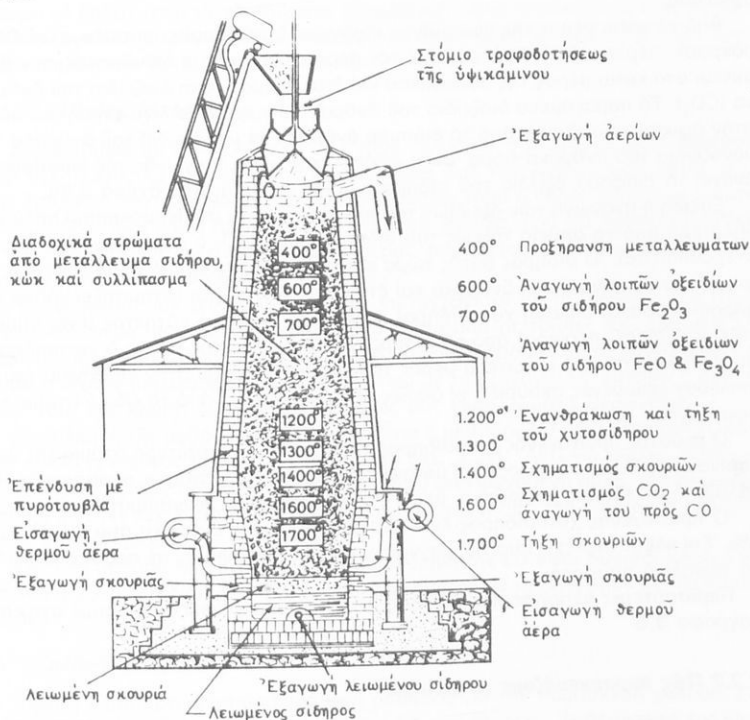
3.2 Ό παρασκευή του χυτοσίδηρου καί του χάλυβα.

3.2.1 Πώς παρασκευάζεται ό πρωτογενής χυτοσίδηρος.

Ό κύρια πρώτη ύλη γιά τήν παρασκευή των σιδηρούχων κραμάτων (χυτοσιδή-

ρων καί χαλύβων) γιά βιομηχανική χρήση εἶναι ὁ **πρωτογενής χυτοσίδηρος**. Εἶναι τὸ προϊόν τῆς **ὕψικαμίνου** (σχ. 3.2α) καί παράγεται ἀπὸ μεταλλεύματα σιδήρου, ὅπως εἶναι ὁ μαγνητίτης (Fe_3O_4 , μέ 72% σίδηρο), ὁ αἱματίτης (Fe_2O_3 , μέ περιεκτικότητα σέ σίδηρο ἀπὸ 40% ἕως 65%), ὁ λειμωνίτης (μέ 20% μέχρι 55% σίδηρο), ὁ σιδηρίτης (FeCO_3 , μέ χαμηλή περιεκτικότητα σέ σίδηρο) καί ὁ σιδηροπυρίτης (FeS_2).

Τὰ σιδηρομεταλλεύματα, πρὶν ἀπὸ τὴ μεταλλουργική τους ἐπεξεργασία (τὴν ἐξαγωγή δηλαδή τοῦ μετάλλου ἀπὸ τὸ μέταλλευμα) ὑποβάλλονται σέ **μηχανική προεργασία**, πού περιλαμβάνει: κοσκίνισμα (ἀπομάκρυνση γαιωδῶν προσμίξεων), μαγνητικό διαχωρισμό, λειοτρίβηση (κονιοποίηση σέ εἰδικούς τριβεῖς) καί ἐμπλουτισμό.



Σχ. 3.2α.

Σχηματική παράσταση μιᾶς ὕψικαμίνου καὶ κατάστασης, στὴν ὁποία βρίσκεται κατὰ τὴ λειτουργία της. (Οἱ θερμοκρασίες δίνονται σέ °C).

Ὁ πρωτογενής χυτοσίδηρος παρασκευάζεται στὴν ὕψικαμίνου ὡς ἑξῆς:

Ἀπὸ τὸ στόμιο τροφοδοτήσεως τῆς ὕψικαμίνου εἰσάγονται σέ ἐναλλασσόμενα στρώματα τὸ **μέταλλευμα**, μετὰ τὴ μηχανική του προεργασία, **ἄνθρακας** (μεταλ-

Λουρηγικό κόκκ^{*)} και **συλλιπάσματα**. Ο άνθρακας χρειάζεται για την πύρωση(*) της ύψικαμίνου, για την άναγνή (άπόσπαση του όξυγόνου) των όξειδίων του σιδήρου με τη βοήθεια του παραγόμενου μονοξειδίου του άνθρακα (CO), όπως θα δούμε άμέσως παρακάτω και τέλος για την ένανθράκωση του σιδήρου. Τά συλλιπάσματα, κατά την έπεξεργασία του μεταλλεύματος στην ύψικαμίνου, σχηματίζουν με τίς ξένες προσμίξεις χημικές ενώσεις, τίς **σκουριές**. Οι σχηματιζόμενες σκουριές έχουν χαμηλό σημείο τήξεως και μικρό είδικό βάρος και έτσι αποχωρίζονται εύκολα από τόν παραγόμενο χυτοσίδηρο και έπιπλέουν. Όταν τό μετάλλευμα έχει άσβεστολιθικές προσμίξεις, τά συλλιπάσματα είναι πυριτικές ενώσεις άργιλιού, ένw, όταν οι προσμίξεις είναι πυριτικές, τά συλλιπάσματα είναι άσβεστολιθικά. Και τίς δύο περιπτώσεις οι σκουριές που σχηματίζονται είναι πυριτικές και άργλικές ενώσεις άσβεστίου.

Άπό τό κάτω μέρος της ύψικαμίνου εισάγεται ξηρός προθερμασμένος (σέ θερμοκρασία περίπου 800°C) άέρας. Με τόν άέρα αυτόν καίεται ο άνθρακας, που βρίσκεται στο κάτω μέρος της ύψικαμίνου και έτσι σχηματίζεται διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Τό παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα άνερχόμενο λίγο ψηλότερα μέσα στην ύψικαμίνου άνάγεται από τό διάπυρο άνθρακα σέ μονοξείδιο του άνθρακα. Τό μονοξείδιο του άνθρακα τώρα, όταν φθάσει στή ζώνη άναγωγής της ύψικαμίνου, άνάγει τά διάφορα όξείδια του σιδήρου, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2α.

Έπειδή ή άναγωγή των όξειδίων του σιδήρου γίνεται σέ θερμοκρασία πολύ χαμηλότερη από τό σημείο τήξεως του σιδήρου (1528°C), ο παραγόμενος σίδηρος στερεοποιείται. Ο σίδηρος αυτός τώρα κατερχόμενος σέ χαμηλότερη ζώνη της ύψικαμίνου προσλαμβάνει άνθρακα και έτσι κραματοποιείται (σχηματίζει κράμα σιδήρου-άνθρακα, δηλαδή χυτοσίδηρο) και έπειδή είναι πιό εύτηκτος (έχει σημείο τήξεως 1300°C περίπου) από τό σίδηρο, λειώνει. Ρευστός πλέον ο χυτοσίδηρος συγκεντρώνεται στο κατώτερο μέρος της ύψικαμίνου, ένw στην έπιφάνειά του έπιπλέουν λειωμένες σκουριές, οι όποιες άπομακρύνονται από τό είδικό στόμιο της ύψικαμίνου.

Ο ρευστός πρωτογενής χυτοσίδηρος χύνεται από τό κατώτερο στόμιο της ύψικαμίνου (σχ. 3.2α) σέ κάδους και μεταφέρεται τίς έγκαταστάσεις παρασκευής του χάλυβα ή σέ τύπους (καλούπια), όπου στερεοποιείται σέ πλινθώματα (χελώνες).

Ο πρωτογενής χυτοσίδηρος έχει περιεκτικότητα σέ άνθρακα από 3,00% έως 4%. Έπί πλέον περιέχει πυρίτιο, μαγγάνιο, θείο και φωσφόρο, σέ σημαντικό σχετικά συνολικό ποσοστό.

Περισσότερες πληροφορίες για τούς χυτοσίδηρους γενικά θα δώσουμε στην παράγραφο 3.6.

3.2.2 Πώς παρασκευάζομε τό χάλυβα.

Και ο χάλυβας είναι κράμα σιδήρου και άνθρακα, στο όποιο μπορεί νά προστεθεί μία ή περισσότερες προσθήκες άκόμα. Η περιεκτικότητα του χάλυβα σέ άνθρακα είναι συνήθως μικρότερη από 2,00%. Επίσης οι ξένες προσμίξεις (μαγγά-

(*) Άν ή αύξηση της θερμοκρασίας ύπερβαίνει τούς 500°C, τότε μιλούμε για **πύρωση**, ένw αν φθάνει περίπου μέχρι 400°C έως 500°C για **θέρμανση**.

νιο, πυρίτιο, θείο καί φωσφόρος) είναι ποσοτικά περιορισμένες σέ σύγκριση μέ τήν αναλογία τους στους χυτοσίδηρους.

Τό χάλυβα τόν παίρνομε από λευκό πρωτογενή χυτοσίδηρο [παράγρ. 3.6.2(A)] μειώνοντας τήν περιεκτικότητά του σέ άνθρακα καί σέ άλλα ξένα στοιχεία μέ πύρρωση του σέ ειδικές καμίνους καί όξειδωση τών προσμίξεων του.

Ή έπεξεργασία του λευκού πρωτογενούς χυτοσίδηρου γιά τήν παρασκευή του χάλυβα γίνεται μέ τίς ακόλουθες μεθόδους:

- Μέ τή μέθοδο Bessemer (Μπέσσεμερ).
- Μέ τή μέθοδο Siemens-Martin (Σήμενς-Μαρτέν) καί
- μέ τήν ήλεκτρική μέθοδο.

Έτσι παρασκευαζόμενος ό ρευστός χάλυβας άποχύνεται σέ καλούπια μέ άποτέλεσμα νά παράγονται τά **πλινθώματα** (ή **χελώνες**). Από τά πλινθώματα μέ σειρά άπό κατεργασίες διαμορφώσεως παράγονται τά διάφορα χαλύβδινα μισοκατεργασμένα προϊόντα [Μ.Ε. παράγρ. 2.7(A)].

A. Ή μέθοδος Μπέσσεμερ.

Χρησιμοποιείται ειδική κάμιнос σέ σχήμα άχλαδιοϋ, πού λέγεται **άπίδι Μπέσσεμερ** (σχ. 3.2β). Έχει δυνατότητα περιστροφής άπό τήν κατακόρυφη θέση μέχρι τήν όριζόντια, ώστε νά μπορεί νά γίνει μέ εύκολία τόσο ή πλήρωσή του μέ ρευστό χυτοσίδηρο, όσο καί ή άπόχυση του ρευστου χάλυβα, πού θά παρασκευασθεί.

Τό άπίδι Μπέσσεμερ άπό τό άνω μέρος φορτίζεται μέ διάπυρο χυτοσίδηρο προερχόμενο άπό τήν ύψικάμινο.

Ή όξειδωση τών ξένων προσμίξεων έπιτυγχάνεται μέ τό όξυγόνο του άτμοσφαιρικού άέρα, πού προσφυσσάται ύπό πίεση άπό τίς τρύπες του πυθμένα τής καμίνου μέσα άπό τό διάπυρο χυτοσίδηρο. Αρχικά όξειδώνεται τό μαγγάνιο καί τό πυρίτιο (έχουν μεγαλύτερη χημική συγγένεια μέ τό όξυγόνο) καί κατόπιν ό άνθρακας. Από τήν καύση αύτή έκλύεται, όπως μās είναι γνωστό θερμότητα.

Παραλλαγή τής μεθόδου Μπέσσεμερ είναι ή μέθοδος LD (Linz-Donawitz), κατά τήν όποία ή κάμιнос έχει κλειστό πυθμένα (σχ. 3.2γ). Αντί γιά άέρας, εισάγεται στήν κάμινο όξυγόνο (ή άλλο όξειδωτικό μέσο) άπό ψυχόμενο αϋλό, του όποίου τό στόμιο φθάνει μέχρι μία όρισμένη άπόσταση έπάνω άπό τήν έπιφάνεια του ρευστου χυτοσίδηρου.

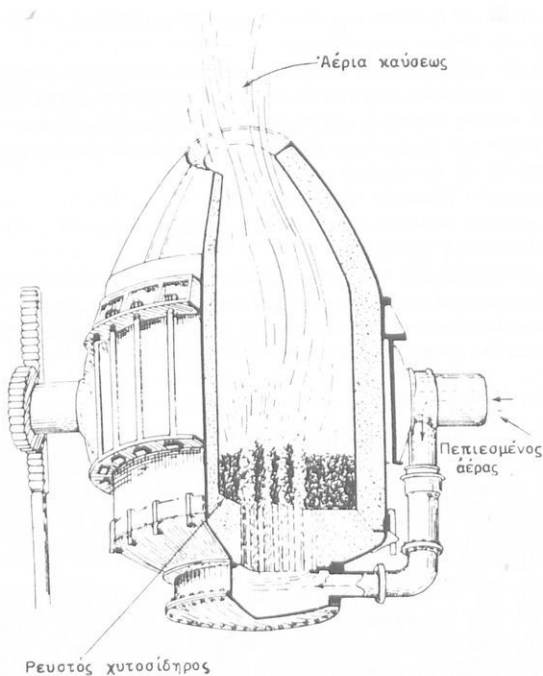
Κατά τή μέθοδο Μπέσσεμερ ή τήν παραλλαγή της LD είναι δυνατό, μέσα στήν κάμινο, μαζί μέ τό διάπυρο πρωτογενή χυτοσίδηρο νά προστεθοϋν καί παλαιοσιδηρικά.

B. Ή μέθοδος Σήμενς-Μαρτέν.

Είναι ή εύρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος γιά τήν παρασκευή χάλυβα. Στο σχήμα 3.2δ εικονίζεται μία τυπική κάμιнос Σήμενς-Μαρτέν. Ή θέρμανσή της γίνεται συνήθως μέ καύσιμα άέρια (άπό άεριογόνα). Τά άέρια αυτά προθερμαίνονται σέ προθερμαντήρες, πού βρίσκονται κάτω άπό τήν κάμινο. Μέ τή χρήση τών προθερμαντήρων αυτών ή θερμοκρασία στήν κάμινο μπορεί νά φθάσει τούς 1700°C.

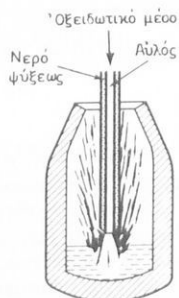
Τό γεμίσμα τής καμίνου αύτής μπορεί νά είναι είτε λειωμένος πρωτογενής χυτοσίδηρος μόνο, είτε παλαιοσιδηρικά μόνο, είτε συνδυασμός άπό ρευστό χυτοσίδηρο ή χυτοσίδηρο σέ πλινθώματα καί παλαιοσιδηρικά.

Ή πιό συνηθισμένη πρακτική είναι ή χρησιμοποίηση ως γεμίσματος τής καμίνου



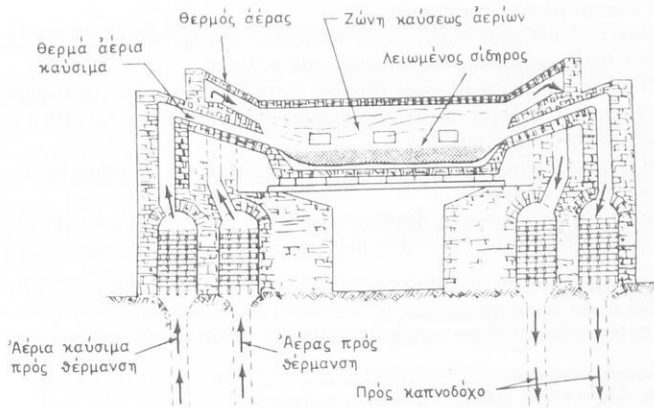
Σχ. 3.2β.

Άπιδι Μπέσσεμερ για την παρασκευή χάλυβα.



Σχ. 3.2γ.

Παρασκευή χάλυβα με τη μέθοδο LD.



Σχ. 3.26.

Σχηματική παράσταση της καμίνου Σήμενς-Μαρτέν για την παρασκευή χάλυβα.

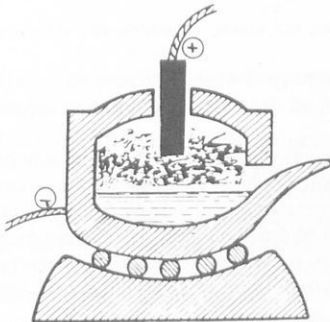
παλαιοσιδηρικών, χυτοσίδηρου σέ πλινθώματα καί ρευστού χυτοσίδηρου μαζί. Αρχικά εισάγονται στην κάμινο τὰ παλαιοσιδηρικά καί ὁ στερεός χυτοσίδηρος γιά νά λειώσουν. Δύο ἕως τρεῖς ὥρες μετά τήν τήξη τους προστίθεται ὁ ρευστός χυτοσίδηρος. Ὁ χρόνος παρασκευῆς τοῦ χάλυβα μέ τή μέθοδο αὕτη μπορεῖ νά ἐλαττωθεῖ μέ εἰσαγωγή ὀξυγόνου ἀπό τήν ὀροφή τῆς καμίνου μέσα στό θάλαμο καύσεως μετά τήν εἴσοδο τοῦ ρευστοῦ χυτοσίδηρου.

Ὁ χάλυβας πού παρασκευάζεται μέ τή μέθοδο αὕτη εἶναι ἀνώτερης ποιότητος ἀπό ἐκεῖνο πού παρασκευάζεται μέ τή μέθοδο Μπέσσεμερ.

Γ. Ἡ ἠλεκτρική μέθοδος.

Μέ τή μέθοδο αὕτη ἡ παρασκευή τοῦ χάλυβα γίνεται σέ ἠλεκτρικές καμίνους (σχ. 3.2ε).

Ὡς γέμισμα τῆς ἠλεκτρικῆς καμίνου χρησιμοποιοῦνται συνήθως κατάλληλα ἐπιλεγμένα παλαιοσιδηρικά παρά πρωτογενῆς χυτοσίδηρος. Ἡ θέρμανση τοῦ γεμί-



Σχ. 3.2ε.

Ἡλεκτρική κάμινο παρασκευῆς χάλυβα.

σματος γίνεται με ηλεκτρικό τόξο.

Η ηλεκτρική μέθοδος παρουσιάζει τα ακόλουθα σοβαρά πλεονεκτήματα απέναντι στις άλλες μεθόδους παρασκευής του χάλυβα:

- Ο τρόπος πυρώσεως είναι τέτοιος, ώστε να δημιουργείται καθαρή ατμόσφαιρα στο θάλαμο τήξεως της καμίνου και να αποφεύγεται έτσι η μόλυνση του παραγόμενου χάλυβα.
- Η θερμοκρασία, η περιεκτικότητα σε άνθρακα και η κραματοποίηση ελέγχονται με ακρίβεια.

Για τούς λόγους αυτούς η ηλεκτρική μέθοδος είναι κατάλληλη για την παρασκευή χάλυβα ανώτερης ποιότητας (π.χ. χαλυβοκραμάτων, παράγρ. 3.3.3).

3.2.3 Έρωτήσεις.

1. Τι είναι ο πρωτογενής χυτοσίδηρος;
2. Να περιγράψετε σύντομα τον τρόπο παρασκευής του πρωτογενούς χυτοσίδηρου στην ύψικαμινο.
3. Τι ονομάζουμε χάλυβα;
4. Ποιές είναι οι κύριες μέθοδοι παρασκευής του χάλυβα;
5. Να περιγράψετε συνοπτικά μία, κατά την κρίση σας, από τις χρησιμοποιούμενες στην πράξη μεθόδους παρασκευής του χάλυβα.
6. Να κατατάξετε τις βασικές μεθόδους παρασκευής του χάλυβα κατά σειρά καλύτερεύσεως της ποιότητας του χάλυβα, τον οποίο παίρνουμε από την κάθε μία από αυτές.

3.3 Οι χάλυβες.

3.3.1 Γενικά.

Ο χάλυβας με μοναδική προσθήκη τόν άνθρακα, ονομάζεται **άνθρακούχος χάλυβας** [παράγρ. 3.3.2, 3.5.2(A)], ενώ όταν περιέχει μία ή περισσότερες προσθήκες επί πλέον του άνθρακα καλείται **χαλυβόκραμα** [παράγρ. 3.3.3, 3.5.2(B)].

Η μεγάλη σημασία που έχουν σήμερα οι χάλυβες ως μορφοποιήσιμο βιομηχανικό υλικό οφείλεται στους έξι βασικούς παράγοντες:

- α) Είναι φθηνότεροι συγκρινόμενοι με άλλα υλικά, που θα μπορούσαν να τούς υποκαταστήσουν σε δοσμένη εφαρμογή.
- β) Τους βρίσκουμε σε μεγάλη ποικιλία ειδών (ως χάλυβες κατασκευών, χάλυβες εργαλείων κλπ.), όπως και σε διάφορα μεγέθη και μορφές (ελάσματα, ράβδοι, ταινίες, μορφοδοκοί κ.ά.).
- γ) Παρουσιάζουν καλές μηχανικές ιδιότητες και καλές τεχνολογικές ιδιότητες για μορφοποίηση.
- δ) Με κατάλληλες θερμικές κατεργασίες (παράγρ. 3.4) είναι δυνατό να αποκτήσουν βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες ή να αλλάξουν σημαντικά οι μηχανικές τους ιδιότητες.

Στις άμεσες επόμενες σελίδες θα μιλήσουμε για την κρυσταλλική δομή των άνθρακούχων χαλύβων (τό είδος της κρυσταλλικής δομής γενικά των χαλύβων επηρεάζει σημαντικά τις μηχανικές και άλλες ιδιότητές τους) και για την επίδραση των προσθηκών στα χαλυβοκράματα, όπως και για τα διάφορα είδη χαλυβοκραμάτων, που συναντούμε. Όλα αυτά θα μας βοηθήσουν για να ασχοληθούμε αργότερα με τις θερμικές κατεργασίες των χαλύβων (παράγρ. 3.4) και με τις βιομηχανικές τους εφαρμογές (παράγρ. 3.5).

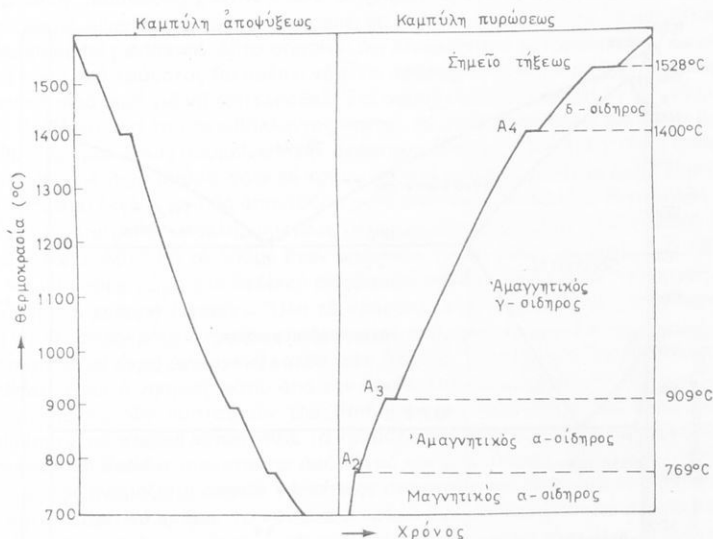
3.3.2 Η κρυσταλλική δομή των άνθρακούχων χαλύβων.

Οι άνθρακοί χαλύβες έχουν περιεκτικότητα σε άνθρακα μικρότερη από 2,00% και πρακτικά από 0,01% μέχρι 1,50%.

Τα κρυσταλλικά είδη που παρουσιάζονται στους άνθρακούχους χαλύβες, αλλά και γενικότερα στα κράματα σιδήρου-άνθρακα, μπορούμε να τα γνωρίσουμε με τη βοήθεια του **θερμικού διαγράμματος ισορροπίας** (ή απλούστερα του **θερμικού διαγράμματος**) των κραμάτων αυτών.

Προτού όμως ασχοληθούμε με αυτό, είναι αναγκαίο να μιλήσουμε πρώτα για τις **άλλοτροπίες** του σιδήρου.

Ο καθαρός σίδηρος, όταν πυρρωθεί ή αποψυχθεί μέχρι τη θερμοκρασία του δωμάτιου, παρουσιάζει διαφορετικές μορφές στην κρυσταλλική του δομή. Έτσι κατά την πύρωση του σιδήρου (δεξιά καμπύλη του σχήματος 3.3α) μέχρι την τήξη του



Σχ. 3.3α.

Καμπύλη πυρώσεως και αποψύξεως του καθαρού σιδήρου.

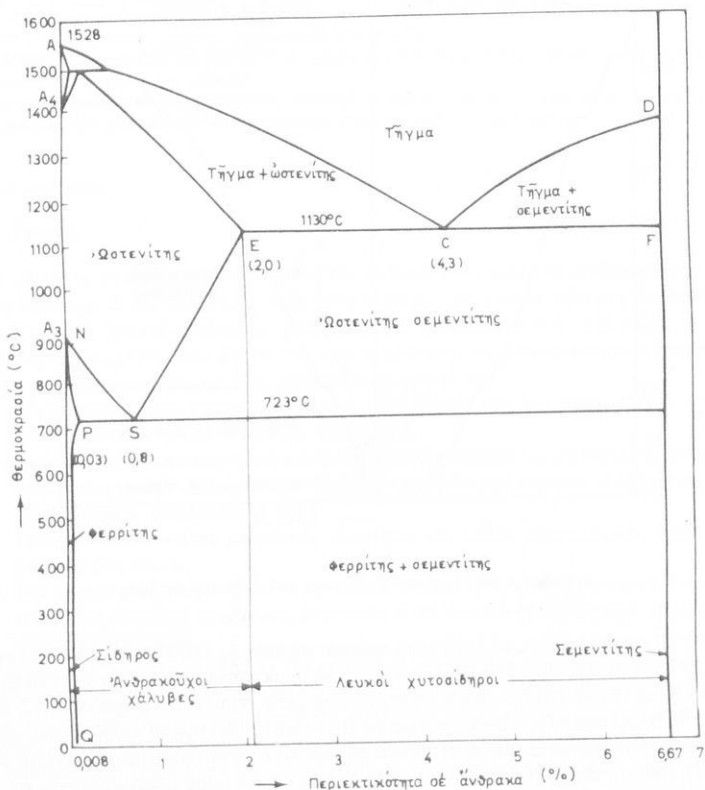
(1528°C) παρατηρούμε τα λεγόμενα **κρίσιμα σημεία** A₂ (769°C), A₃ (909°C) και A₄ (1400°C). Στα σημεία αυτά βλέπουμε ότι η θερμοκρασία παραμένει για ένα βραχύ χρονικό διάστημα στάσιμη και κατόπιν ανυψώνεται πάλι. Αυτό σημαίνει ότι ο σίδηρος στις θερμοκρασίες αυτές απορροφά θερμότητα (ένεργεια) χωρίς όμως να αυξάνεται η θερμοκρασία του, άρα κάποια μεταβολή ή μετασχηματισμός γίνεται μέσα του. Πράγματι, όπως βλέπουμε στο σχήμα 3.3α, ο σίδηρος παρουσιάζεται σε δύο άλλοτροπικές μορφές, δηλαδή, είτε ως **δ-σίδηρος** (δ-σίδηρος ή δ-Fe) μέχρι το κρίσιμο σημείο A₃ και ως **δ-σίδηρος** (δ-σίδηρος ή δ-Fe) στο σημείο A₄ και πέ-

ρα από αυτό μέ χωροκεντρωμένο κυβικό κρυσταλλικό πλέγμα, είτε ως **γάμα-σίδηρος** (γ -σίδηρος ή γ -Fe) από τό κρίσιμο σημείο A_3 μέχρι τό A_4 μέ έδροκεντρωμένο κυβικό κρυσταλλικό πλέγμα. Ο α-σίδηρος είναι μαγνητικός μέχρι τό κρίσιμο σημείο A_2 καί κατόπιν μή μαγνητικός έως τό A_3 . Ο γ -σίδηρος δέν είναι μαγνητικός.

Κατά τήν απόψυξη του τήγματος καθαρού σιδήρου, παρατηρούνται οι ίδιες μεταβολές στην κρυσταλλική του δομή κατά αντίστροφη όμως τάξη στά ίδια περίπου σημεία A_4 , A_3 καί A_2 , όπως κατά τήν πύρωσή του.

Έχοντας υπ' όψη τά όσα είπαμε γιά τίς αλλοτροπικές μορφές πού παίρνει ο καθαρός σίδηρος κατά τήν πύρωση ή τήν απόψυξή του, άς δούμε τώρα τό θερμικό διάγραμμα των κραμάτων σιδήρου-άνθρακα.

Έδώ πρέπει νά σημειώσουμε ότι ο άνθρακας στους χάλυβες δέν βρίσκεται έλεύθερος [υπό μορφή γραφίτη, όπως π.χ. στους φαιούς χυτοσίδηρους, παράγρ. 3.6.2(B)], αλλά σχηματίζει μέ τό σίδηρο ένα σκληρό καί εύθραστο καρβίδιο, πού



Σχ. 3.3β.

Όλόκληρο τό θερμικό διάγραμμα των κραμάτων σιδήρου-σεμεντίτη.

τό ονομάζομε **σεμεντίτη** (FeC) μέ περιεκτικότητα σέ άνθρακα 6,67%. Γιά τό λόγο αυτό τό θερμικό διάγραμμα τών κραμάτων σιδήρου-άνθρακα τό μετονομάζομε σέ **θερμικό διάγραμμα κραμάτων σιδήρου-σεμεντίτη**.

Όλοκληρω τό θερμικό διάγραμμα τών κραμάτων σιδήρου-σεμεντίτη εικονίζεται στό σχήμα 3.3β. Στόν όριζόντιο άξονα τοῦ διαγράμματος θέτομε τήν περιεκτικότητα τοῦ κράματος σέ άνθρακα, δηλαδή από $\pi(C) = 0,00\%$ έως $\pi(C) = 6,67\%$ (σεμεντίτης) καί στόν κατακόρυφο άξονα τή θερμοκρασία*. Τό διάγραμμα αυτό (ιδιαίτερα τό τμήμα του, πού αναφέρεται στοῦς άνθρακούχους χάλυβες, σχήμα 3.3γ) μās δίνει πληροφορίες γιά δύο σημαντικά στοιχεία, πού ένδιαφέρουν τίς βιομηχανικές χρήσεις τών χαλύβων: τό ένα είναι ή θερμοκρασία, στήν όποία αρχίζει καί τελειώνει ή στερεοποίηση καί τό άλλο είναι οί μετασχηματισμοί, πού γίνονται στήν κρυσταλλική δομή τοῦ κράματος κατά τή διάρκεια τής στερεοποίησης, αλλά καί μετά από αὐτή.

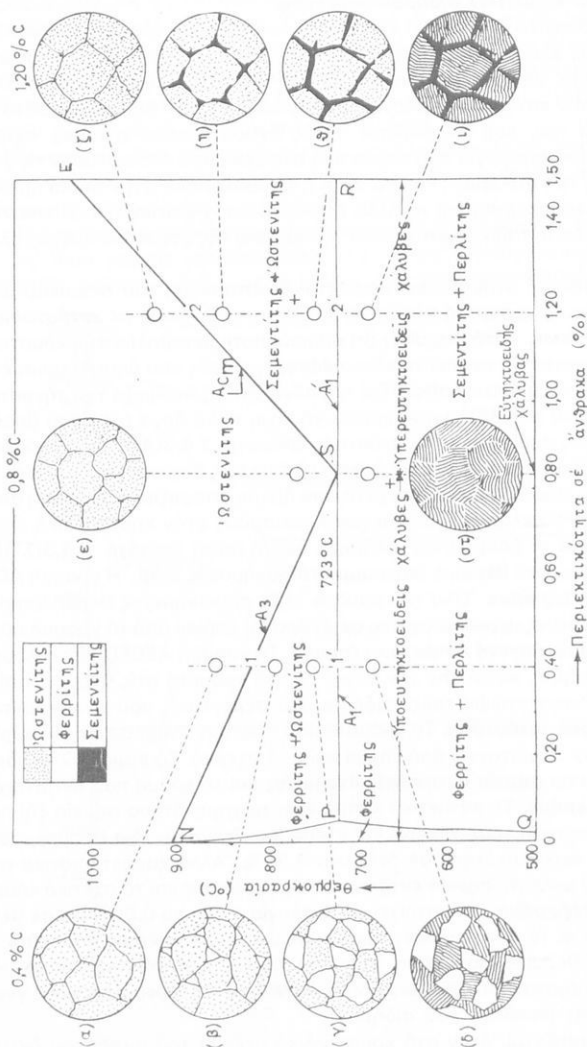
Βασική προϋπόθεση, στήν όποία στηρίζεται ή κατασκευή τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος, είναι ότι τό κράμα θά πρέπει νά βρίσκεται κάθε φορά σέ **κατάσταση ισορροπίας τών φάσεων**. Αυτό σημαίνει ότι όποιαδήποτε μεταβολή στήν κρυσταλλική δομή τοῦ κράματος θά πρέπει νά είναι **πλήρης**, γεγονός πού απαιτεῖ όρισμένο χρονικό διάστημα γιά νά επιτελεσθεῖ. Επί παραδείγματι, ή απόψυξη τοῦ τήγματος στή θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος πρέπει νά γίνει πολύ άργά (μέ πολύ βραδύ ρυθμό, ήρεμα), όπως συμβαίνει στήν άνόπτηση [παράγρ. 3.4.3(A)]. "Αν ή απόψυξη αὐτή γίνει μέ ταχύ ρυθμό, τότε τό κράμα άποκτá έντελώς διαφορετικό κρυσταλλικό ίστό, από εκείνο, πού θά άποκτοῦσε μετά από ήρεμη απόψυξη. "Η γρήγορη απόψυξη δέν επιτρέπει όλοκληρωμένους μετασχηματισμούς στήν κρυσταλλική δομή τοῦ χάλυβα. Αυτό θά τό δοῦμε όταν μιλήσομε γιά τή βαφή [παράγρ. 3.4.3(ΣΤ)].

"Ας γυρίσομε τώρα στό θερμικό διάγραμμα τοῦ σχήματος 3.3β. "Η γραμμή ACD ονομάζεται **γραμμή Liquidus**. "Όλα τά κράματα (στίς σημειούμενες θερμοκρασίες καί γιά τίς αναφερόμενες περιεκτικότητες σέ άνθρακα) επάνω από τή γραμμή αὐτή βρίσκονται σέ **ύγρῃ όμοιογενή κατάσταση (τήγμα)**. Τή γραμμή AECFD τήν καλοῦμε **Solidus**. Είναι ή γραμμή, κάτω από τήν όποία όλα τά κράματα στίς θερμοκρασίες καί αναλογίες τών συστατικῶν τους (σιδήρου καί σεμεντίτη,) πού αναφέρονται, βρίσκονται σέ **στερεή κατάσταση**. Τά κράματα πού πέφτουν άνάμεσα στίς γραμμές **Liquidus** καί **Solidus** συνίστανται από τήγμα καί από στερεό. Τό σημείο C τοῦ διαγράμματος ονομάζεται **σημείο εύθηκτικῆς άναλογίας** καί τό κράμα πού αντιστοιχεῖ σ' αὐτό **εύθηκτικό κράμα**. Τό εύθηκτικό κράμα έχει τό χαμηλότερο σημείο τήξεως (άπό αὐτό καί ή όνομασία του), τήκεται καί στερεοποιεῖται στήν ἴδια θερμοκρασία (1130°C) καί έχει περιεκτικότητα σέ άνθρακα 4,30%. "Άλλο χαρακτηριστικό σημείο είναι τό S, πού καλεῖται **σημείο εύθηκτοειδοῦς άναλογίας** καί τό σχετικό κράμα είναι τό **εύθηκτοειδές κράμα**. "Αντιστοιχεῖ σέ άναλογία άνθρακα 0,80% καί σέ θερμοκρασία 723°C. Γιά τό εύθηκτοειδές κράμα θά μιλήσομε άμέσως παρακάτω.

Παρά' όλο ότι τό θερμικό διάγραμμα, πού μελετήσαμε, φαίνεται περίπλοκο, μās ένδιαφέρουν δύο κρυσταλλικά είδη, δηλαδή ό **ώστενίτης** καί ό **φερρίτης** καί ό γνωστός μας σεμεντίτης (καρβίδιο τοῦ σιδήρου).

Όστενίτης σχηματίζεται, όταν στό κρυσταλλικό πλέγμα τοῦ γ-σιδήρου διαλυ-

(*) Μέ τό σύμβολο $\pi(C)$ παριστάνομε τήν περιεκτικότητα τοῦ κράματος σέ άνθρακα επί τοῖς εκατό. "Ο ἴδιος συμβολισμός π (σύμβολο στοιχείου) θά χρησιμοποιοθεῖ στα έπόμενα γιά νά ύποδηλώσει τήν περιεκτικότητα σέ όποιοδήποτε άλλο στοιχείο.



Σχ. 3.3γ.

Τό τμήμα του θερμοκού διαγράμματος των κραμάτων σιδήρου-σεμεντίτη, που αφορά στους άνθρακους χάλυβες A_3 . Γραμμή ανώτερων κρυσμίων σημείων στην περιοχή των υποετηκτοειδών χαλύβων. A_1 : Γραμμή κατωτέρων κρυσμίων σημείων στην περιοχή των υποετηκτοειδών χαλύβων. A_{cm} : Γραμμή ανώτερων κρυσμίων σημείων στην περιοχή των υπερετηκτοειδών χαλύβων. A_1 : Γραμμή κατωτέρων κρυσμίων σημείων στην περιοχή των υπερετηκτοειδών χαλύβων.

θεϊ άνθρακας (τά άτομα του άνθρακα καταλαμβάνουν θέσεις ανάμεσα στα άτομα του σιδήρου στο κρυσταλλικό πλέγμα). Ό ώστενίτης είναι άμαγνητικός, όπως έξ άλλου και ό γ-σίδηρος. Στην περίπτωση, που άνθρακας διαλύεται σε α-σίδηρο, τότε παίρνομε τό φερρίτη. Ό φερρίτης είναι μαγνητικός μέχρι τή θερμοκρασία των 769°C (κρίσιμο σημείο A_2) και έπάνω από τή θερμοκρασία αυτή άμαγνητικός.

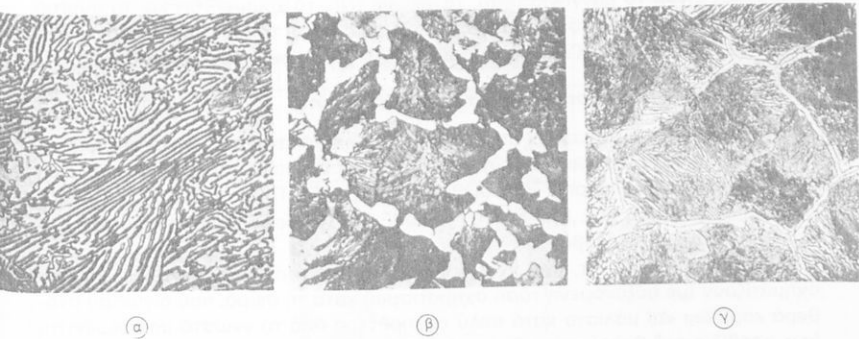
Γιά τίς πρακτικές έφαρμογές (ιδιαίτερα για τίς θερμικές κατεργασίες των άνθρακούχων χαλύβων) μās ενδιαφέρει τό τμήμα του θερμικού διαγράμματος των κραμάτων σιδήρου-σεμεντίτη, που περιλαμβάνει τούς χάλυβες, δηλαδή από $\pi(C) = 0,00\%$ μέχρι $\pi(C) = 2,00\%$ (σχ. 3.3γ).

Όπως προηγουμένως είπαμε στο σημείο S του διαγράμματος αντίστοιχεί τό εύτηκτοειδές κράμα. Τό κράμα αυτό τό ονομάζομε **περλίτη**. Σχηματίζεται από πλακοειδείς κρυσταλλίτες φερρίτη και σεμεντίτη τόν ένα μετά από τόν άλλο [σχ. 3.3δ(α)].

Μέ βάση τήν εύτηκτοειδή αναλογία, δηλαδή $\pi(C) = 0,80\%$, οι άνθρακούχοι χάλυβες διακρίνονται σε :

- α) Ύποευτηκτοειδείς με $\pi(C) < 0,80\%$
- β) Εύτηκτοειδείς με $\pi(C) = 0,80\%$ και
- γ) Ύπερευτηκτοειδείς με $0,80\% < \pi(C) < 2,00\%$.

Η πορεία τής στερεοποιήσεως των χαλύβων αυτών, όπως και οι αλλαγές στην κρυσταλλική τους δομή, που πραγματοποιούνται, εικονίζονται χαρακτηριστικά στο σχήμα 3.3γ. Στη θερμοκρασία του δωματίου ένας ύποευτηκτοειδής χάλυβας [π.χ. με $\pi(C) = 0,40\%$, σχ. 3.3γ(δ)] θά έχει κρυσταλλική δομή από κόκκους φερρίτη και κόκκους περλίτη [σχ. 3.3δ(β)], ένας εύτηκτοειδής θά παρουσιάζει στο σύνολό του κρυσταλλική δομή περλίτη [$\pi(C) = 0,80\%$, σχ. 3.3γ(στ), 3.3δ(α)] και τέλος ένας ύ-



Σχ. 3.3δ.

Κρυσταλλική δομή των άνθρακούχων χαλύβων (μικροφωτογραφία): (α) Κρυσταλλική δομή περλίτη [$\pi(C) = 0,80\%$]. Φαίνονται καθαρά οι πλακοειδείς κρυσταλλίτες του φερρίτη (λευκοί) και του σεμεντίτη (μαύροι). (β) Κρυσταλλική δομή ύποευτηκτοειδούς άνθρακούχου χάλυβα [$\pi(C) = 0,60\%$]. Οι λευκοί κρυσταλλίτες είναι φερρίτης και οι σκοτεινοί είναι περλίτης. Φαίνεται επίσης ή χαρακτηριστική μορφή των κρυσταλλινών του περλίτη. (γ) Κρυσταλλική δομή ύπερευτηκτοειδούς άνθρακούχου χάλυβα [$\pi(C) = 1,20\%$]. Ό σεμεντίτης (λευκός) περιβάλλει τούς κρυσταλλίτες του περλίτη.

περευθηκτοειδής χάλυβας [π.χ. μέ π(C) = 1,20%, σχ. 3.3γ(ι)] άποκτά δομή, πού άποτελείται άπό κρυσταλλίτες περιβιλλόμενους άπό σεμεντίτη [σχ. 3.3δ(γ)].

3.3.3 Τά χαλυβοκράματα.

A. Γενικά.

Οί άνθρακοϋχοι χάλυβες [παράγρ. 3.3.2, 3.5.2(A)] παρουνσιάζουν σοβαρά μειονεκτήματα άπέναντι στis άπαιτήσεις τής σύγχρονης τεχνικής. Βασικά μειονεκτήματά τους είναι: τό χαμηλό τους σχετικά όριο θραύσεως, ή μειωμένη άντοχή τους στην όξειδωση καί στή διάβρωση, ή άδυναμία τους νά επιτύχουν χαρακτηριστικές ιδιότητες, πού είναι άπαραίτητες στο μαγνητισμό, στον ήλεκτρισμό ή άλλου, όπως καί τό γεγονός ότι ή σκληρότητά τους πέφτει άπότομα μέ αύξηση τής θερμοκρασίας, πράγμα πού είναι σοβαρό μειονέκτημα γιά κοπτικά έργαλεία, όπου είναι επιθυμητή ή διατήρηση τής σκληρότητας σε ψηλές θερμοκρασίες. Άκόμα, κατά τή βαφή των άνθρακούχων χαλύβων, παρατηρείται έντονο τό φαινόμενο μάζας του κομματιού [παράγρ. 3.4.3(ΣΤ)(4)] καί, γιά νά επιτύχει ή βαφή, χρειάζεται μεγάλη ταχύτητα άποψύξεως μέ άποτέλεσμα τή δημιουργία ρωγμών ή καί στρεβλώσεων στα κομμάτια.

Άκριβώς γιά νά καλύψουν τίς άτέλειες αυτές των άνθρακούχων χαλύβων, έχουν άναπτυχθεί τά χαλυβοκράματα.

Οί βελτιωμένες ή οι έντελώς νέες ιδιότητες των χαλυβοκραμάτων, τίς όποιες δέν έχουν οι άνθρακοϋχοι χάλυβες, όφείλονται στis προσθήκες. Οί συνήθεις προσθήκες είναι: τό μαγγάνιο (Mn), τό νικέλιο (Ni), τό χρώμιο (Cr) καί τό πυρίτιο (Si) (*κύριες προσθήκες*), όπως καί τό μολυβδαίνιο (Mo), τό βολφράμιο (W), τό βανάδιο (V), τό κοβάλτιο (Co) καί τό άργίλιο (Al) (*δευτερεύουσες προσθήκες*).

B. Η επίδραση των προσθηκών στα χαλυβοκράματα.

Η επίδραση, πού άσκοϋν οι διάφορες προσθήκες επάνω στis μηχανικές ιδιότητες καί σε άλλα χαρακτηριστικά των χαλυβοκραμάτων, όπως καί στην κρυσταλλική τους δομή, μπορεί χονδρικά νά συνοψισθεί, ως εξής (Πίνακας 3.3.1):

α) Μέ προσθήκες (π.χ. Mn, Ni κ.ά.) μπορούμε νά προσδώσουμε μεγαλύτερη μηχανική άντοχή στο χάλυβα.

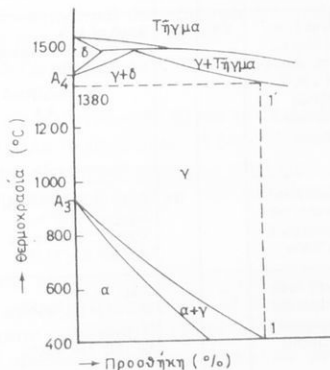
β) Τά στοιχεία Mn, Cr, Mo, W καί V προστιθέμενα στον άνθρακοϋχο χάλυβα σχηματίζουν (μέ αυξανόμενη τάση σχηματισμού κατά τή σειρά, πού δίνονται) σταθερά καρβίδια καί μάλιστα κατά πολύ σκληρότερα άπό τό γνωστό μας σεμεντίτη (π.χ. καρβίδιο του βολφραμίου έχει σκληρότητα μιάμιση φορά μεγαλύτερη άπό τή σκληρότητα του σεμεντίτη).

γ) Μερικά στοιχεία, όπως είναι τό Ni καί τό Mn κατεβάζουν τό κρίσιμο σημείο A_3 (σχ. 3.3ε). Αυτό σημαίνει ότι προστιθέμενα τά στοιχεία αυτά στο χάλυβα σταθεροποιούν τον ώστενίτη σε μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών, μέχρι πού νά είναι δυνατό νά άποκτήσουμε κρυσταλλική δομή ώστενίτη στή θερμοκρασία του δωματίου. Αυτό γίνεται στους ώστενιτικούς άνοξειδωτους χάλυβες (Πίνακας 3.3.2).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3.1.

Έπιδραση τών προσθηκών επάνω στis διάφορες ιδιότητες καί χαρακτηριστικά τών χαλυβοκραμάτων

Ιδιότητες τών χαλύβων	Mn	Ni	Cr	W	M _o	V	Si	Al	Co
1. Τάση σχηματισμού καρβιδίων	+	— (γραφι- τοποιεί)	++	+++	++	++++	— (γραφι- τοποιεί)	— (γραφι- τοποιεί)	+
2. Μηχανικές ιδιότητες	βελτί- ωση	βελτί- ωση			βελτί- ωση				
3. Σταθεροποίηση ώστενίτη	NAI	NAI							
4. Σταθεροποίηση φερρίτη			NAI				NAI		
5. Μείωση τής κρίσι- μης ταχύτητας άποψύξεως	NAI	NAI	NAI		NAI		NAI		
6. Μέγεθος κόκκων		ελάτ- τωση	αύξηση			ελάτ- τωση	αύξηση	ελάτ- τωση	
7. Αύξηση άντοχής στή φθορά από τριβή			NAI	NAI	NAI	NAI			
8. Άντοχή σέ διάβρωση			αύξηση				αύξηση	αύξηση	
9. Αύξηση άντοχής σέ έπαναφορά			NAI	NAI	NAI	NAI			NAI



Σχ. 3.3ε.

Έπιδραση τής προσθήκης στο κρίσιμο σημείο A₃ τού χαλυβοκράματος. Μέ αύξηση τής αναλογίας τής προσθήκης τό σημείο A₃ κατεβαίνει.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3.2.

Τυπικοί μαγγανιούχοι, νικελιούχοι, χρωμίουχοι και νικελιοχρωμίουχοι χάλυβες και βιομηχανικές τους χρήσεις

Είδος χάλυβα-βροχάματος	Χημική σύνθεση [%]				Μηχανικές ιδιότητες			Θερμικές κατεργασίες	Βιομηχανικές χρήσεις
	C	Mn	Ni	Cr	Κατάσταση χάλυβα	σ_B^* [kp/mm ²]	e_B^{**} [%]		
Μαγγανιούχοι χάλυβες	0,25	1,50	—	—	Μετά εξομάλυνση	58	20	Βαφή σε λάδι από 860°C. Έπαναφορά ανάλογα με τις επιθυμητές μηχαν. ιδιότητες.	Χαλυβόγραμμα κατασκευών. Άξονες μεταδόσεως κινήσεως, στροφαλοφόροι άξονες, διωστήρες.
	1,20	12,50	—	—	Μετά βαφή σε νερό από 1050°C	83	40	Βαφή από 1050°C σε νερό.	Ώστενιτικός άνοξειδωτος χάλυβας κατασκευών. Μηχανήματα εξορύξεως, δόντια έσκαφένων, τροχοί έρπουστριών έλκυστήρων και γερανών, σιαγόνες θραυστήρων.
Νικελιούχοι χάλυβες	0,30	0,60	3,00	—	Μετά βαφή και έπαναφορά σε 600°C	87	25	Βαφή σε λάδι από 840°C. Έπαναφορά σε 550° έως 650°C. Απόψυξη σε λάδι ή άερα.	Χαλυβόγραμμα κατασκευών. Στροφαλοφόροι άξονες, άξονες μεταδόσεως κινήσεως, διωστήρες. Κομμάτια βιομηχανίας αυτοκινήτων και γενικής μηχανολογίας. Έπιπλέον άξονες άντλιών και στροβίλων.
	0,12	0,40	5,0	—	Μετά βαφή	87	22	Μετά την ένανθράκωση, βαφή πυρίνα από 850°C σε λάδι. Βαφή έπιφανειακής στιβάδας από 760°C σε νερό.	Χαλυβόγραμμα κατασκευών (ένανθράκωσης). Κομμάτια με σκληρή έπιφάνεια φορτιζόμενα με μεγάλα φορτία. Όδοντωτοί τροχοί κιβωτίων ταχυτήτων, κωνικοί όδοντωτοί τροχοί, πείροι, ατέρμονες κοχλίες.
Χρωμίουχοι χάλυβες	0,45	0,90	—	1,00	Μετά βαφή σε λάδι και έπαναφορά σε 650°C. Ράβδος διαμέτρου 30 mm	98	20	Βαφή σε λάδι από 860°C. Έπαναφορά σε 550° έως 700°C.	Χαλυβόγραμμα κατασκευών. Στοιχεία άγροτικών μηχανών και εργαλειομηχανών. Λεπίδες και δόντια έσκαφένων. Άξονες μεταδόσεως κινήσεως, διωστήρες, βραχίονες (μπάρες) συστήματος όδήγησης οχημάτων.
	0,22	0,50	—	13,00	Μετά βαφή σε λάδι και έπαναφορά σε 700°C	75	26	Βαφή σε λάδι, νερό ή άερα από 950° έως 1000°C. Έπαναφορά σε 500° έως 750°C.	Άνοξειδωτος Μαρτενσιτικός χάλυβας κατασκευών. Βαλβίδες και εξαρτήματα άντλιών.
	2,10	—	—	12,50	Μετά βαφή σε λάδι και έπαναφορά σε 200°C	—	—	Βαφή σε λάδι από 960° έως 990°C. Έπαναφορά σε 150° έως 400°C.	Χάλυβας εργαλείων. Στιγείς (ζουμπάδες), μήτρες, λεπίδες ψαλιδιών. Μήτρες κονιομεταλλουργίας, μήτρες κατασκευής σπειρωμάτων με συμπίεση.

(συνεχίζεται)

(συνέχεια Πίνακα 3.3.2)

Νικέλογρανισμοί χαλύβες	0,30	0,60	3,00	0,80	Μετά βαφή σέ λάδι καί έπαναφορά σέ 600°C	95	23	Βαφή σέ λάδι άπό 820° έως 840°C. Έπαναφορά άπό 550° έως 650°C.	Χαλυβόγραμμα κατασκευών. Γιά κομμάτια πού καταπο- νούνται μέ μεγάλες τάσεις. Αξονες μεταδόσεως κινή- σεως, διωστήρες, στροφα- λοφόροι άξονες κ.ά.
	0,30	0,45	4,25	1,25	Μετά βαφή στόν άέρα καί έπαναφο- ρά σέ 630°C	100	21,5	Βαφή στόν άέρα άπό 820° έως 830°C. Έπαναφορά σέ 180° έως 200°C γιά μέγιστη σκληρότητα. Σέ 600° έως 650°C γιά μέγιστη δυσθραυ- στότητα. Απόψυξη σέ λάδι Αποφυγή άνοπήσεως άπό 250° έως 580°C.	Χαλυβόγραμμα κατασκευών. Κομμάτια μέ πολύπλοκη μορφή, των οποίων ή βαφή σέ λάδι θά προκαλούσε στρεβλώσεις, όπως π.χ. όδοντωτοι τροχοί.
	0,10	0,80	8,50	18,00	Μετά πύ- ρωση σέ 1050°C καί άπόψυξη στόν άέρα	—	—	Δέν σκληρώνεται μέ βαφή παρά μόνο μέ ψυχρηλασία.	Ώστενιτικός άνοξείδωτος χαλύβας. Κατάλληλος γιά οίκιακές καί διακοσμητικές χρήσεις.

* Όριο θραύσεως ή μέγιστη άντοχή.

** Άνηγμένη έπιμήκυνση θραύσεως.

δ) Άλλες προσθήκες, όπως τό Ni, τό Si καί τό Al **γραφιτοποιούν** τό σεμεντίτη. Ο σεμεντίτης δηλαδή στήν περίπτωση αύτή διασπάται σέ φερρίτη καί γραφίτη, πράγμα πού χειροτερεύει τίς μηχανικές ιδιότητες του χαλυβοκράματος.

ε) Όρισμένες προσθήκες, όπως τό Mn, Ni, Cr καί άλλα έλαττώνουν τήν ταχύτητα άποψύξεως κατά τή βαφή. Αυτό έπιτρέπει τή χρησιμοποίηση ήπιότερων λουτρών βαφής μέ τά γνωστά εύεργετικά άποτελέσματα (άποφεύγονται ρωγμές καί σοβαρές στρεβλώσεις στά βαφόμενα κομμάτια).

στ) Προσθήκες, όπως τό Cr, τό Si καί τό Al βελτιώνουν σημαντικά τήν άντοχή του χαλυβοκράματος στή διάβρωση.

ζ) Τέλος, προστιθέμενα στοιχεία όπως τό Cr καί τό Si αύξάνουν τό μέγεθος των κόκκων του ώστενίτη, ενώ άλλα τό μειώνουν. Η δυνατότητα αύτή ρυθμίσεως του μεγέθους των κόκκων ένέχει έξαιρετική σημασία, γιατί είναι δυνατή κατ' αύτό τον τρόπο ή μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων του κράματος.

Γ. Είδη χαλυβοκραμάτων.

Ανάλογα μέ τό είδος τής προσθήκης (ή των προσθηκών) διακρίνομε:

α) Τούς **μαγγανιούχους χαλύβες** (Πίνακας 3.3.2). Τό μαγγάνιο, σέ ποσοστό μέ-
χρι περίπου 1,00% περιέχεται σέ όλους άνεξαιρέτως τούς χάλυβες έξ αίτίας των
μεθόδων παρασκευής του πρωτογενούς χυτοσίδηρου καί αυτών των ίδιων. Στους
μαγγανιούχους χάλυβες βέβαια βρίσκεται σέ μεγαλύτερη αναλογία, πού φθάνει καί
τό 12,50% στους άνοξείδωτους.

β) Τούς **νικελιούχους χάλυβες** (Πίνακας 3.3.2). Νικελιοῦχοι χάλυβες μέ μικρή περιεκτικότητα σέ άνθρακα (0,10% μέχρι 0,15%) εἶναι κατάλληλοι γιά ένανθράκωση [παράγρ. 3.4.3(Η)(2)].

γ) Τούς **χρωμιούχους χάλυβες** (Πίνακας 3.3.2).

δ) Τούς **νικελιοχρωμιούχους χάλυβες** (Πίνακας 3.3.2). Σ' αὐτούς χρησιμοποιοῦνται ὡς προσθήκες τό νικέλιο καί τό χρώμιο μαζί. Ἐνῶ δηλαδή διατηροῦνται οἱ εὐνοϊκές γιά τό χαλυβόκραμα ιδιότητές τους, τά μειονεκτήματα τῆς κάθε μιάς προσθήκης, πού παρουσιάζονται ὅταν αὐτή χρησιμοποιεῖται ξεχωριστά, ἐξουδετερώνονται ἀπό τήν παρουσία τῆς ἄλλης. Ἡ γρήγορη π.χ. αὔξηση τῶν κόκκων τοῦ ὡστενίτη, πού ὀφείλεται στό χρώμιο (Πίνακας 3.3.1), ἐξουδετερώνεται ἀπό τό νικέλιο, τό ὁποῖο ἔχει τάση νά ἐκλεπτύνει τούς κόκκους. Ἀκόμα, ἡ τάση τοῦ νικελίου νά γραφитоποιεῖ τό σεμεντίτη ἀντισταθμίζεται ἀπό τήν ιδιότητα πού ἔχει τό χρώμιο νά σχηματίζει σταθερά σκληρά καρβίδια. Ἐτσι, ἡ ὑψηλή μηχανική άντοχή, ἡ καλή δυσπλαστικότητα καί ἡ πλαστικότητα, πού προσδίδει στό χαλυβόκραμα τό νικέλιο, συνδυάζονται μέ τή σκληρότητα καί τήν άντοχή σέ φθορά ἀπό τήν τριβή, πού προσδίδει τό χρώμιο. Ἐπί πλέον τό χρώμιο καί τό νικέλιο μαζί περιορίζουν σημαντικά τό φαινόμενο μάζας [παράγρ. 3.4.3(ΣΤ) (4)] πού παρατηρεῖται κατά τή βαφή τῶν χαλύβων.

ε) Τούς **βολφραμιούχους χάλυβες** (Πίνακας 3.3.3). Τό βολφράμιο σέ μεγάλες ἀναλογίες χρησιμοποιεῖται ὡς βασική προσθήκη στούς χάλυβες ἐργαλείων (παράγρ. 3.5.3), γιάτί αὐξάνει τήν άντοχή τους σέ ἐπαναφορά.

στ) Τούς **μολυβδαινιούχους χάλυβες** (Πίνακας 3.3.3).

ζ) Τούς **βαναδιούχους χάλυβες** (Πίνακας 3.3.3) καί

η) τούς **πυριτιούχους χάλυβες** (Πίνακας 3.3.3).

3.3.4 Οἱ ἀκαθαρσίες τῶν χαλύβων.

Οἱ χάλυβες γενικά, ἐκτός ἀπό τίς προσθήκες (C, Mn, Cr, Ni κ.ἄ.), περιέχουν καί τά ἀκόλουθα στοιχεῖα στίς ἀναφερόμενες χονδρικά περιεκτικότητες:

Μαγγάνιο:	ἕως	1,00%
Πυρίτιο:	ἕως	0,30%
Φωσφόρος:	ἕως	0,05%
Θεῖο:	ἕως	0,05%
Ἀζωτο:	ἕως	0,02%

Τά στοιχεῖα αὐτά παραμένουν στούς χάλυβες ἀπό τό στάδιο τῆς παρασκευῆς τους καί ἐπηρεάζουν τίς μηχανικές καί φυσικές τους ιδιότητες.

Ὁ **φωσφόρος** σέ περιεκτικότητα μεγαλύτερη ἀπό 0,05% κάνει τό χάλυβα εὐθραυστο, γιάτί σχηματίζει μέ τό σίδηρο τήν ψαθυρή ἔνωση Fe_3P , πού εἶναι διαλυτή στό χάλυβα.

Τό **θεῖο** εἶναι ἀκαθαρσία πού ἔχει τά πῶ δυσμενῆ γιά τό χάλυβα ἀποτελέσματα. Σχηματίζει καί αὐτό μέ τό σίδηρο τήν ψαθυρή χημική ἔνωση FeS , πού συσσωρεύεται στά σύνορα τῶν κόκκων καί κάνει τό χάλυβα ἀκατάλληλο γιά διαμόρφωση ἐν ψυχρῷ. Τό θεῖο ὁμως, προστιθέμενο σέ ποσοστό μέχρι 0,25% μόνο του ἢ μαζί μέ μόλυβδο στούς **χάλυβες ἐλεύθερης κοπῆς** ἢ χάλυβες αὐτομάτων, ἀσκεῖ εὐεργετική ἐπίδραση βελτιώνοντας τήν κατεργαστικότητά τους. Οἱ χάλυβες αὐτοί (άνθρα-

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3.3.

Τυπικοί βολφραμιούχοι (έκτός από τους ταχυχάλυβες), μολυβδαινιούχοι, βαναδιούχοι (έκτός από τους ταχυχάλυβες) και πυριτιούχοι χάλυβες και βιομηχανικές τους χρήσεις

Είδος χαλυβοκράματος	Χημική σύνθεση [%]								Θερμικές κατεργασίες	Βιομηχανικές χρήσεις
	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	W		
Βολφραμιούχοι χάλυβες (έκτός από τους ταχυχάλυβες, παράρτ. 3.5.3(E))	0,50	—	0,60	—	1,10	—	—	2,25	Βαφή σε λάδι από 880° έως 920°C. Έπαναφορά σε 200° έως 300°C για έργαλεία διαμορφώσεως εν ψυχρώ. Έπαναφορά σε 400° έως 600°C για έργαλεία διαμορφώσεως εν θερμώ.	Χάλυβας έργαλείων άντοχής σε κρούσεις. Γενικώς έργαλεία κατασκευαστή λεβήτων. Στιγίτες (ζουμπάδες), μήτρες, λεπίδες ψαλιδιών, μήτρες αποκοπής. Μήτρες σχηματισμού κεφαλών εν θερμώ. Άλλες μήτρες διαμορφώσεως εν θερμώ.
	0,30	—	0,15	—	2,85	—	0,35	10,00	Προθέρμανση σε 850°C γρήγορη πύρωση σε 1150° έως 1200°C. Απόψυξη σε λάδι ή αέρα για μικρά κομμάτια. Έπαναφορά σε 600° έως 700°C.	Μήτρες διαμορφώσεως εν θερμώ βλήτρων, περικολίων, ήλων και παρεμφερών στοιχείων μηχανών, όπου τα έργαλεία εργάζονται σε υψηλές θερμοκρασίες. Μήτρες διέλασεως κραμάτων χαλκού. Μήτρες χύτευσεως υπό πίεση κραμάτων χαλκού και άργιλιου.
Μολυβδαινιούχοι χάλυβες	0,35	1,60	—	—	—	0,45	—	—	Βαφή σε λάδι από 830° έως 850°C. Έπαναφορά σε 550° έως 650°C και απόψυξη σε λάδι ή σε αέρα.	Χαλυβόγραμμα κατασκευών. Υποκαθιστά νικελιοχρωμιούχους χάλυβες με μεγαλύτερη περικτικότητα σε προσθήκες.
	0,40	0,55	—	1,50	1,10	0,30	—	—	Βαφή σε λάδι από 830° έως 850°C. Έπαναφορά σε 550° έως 650°C και απόψυξη σε λάδι ή αέρα.	Χαλυβόγραμμα κατασκευών. Άξονες μεταδόσεως κινήσεως, στροφαλοφόροι άξονες και άλλα ισχυρά φορτιζόμενα κομμάτια, όπου άντοχή σε κόπωση και σε κρούσεις είναι επιθυμητή. Μετά έλαφρά έπαναφορά (180° έως 200°C) χρησιμοποιείται για δόντωτους τροχούς αυτοκινήτων και έργαλειομηχανών.
Βαναδιούχοι χάλυβες (έκτός από τους ταχυχάλυβες)	0,45	0,60	0,25	—	1,05	—	0,15	—	—	Χαλυβόγραμμα κατασκευών. Σύρμα έλατηρίων, κυρίως βαλβίδες.
	0,35	0,30	1,00	—	5,00	1,50	1,00	—	Προθέρμανση σε 850°C Ταχεία θέρμανση σε 1000°C. Βαφή στον αέρα. Έπαναφορά σε 550° έως 650°C.	Χάλυβας έργαλείων. Μήτρες διαμορφώσεως εν θερμώ κραμάτων χαλκού, όπου ή θερμοκρασία δέν είναι πολύ υψηλή. Μήτρες διέλασεως για κράματα του άργιλιου. Μήτρες για χύτευση άργιλιου υπό πίεση.

(συνεχίζεται)

(συνέχεια Πίνακα 3.3.3)

Πυριτιούχοι χάλυβες	0,07	—	4,00	—	—	—	—	—	—	Χαλυβόγραμμα για κατασκευή ελασμάτων πυρήνων μετασχηματιστών και μαγνητικών πόλων γεννητριών και ηλεκτροκινητήρων.
	0,50 έως 0,70	0,60 έως 1,00	1,50 έως 2,00	—	—	—	—	—	—	Χαλυβόγραμμα για κατασκευή ελατηρίων.
	1,50	—	1,50	—	3,60	—	—	—	—	Χαλυβόγραμμα άνοτης σέ φθορά. Χρησιμοποιείται για έργα κατασκευής πετρωμάτων.

κοῦχοι ή χαλυβοκράματα) κατεργάζονται σέ αυτόματα μηχανήματα (π.χ. σέ αυτόματους τήρρους) καί τά απόβλητά τους δέν άποκτοῦν μεγάλο μήκος, θρυμματίζονται δηλαδή εύκολα καί έτσι ή κοπή έκτελείται άποδοτικά).

Τέλος, τό **άξωτο** τής άτμόσφαιρας, άπορροφούμενο άπό τό λειωμένο χάλυβα κατά τήν παρασκευή του, εἶναι δυνατό νά σχηματίσει νιτρίδια (Fe_3N), πού κάνουν ψαθυρό τό χάλυβα καί άκατάλληλο γιά διαμόρφωση έν ψυχρώ.

3.3.5 Έρωτήσεις.

1. Τί καλοῦμε άνθρακούχο χάλυβα καί τί χαλυβόγραμμα;
2. Γιατί οί χάλυβες έχουν τεράστια άξία ως μορφοποιήσιμο βιομηχανικό ύλικό;
3. Σέ ποιές άλλοτροπικές μορφές παρουσιάζεται ο καθαρός σίδηρος;
4. Τί εἶναι ο ώστενίτης, ο φερρίτης, ο σεμεντίτης καί ο περλίτης;
5. Ποιά ή σημασία τοῦ τμήματος τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος τών κραμάτων σιδήρου-σεμεντίτη, πού άναφέρεται στοῦς άνθρακούχους χάλυβες (σχ. 3.3γ);
6. Τί όνομάζομε εύτηκτοειδή άναλογία καί τί εύτηκτοειδές κράμα;
7. Πώς ταξινομοῦμε τοῦς άνθρακούχους χάλυβες μέ βάση τήν εύτηκτοειδή άναλογία;
8. Οί παρακάτω άνθρακούχοι χάλυβες βρίσκονται στή θερμοκρασία τοῦ δωματίου ὕστερα άπό ή-ρεμη άπόψυξη άπό τήν κατάσταση τοῦ ώστενίτη: $\pi(\text{C}) = 0,25\%$ καί $\pi(\text{C}) = 1,15\%$. Ποιά θά εἶναι η κρυσταλλική τους δομή;
9. Τί εἶναι χαλυβόγραμμα;
10. Ποιές εἶναι οί συνήθειες προσθήκες στά χαλυβοκράματα;
11. Ποιά στοιχεῖα (προσθήκες) προστιθέμενα στόν άνθρακούχο χάλυβα σχηματίζουν σταθερά καρβίδια;
12. Ποιές προσθήκες γραφитоποιούν τό σεμεντίτη;
13. Νά άναφέρετε ποιές προσθήκες έχουν τάση νά αύξάνουν καί ποιές νά μειώνουν τό μέγεθος τών κόκκων τοῦ χαλυβοκράματος;
14. Νά άπαριθμήσετε πέντε είδη χαλυβοκραμάτων, όποια θέλετε.
15. Ποιές εἶναι οί συνήθειες άκαθαρσίες τών χαλύβων;
16. Πώς έπιδρά τό θείο σέ ένα χάλυβα, άν ή περιεκτικότητά του εἶναι ψηλότερη άπό εκείνη πού έπιτρέπεται (μεγαλύτερη άπό 0,05%);

3.4 Θερμικές κατεργασίες των χαλύβων.

3.4.1 Γενικά.

Θερμική κατεργασία ενός κράματος ονομάζουμε τό συνδυασμό πυρώσεως καί άποψύξεώς του, ώστε αυτό νά άποκτήσει καθορισμένη κρυσταλλική δομή καί μέγεθος κόκκων, άρα καί τίς επιθυμητές μηχανικές ιδιότητες. Γενικά τό κράμα, άνάλογα μέ τό είδος του, πυρώνεται σέ όρισμένη θερμοκρασία, παραμένει στή θερμοκρασία αυτή επί όρισμένο χρονικό διάστημα, γιά νά άποκτήσει όμοιόμορφη θερμοκρασία, καί άκολουθεί άπόψυξη του μέ όρισμένη επίσης ταχύτητα.

Έδώ θά άσχοληθούμε μέ τίς θερμικές κατεργασίες τών χαλύβων. Αυτό γίνεται, γιατί οι χάλυβες είναι από τά λίγα κράματα τής τεχνικής, τά όποία είναι δυνατόν, μέ κατάλληλες θερμικές κατεργασίες, νά άποκτήσουν βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες ή νά αλλάξουν σημαντικά οι ιδιότητές τους αυτές. Αυτό όφείλεται σέ μετασχηματισμούς, πού έπέρχονται στην κρυσταλλική τους δομή, όπως θά δούμε στά έπόμενα. Είναι δυνατόν επί παραδείγματι, ένας άνθρακοϋχος χάλυβας μέ $\pi(C) = 0,40\%$, ενώ στή φυσιολογική του κατάσταση [σέ κατάσταση άνοπτήσεως, παράγρ. 3.4.3(A), όπως λέμε] έχει όριο θραύσεως περίπου $\sigma_B = 50 \text{ kp/mm}^2$, άνηγμένη έπιμήκυνση θραύσεως $e_B = 17\%$ καί σκληρότητα 135 Brinell, μετά από βαφή σέ νερό νά άποκτήσει $\sigma_B = 134 \text{ kp/mm}^2$, $e_B = 1,5\%$ καί σκληρότητα 394 Brinell καί μετά από βαφή καί έπαναφορά [παράγρ. 3.4.3(Z)] σέ 400° C νά παρουσιάσει $\sigma_B = 97 \text{ kp/mm}^2$, $e_B = 16\%$ καί σκληρότητα 272 Brinell.

Γιά τήν έκτέλεση κάθε θερμικής κατεργασίας μέ έπιτυχία, οι άκόλουθοι τρεις παράγοντες ένέχουν έξαιρετική σημασία:

- 'Η άνώτατη θερμοκρασία, στην όποία πυρώνεται ό χάλυβας.
- 'Ο χρόνος παραμονής του στή θερμοκρασία αυτή καί
- ή ταχύτητα άποψύξεώς του.

'Η τελευταία καθορίζεται από τό μέσο (λουτρό) ψύξεως, πού χρησιμοποιούμε. Π.χ. ένα κομμάτι άποψύχεται ταχύτερα, εάν τό έμβαπτίσουμε σέ νερό μετά τήν πύρωσή του, παρά εάν τό έμβαπτίσουμε σέ λάδι ή τό άφήσουμε νά άποψυχθεί στον έλεύθερο άέρα.

Οι σπουδαιότερες θερμικές κατεργασίες, πού έκτελούμε στή βιομηχανική πράξη είναι οι έξής:

- 'Η **πλήρης άνόπτηση** (ή απλώς άνόπτηση).
- 'Η **έξομάλυνση**.
- Άλλα τρία είδη άνοπτήσεως: ή **άνόπτηση γιά άνακρυστάλλωση**, ή **άποτακική άνόπτηση** καί ή **άνόπτηση γιά σφαιροποίηση του σεμεντίτη**.
- 'Η **βαφή** καί
- ή **έπαναφορά**.

Θεωρούμε σκόπιμο νά μιλήσουμε μέ συντομία καί γιά τίς θερμοχημικές κατεργασίες χαλύβων μέ μικρή περιεκτικότητα σέ άνθρακα, δηλαδή γιά τήν **ένανθράκωση** καί τήν **έναζώτωση**.

Γιά λόγους απλότητας θά άσχοληθούμε βασικά μέ τίς θερμικές κατεργασίες τών άνθρακούχων χαλύβων (παράγρ. 3.4.3). Θά προσθέσουμε όμως καί γενικές παρατηρήσεις γιά τίς θερμικές κατεργασίες τών χαλυβοκραμάτων (παράγρ. 3.4.4).

3.4.2 Ἡ ἐπίδραση τῆς ταχύτητας ἀποψύξεως.

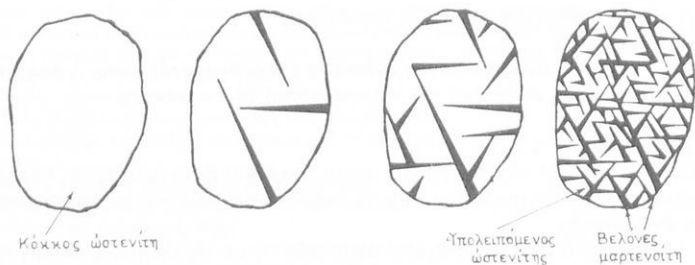
Α. Ἡρεμὴ ἀπόψυξη.

Κατὰ τὴ μελέτῃ τοῦ θερμικοῦ διαγράμματος τῶν ἀνθρακούχων χαλύβων (παράγρ. 3.3.2) εἶδαμε ὅτι στὴ θερμοκρασίᾳ τοῦ δωματίου ὁ χάλυβας ἔχει κρυσταλλικὴ δομὴ φερρίτη-περλίτη ἢ περλίτη ἢ περλίτη-σεμεντίτη, ἀνάλογα μὲ τὴν περιεκτικότητά του σὲ ἄνθρακα. Αὐτὸ ὅμως εἶναι ἀποτέλεσμα ἡρεμῆς ἀποψύξεως τοῦ ὡστενίτη ἀπὸ θερμοκρασίες ἀνώτερες ἀπὸ τὸ κρίσιμο σημεῖο A_3 (σχ. 3.3γ). Ἔτσι δίνεται ὁ χρόνος στὸ κράμα νὰ μετασχηματισθεῖ καὶ νὰ ἀποκτήσῃ τὴν τελικὴ του κρυσταλλικὴ δομὴ κατὰ τρόπο φυσιολογικὸ καὶ πλήρη καὶ ὁ χάλυβας, πού παίρνουμε, εἶναι ὁ πιὸ μαλακὸς καὶ βρίσκεται στὴν πιὸ εὐσταθεῖ του κατάστασιν.

Β. Ἀπότομη ἀπόψυξη.

Ἐάν τώρα ἡ ἀπόψυξη τοῦ χάλυβα (σὲ κατάστασιν ὡστενίτη) γίνῃ ἀπότομη μέχρι τῆς θερμοκρασίᾳ τοῦ δωματίου, τότε ἡ τελικὴ του κρυσταλλικὴ δομὴ δὲν θὰ προκύψῃ μὲ φυσιολογικὴ ἐξέλιξιν, ὅπως κατὰ τὴν ἡρεμὴ ἀπόψυξιν. Θὰ παρουσιασθοῦν νέα κρυσταλλικὰ εἶδη, ὅπως θὰ δοῦμε, καὶ αὐτὸ βέβαια θὰ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα μεταβολὴν στὶς μηχανικὰς ιδιότητες τοῦ χάλυβα.

Ἄς ποῦμε τώρα ὅτι πυρῶνομε ἓνα κομμάτι ἀπὸ ἀνθρακούχο εὐτήκτοειδὲς χάλυβα [$\pi(C) = 0,80\%$] σὲ θερμοκρασίᾳ κατὰ 50° περίπου ψηλότερη ἀπὸ τὸ κρίσιμο σημεῖο A_3 (723°C) (σχ. 3.3γ). Τὸ κομμάτι παραμένει στὴ θερμοκρασίᾳ ἐπὶ τόσο χρόνο, ὅσος χρειάζεται γιὰ νὰ ἀποκτήσῃ δομὴ ὡστενίτη καὶ κατόπιν ἀποψύχεται ἀπότομη μέσα σὲ λουτρό ψυχροῦ νεροῦ ἢ ἀλατόνερου. Ἡ διαδικασία αὕτη ἀποτελεῖ τυπικὴ βαφὴ [παράγρ. 3.4.3(ΣΤ)] ἑνὸς ἀνθρακούχου χάλυβα. Τὸ ἀποτέλεσμα τῆς ἀπότομης αὐτῆς ἀποψύξεως τοῦ χάλυβα εἶναι ἡ ἐμφάνισιν ἑνὸς νέου κρυσταλλικοῦ εἶδους, τοῦ **μαρτενσίτη** (σχ. 3.4α) ἐντελῶς διαφορετικοῦ ἀπὸ τὸν περλίτη [σχ. 3.3δ(α)] πού, ὅπως γνωρίζομε, σχηματίζεται μὲ ἡρεμὴ ἀπόψυξιν τοῦ ἰδιοῦ ἀκριβῶς χάλυβα. Ὁ μαρτενσίτης ἀποτελεῖται ἀπὸ λεπτοὺς βελονοειδεῖς κρυσταλλίτες πολὺ σκληροὺς καὶ εὐθραυστους, πού προσανατολίζονται χονδρικὰ κατὰ τὶς πλευρὰς ἑνὸς ἰσοπλευροῦ τριγώνου, ὅπως βλέπομε στὸ σχῆμα 3.4α. Ὁ μαρτενσίτης βρίσκεται σὲ κατάστασιν ἀστάθειας, γιὰτὶ προέρχεται ἀπὸ μὴ φυσιολογικὸ μετασχηματισμὸ.



Σχ. 3.4α.

Σχηματικὴ παράστασις μετασχηματισμοῦ τοῦ ὡστενίτη σὲ μαρτενσίτη κατὰ τὴν ἀπότομη ἀπόψυξίν του.

Ο μετασχηματισμός του ωστενίτη σε μαρτενσίτη συνοδεύεται από ανάπτυξη σοβαρών έσωτερικών τάσεων στο κομμάτι, αύξηση του όγκου του κομματιού και σημαντική αύξηση της σκληρότητας και του όριου θραύσεως του χάλυβα, με σύγχρονη όμως μείωση της όλκιμότητάς και της δυσθραυστότητάς του (παράγρ. 3.4.1).

Εκτός από τις άκραίες περιπτώσεις αποψύξεως, δηλαδή τήν ήρεμη και απότομη απόψυξη, για τις οποίες μιλήσαμε, εφαρμόζονται στην πράξη και ενδιάμεσες ταχύτητες απόψυξεως του χάλυβα. Με αυτές επιτυγχάνομε άλλο νέο κρυσταλλικό είδος ανάμεσα στον περλίτη και το μαρτενσίτη πολύ χρήσιμο για τις εφαρμογές, που το ονομάζομε **μπαϊνίτη**.

3.4.3 Θερμικές κατεργασίες των άνθρακούχων χαλύβων.

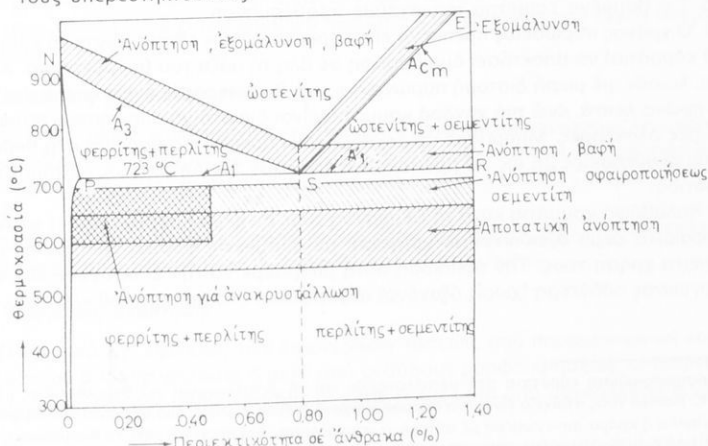
Στήν παράγραφο αυτή θά πραγματευθούμε τήν εκτέλεση των θερμικών κατεργασιών των άνθρακούχων χαλύβων στήν πράξη, έχοντας στο νου μας ό,τι έχουμε αναπτύξει μέχρι τώρα σχετικό με τις άρχες, επάνω στις οποίες βασίζονται οι θερμικές τους κατεργασίες.

A. Πλήρης ανόπτηση (ή-ανόπτηση).

1. Γενικά.

Η ανόπτηση συνίσταται:

- α) Στο πύρωμα του χάλυβα σε θερμοκρασία κατά 50°C περίπου ψηλότερη από εκείνη, που προσδιορίζεται από τή γραμμή NS (σχ. 3.4β, 3.3γ) για τους ύποευτηκτοιειδείς χάλυβες και από τή γραμμή SR για τόν εύτηκτοιειδή και τους υπερευτηκτοιειδείς.



Σχ. 3.4β.

Περιοχή, όπου κυμαίνεται ή θερμοκρασία κατά τή βαφή, τήν εξομάλυνση και τὰ διάφορα είδη ανόπτσεως των άνθρακούχων χαλύβων.

- β) Στην παραμονή του χάλυβα στη θερμοκρασία αυτή επί τόσο χρόνο, όσος απαιτείται για να αποκτήσει ο χάλυβας ομοιόμορφη σε όλη τη μάζα του θερμοκρασία και
- γ) στην ήρεμη απόψυξή του, συνήθως μέσα στο ίδιο τόν κλίβανο άνοπτήσεως μέχρι τη θερμοκρασία του δωματίου.

Η άνοπτηση προσδίνει στην κρυσταλλική δομή του χάλυβα τη **φυσιολογική της κατάσταση**, που δυνατό να έχει αλλάξει εξ αιτίας μηχανικών ή θερμικών κατεργασιών ή άλλων λόγων (π.χ. διαμορφώσεις έν ψυχρῶν, χύτευση, βαφή, υπερέρμανση κ.ά.), ἐφ' ὅσον βέβαια ἡ ἀλλαγὴ αὐτὴ δέν ἔχει πάρει μορφή ἀτυχήματος, ὅπως π.χ. συμβαίνει κατὰ τὴν καύση τοῦ χάλυβα [παράγρ. 3.4.3(A) (2)].

Γενικά ἡ άνόπτηση: **καθιστᾷ τὸ χάλυβα μαλακό, περισσότερο ὁμοιογενή καὶ λεπτόκοκκο, τὸν ἀπαλλάσσει ἀπὸ τυχόν ἐσωτερικὲς τάσεις καὶ βελτιώνει τὴν κατεργαστικότητά του.**

2. Ἡ πύρωση τοῦ χάλυβα.

Ἡ μέτρηση καὶ γενικά ὁ ἔλεγχος τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὴν άνόπτηση, ἀλλὰ καὶ στίς ἄλλες θερμικὲς κατεργασίες, θά πρέπει νά γίνεται μέ τὴν ἀπαιτούμενη σέ κάθε περίπτωση ἀκρίβεια. Πρὸς τὸ σκοπὸ αὐτὸ χρησιμοποιοῦμε συνήθως **θερμοηλεκτρικὰ πυρόμετρα***.

Γιὰ τὸ πύρωμα τοῦ χάλυβα δίνουμε τίς παρακάτω πρακτικὲς ὁδηγίες:

α) Ἀπότομη θέρμανση, ἰδιαίτερα μάλιστα σέ κομμάτια μέ μεγάλη διατομή, προκαλεῖ γρήγορη καὶ μεγάλη διαστολή στήν ἐπιφάνεια τῶν κομματιῶν, ἐνῶ ὁ πυρῆνας τους λόγω σοβαρῆς διαφορᾶς θερμοκρασίας διαστέλλεται λιγότερο. Αὐτὸ προκαλεῖ ἀνάπτυξη ἰσχυρῶν ἐσωτερικῶν τάσεων, πούμποροῦν νά δημιουργήσουν ρωγμές στὸ κομμάτι ἢ νά προκαλέσουν στρεβλώσεις ἢ καὶ θραύση του ἀκόμα. Ἄρα τὸ πύρωμα τῶν κομματιῶν (καὶ μάλιστα τῶν βαμμένων) πρέπει νά εἶναι ἤρεμο. Γιὰ βαμμένα κομμάτια συνιστοῦμε προθέρμανση.

β) Ὁ χρόνος πυρώσεως πρέπει νά εἶναι ἀρκετός, ὅπως εἶπαμε, ὥστε τὸ κομμάτι (ἢ τὰ κομμάτια) νά ἀποκτήσει ὁμοιόμορφη σέ ὅλη τὴ μάζα του θερμοκρασία. Κομμάτια, λοιπόν, μέ μικρὴ διατομὴ πυρῶνονται στή θερμοκρασία άνοπτήσεως ἐπὶ μερικά πρῶτα λεπτά, ἐνῶ πιὸ χονδρά κομμάτια εἶναι δυνατό νά ἀπαιτήσουν πύρωμα ἐπὶ ὥρες ὁλόκληρες. Μποροῦμε νά δεχθοῦμε ὅτι ἀρκοῦν γιὰ πύρωμα στή θερμοκρασία άνοπτήσεως 25 ὡς 30 πρῶτα λεπτά γιὰ κάθε 10 mm πάχους διατομῆς τοῦ κομματιοῦ.

γ) Χαλύβδινα κομμάτια κατὰ τὴ θέρμανσή τους σέ ψηλές θερμοκρασίες στὸν ἀτμοσφαιρικό ἀέρα **ὀξειδώνονται** γρήγορα, μέ δυσμενεῖς φυσικά ἐπιπτώσεις στή μετέπειτα χρῆση τους. Τὴν ὀξείδωση αὐτὴμποροῦμε νά τὴν ἀποφύγομε εἴτε δημιουργώντας οὐδέτερη (χωρὶς ὀξυγόνο) ἀτμόσφαιρα στὸ θάλαμο τοῦ κλιβάνου, εἴ-

(*) Χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα στή μεταλλοτεχνία καὶ τὴ μεταλλουργία γιὰ θερμοκρασίες μέχρι 1650°C. Βασικὸ τους στοιχεῖο εἶναι ἓνα **θερμοηλεκτρικὸ ζεύγος**, δηλαδὴ δύο σύρματα ἀπὸ διαφορετικὸ μέταλλο ἢ κράμα συνενωμένα μέ αὐτογενὴ συγκόλληση. Ἐπὶ παραδείγματι, τὸ θερμοηλεκτρικὸ ζεύγος λευκόχρυσου-λευκόχρυσου καὶ ροδίουμπορεῖ νά χρησιμοποιηθεῖ συνήθως γιὰ μετρήσεις θερμοκρασίας ἀπὸ 0°C μέχρι 1450°C καὶ ἀκόμα, γιὰ μακρὸ χρονικὸ διάστημα, σέ μέγιστη θερμοκρασία μέχρι 1700°C.

τε προστατεύοντας τά κομμάτια μέ κατάλληλη επικάλυψη, είτε πυρώνοντάς τα μέ-
σα σέ λουτρά λειωμένων αλάτων.

Είναι επίσης δυνατό κατά τό πύρωμα στόν ατμοσφαιρικό αέρα νά καεί ὁ ἄνθρα-
κας τῆς ἐπιφανειακῆς στοιβάδας τῶν κομματιῶν ὀλικά ἢ μερικά σέ ὀρισμένο βά-
θος. Στήν περίπτωση αὐτή ἔχομε **ἐξανθράκωση** τοῦ χάλυβα. Γιά νά ἀποφύγομε τήν
ἐξανθράκωση παίρνομε ἀνάλογα μέτρα, ὅπως γιά τήν ἀποφυγή τῆς ὀξειδώσεως.

δ) Πύρωμα τέλος τῶν κομματιῶν σέ θερμοκρασία ἀνώτερη ἀπό τή θερμοκρα-
σία ἀνόπτησεως ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τήν **ὑπερθέρμανσή** τους. Τά κομμάτια γίνον-
ται χονδρόκοκκα, ἄρα καί εὐθραυστα καί μάλιστα τόσο περισσότερο, ὅσο ἡ θερ-
μοκρασία εἶναι ψηλότερη καί ὁ χρόνος παραμονῆς τους σέ αὐτή μακρότερος. Ἐξ
ἄλλου πύρωση τῶν κομματιῶν σέ θερμοκρασία σημαντικά ἀνώτερη ἀπό τή θερ-
μοκρασία ἀνόπτησεως (π.χ. σέ 1300°C) καί ἡ παραμονή τους σέ αὐτή ἐπί ἄρκετό
χρόνο ἔχει ὡς συνέπεια τήν **καύση** τοῦ χάλυβα. Ὁ καμένος χάλυβας γίνεται πολὺ
εὐθραυστος καί ἀκατάλληλος γιά χρήση.

Β. Ἐξομάλυνση.

Ἡ **ἐξομάλυνση** τοῦ χάλυβα γίνεται, ὅπως καί ἡ ἀνόπτηση, μέ τή διαφορά ὅτι οἱ
ὑπερευηκτοειδεῖς χάλυβες πυρώνονται σέ θερμοκρασίες κατὰ 50°C ἀνώτερες ἀ-
πό ἐκεῖνες πού καθορίζονται ἀπό τή γραμμή SE τοῦ θερμοκοῦ διαγράμματος (σχ.
3.4β, 3.3γ). Ἡ ἀπόψυξη γίνεται στὸν ἐλεύθερο ἥρεμο αέρα (ὄχι σέ ρεῦμα αέρα),
δηλαδή μέ μεγαλύτερη ταχύτητα ἀπὸ ἐκείνη, μέ τήν ὁποία γίνεται κατὰ τήν ἀνό-
πτηση.

Ὁ χάλυβας μετὰ ἀπὸ ἐξομάλυνση γίνεται πιὸ ὁμοιογενής, περισσότερο λεπτό-
κοκκος καί ἀποκτᾷ μεγαλύτερη μηχανικὴ ἀντοχή καί σκληρότητα (σέ βάρος βέβαια
τῆς ὀλκιμότητος καί τῆς δυσθραυστότητάς του) ἀπὸ ὅ,τι κατὰ τήν ἀνόπτηση.

Ἐξομάλυνση κάνομε σέ καμινευμένα κομμάτια προτοῦ ἀρχίσομε τήν κατεργα-
σία τους, ὅπως καί σέ χυτοχαλύβδινα κομμάτια ἢ σέ κομμάτια πού ἔχουν ὑπερθερ-
μανθεῖ.

Γ. Ἀνόπτηση γιά ἀνακρυστάλλωση.

Ἐχει ὡς σκοπὸ νά ἐξαφανίσει τά ἀποτελέσματα τῆς σκληρώσεως τοῦ χάλυβα.
Ἐφαρμόζεται σέ χάλυβες μέ μέση καί χαμηλὴ περιεκτικότητα σέ ἄνθρακα (κάτω
τοῦ 0,5%) καί ἐκτελεῖται στὴν περιοχὴ θερμοκρασιῶν ἀπὸ 600°C μέχρι 700°C (σχ.
3.4β).

Ὁ χάλυβας πυρώνεται ἐπὶ τόσο χρόνο, ὅσος χρειάζεται, ὥστε νά ἀποκτήσει ὁ-
μοιομορφία θερμοκρασία καί ἡ ἀπόψυξή του γίνεται ἥρεμα.

Δ. Ἀποτακὴ ἀνόπτηση.

Γίνεται γιά τήν ἐξάλειψη τῶν ἐσωτερικῶν τάσεων, πού παραμένουν σέ κομμά-
τια ὕστερα ἀπὸ σφυρηλασία ἢ μετὰ ἀπὸ μεθόδους μορφοποιήσεως, οἱ ὁποῖες δη-
μιουργοῦν διαφορὰς θερμοκρασίας σ' αὐτά, ὅπως μετὰ ἀπὸ συγκόλληση ἢ χύτευ-
ση.

Ἡ ἀποτακὴ ἀνόπτηση συνίσταται σέ παρατεταμένη πύρωση τοῦ χάλυβα σέ
θερμοκρασίες κυμαίνόμενες ἀνάμεσα σέ 550°C καί 650°C (σχ. 3.4β) καί σέ ἀργή
ἀπόψυξη μέχρι τή θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος.

Ε. Άνοπτηση για σφαιροποίηση του σεμεντίτη.

Το είδος αυτό της άνοπτησεως τό εφαρμόζομε, γιά νά βελτιώσομε τήν κατεργαστικότητα άνθρακούχων χαλύβων μέ υψηλή άναλογία σέ άνθρακα.

Ή θερμική αύτή κατεργασία συνίσταται σέ παρατεταμένη πύρωση του χάλυβα σέ θερμοκρασίες από 650°C έως 700°C (σχ. 3.4β) καί σέ ήρεμη απόψυξη του στόν έλεύθερο άέρα. Ο σεμεντίτης άποκτά σφαιροειδή μορφή άντί γιά τήν πλακοειδή μορφή πού έχει στόν περιλίτη [σχ. 3.3δ(α)] καί στά σύνορα τών κόκκων τών ύπερευτηκτοειδών χαλύβων [σχ. 3.3δ(γ)]. Ή σφαιροειδής μορφή του σεμεντίτη προσδίνει στό χάλυβα καλή κατεργαστικότητα καί πλαστικότητα.

Έφαρμόζεται κυρίως στους χάλυβες μετά από καμίνευση· επίσης καί σέ ύποευτηκτοειδείς χάλυβες γιά βελτίωση τής όλκιμότητας (ή έλατότητάς) τους, όταν πρόκειται νά ύποστούν κατεργασίες διαμορφώσεως έν ψυχρώ.

ΣΤ. Βαφή.

1. Γενικά.

Ή βαφή προσδίνει στό χάλυβα χαρακτηριστικά ψηλή σκληρότητα καί χαμηλή δυσθραυστότητα καί πλαστικότητα μέ τό σχηματισμό του μαρτενσίτη [παράγρ. 3.4.2(β)].

Κατά τή βαφή ό χάλυβας (μέ μέση ή ψηλή περιεκτικότητα σέ άνθρακα, δηλαδή μεγαλύτερη από 0,30%):

- α) Πυρώνεται σέ θερμοκρασία κατά 40°C περίπου άνώτερη από εκείνη, πού άντιστοιχεί στή γραμμή NS γιά τούς ύποευτηκτοειδείς καί SR γιά τόν εύτηκτοειδή καί τούς ύπερευτηκτοειδείς χάλυβες (σχ. 3.4β).
- β) Παραμένει στή θερμοκρασία αύτή (θερμοκρασία βαφής) μέχρι νά άποκτήσει όμοιόμορφη σέ όλη τή μάζα του θερμοκρασία καί
- γ) άποψύχεται γρήγορα σέ κατάλληλο λουτρό βαφής [παράγρ. 3.4.3 (ΣΤ)(3)], ώσπου νά φθάσει τή θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

2. Τό πύρωμα του χάλυβα.

Καλό είναι, πρίν από τή βαφή, ό χάλυβας νά έχει άνοπτηθεί, γιά νά άποκτήσει τή φυσιολογική του κρυσταλλική δομή καί γιά νά άπαλλαγει από τυχόν παραμένουσες μηχανικές τάσεις, πού θεωρούνται επικίνδυνες γιά τή βαφή.

Κατά τό πύρωμα τών κομματιών γιά βαφή, παίρνομε παρόμοια προστατευτικά μέτρα, όπως καί γιά τήν άνόπτηση [παράγρ. 3.4.3(Α)(2)]. Αυτό γίνεται είτε σέ κοινούς κλιβάνους μέ φλόγα ή σέ ήλεκτρικούς είτε σέ κλιβάνους μέ λουτρό λειωμένων άλάτων.

3. Ή απόψυξη του χάλυβα.

Έδω θά πρέπει νά τονίσομε ότι γιά τήν έπιτυχία τής βαφής βασικός παράγοντας είναι ή ταχύτητα, μέ τήν όποία γίνεται ή απόψυξη του χάλυβα από τή θερμοκρασία τής βαφής (ό χάλυβας βρίσκεται σέ κατάσταση ώστενίτη) μέχρι τή θερμοκρασία του δωματίου (ό ώστενίτης μετασχηματίζεται κατά τό μεγαλύτερό του ποσοστό σέ

μαρτενσίτη, απομένει όμως και μικρό ποσοστό ώστενίτη, πού τον ονομάζουμε **υπόλειπόμενο** ή **παραμένοντα ώστενίτη**).

Η ταχύτητα αποψύξεως εξαρτάται από τούς εξής τρεις παράγοντες:

- Από τό μέσο ψύξεως, δηλαδή από τό **λουτρό βαφής**, στο όποιο έμβαπτίζονται τά πρós βαφή κομμάτια, γιά νά αποψυχθούν.
- Από τό βαθμό αναταράξεως του λουτρού βαφής και
- Από τό μέγεθος τής διατομής τών κομματιών, δηλαδή από τό κατά πόσο τά κομμάτια είναι χονδρά ή λεπτά.

Ός λουτρά βαφής μεταχειρίζομαστε βιομηχανικά τά ακόλουθα κατά σειρά έλατούμενης δραστικότητας:

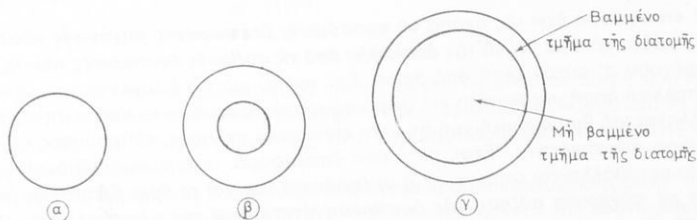
- Άλατόνερο (διάλυμα νερού και 10% χλωριούχου νατρίου).
- Νερό.
- Λειωμένα άλατα.
- Λάδια.
- Ήρεμο άέρα.

Η θερμοκρασία του λουτρού παίζει σημαντικό ρόλο στην έπιτυχία τής βαφής. Πρós αποφυγή αύξήσεως τής θερμοκρασίας του, τό λουτρό πρέπει νά έχει τόν όγκο, πού άπαιτείται. Άκόμα γιά τόν έλεγχο τής θερμοκρασίας του λουτρού βαφής μπορούμε νά προβλέψομε και τά άπαραίτητα ψυκτικά στοιχεία.

4. Τό φαινόμενο μάζας του κομματιού κατά τή βαφή.

Κατά τή βαφή, όπως είναι φυσικό, ή ταχύτητα αποψύξεως μειώνεται όσο προχωρούμε από τήν έπιφάνεια πρós τόν πυρήνα του κομματιού. Η έλάττωση αυτή τής ταχύτητας αποψύξεως είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο τό κομμάτι είναι χονδρότερο (έχει μεγαλύτερη διατομή). Άρα, αν βάψομε ένα χονδρό κομμάτι από άνθρακοϋχο χάλυβα, θά παρατηρήσομε ότι, ενώ σέ όρισμένο βάθος από τήν έπιφάνειά του βάφεται κανονικά (άποκτά ίστό μαρτενσίτη), στην ύπόλοιπη διατομή του δέν βάφεται κανονικά ή και καθόλου. Τό φαινόμενο αυτό τό ονομάζομε **φαινόμενο μάζας του κομματιού**. Τήν ικανότητα ενός κομματιού νά βάφεται βαθιά τήν καλούμε **έμβαπτότητα**.

Στό σχήμα 3.4γ εικονίζεται παραστατικά τό φαινόμενο μάζας γιά τρία κυλινδρι-



Σχ. 3.4γ.

Έπίδραση του μεγέθους τής διατομής του τεμαχίου στο βάθος βαφής. (α) Μικρή διατομή, τό κομμάτι βάφεται έντελώς. (β) Μέση διατομή, δέ βάφεται ό πυρήνας. (γ) Μεγάλη διατομή, βαμμένη μόνο ή έπιφανειακή στιβάδα του κομματιού, χωρίς νά βάφεται τό υπόλοιπό του.

κά κομμάτια μέ μικρή, μέση καί μεγάλη διατομή.

Τό φαινόμενο αυτό είναι **έντονότερο** στους άνθρακούχους χάλυβες. Μπορεί όμως νά περιορισθεί ή καί νά εξαλειφθεί έντελως μέ προσθήκες, όπως είναι τό Μn, τό Νi, τό Cr καί άλλα (Πίνακας 3.3.1). Οι προσθήκες αυτές έλαττώνουν τήν κρίσιμη ταχύτητα άποψύξεως καί συνεπώς δίνουν χρόνο στό κομμάτι νά βαφεί σέ όλη του τή μάζα, άκόμα καί σέ ήπιο λουτρό βαφής, όπως π.χ. σέ λουτρό λαδιού.

5. Άτυχήματα κατά τή βαφή.

Κατά τό πύρωμα τών κομματιών γιά βαφή παίρνομε παρόμοια προστατευτικά μέτρα, όπως στήν άνόπτηση [παράγρ. 3.4.2(A)(2)], γιά νά άποφύγομε άχρήστευσή τους.

Σέ βαμμένα όμως κομμάτια μπορούν νά συμβοῦν χαρακτηριστικά άτυχήματα. Μνημονεύομε παρακάτω τά πιο συνηθισμένα από αυτά:

α) **Άνομοιογένεια βαφής.** Έλέγχεται μέ μέτρηση τής σκληρότητας σέ διάφορες θέσεις τής επιφάνειας τοῦ κομματιοῦ. Μπορούμε νά τήν άποδώσομε σέ άνομοιομορφη πύρωση ή άπόψυξη ή καί στά δύο μαζί. Έξαλείφεται μόνο μέ νέα κανονική πύρωση καί άπόψυξη.

β) **Άνεπαρκής βαφή.** Τό κομμάτι δέν άποκτᾷ τή σκληρότητα, πού πρέπει νά άποκτήσει μετά από τή βαφή. Οφείλεται είτε σέ μικρότερη δραστικότητα τοῦ λουτροῦ βαφής είτε σέ πύρωμα σέ θερμοκρασία βαφής κατώτερη από τήν προβλεπόμενη γιά τό θεωρούμενο χάλυβα. Χρειάζεται επανάληψη τής βαφής κατά κανονικό όμως τρόπο.

γ) **Ρωγμές καί στρεβλώσεις.** Οφείλονται σέ έσωτερικές τάσεις, πού αναπτύσσονται κατά τήν άπόψυξη. Άποφεύγονται ή περιορίζονται μέ τή χρησιμοποίηση τοῦ κατάλληλου λουτροῦ βαφής καί **ποτέ δραστικότερου.**

Ζ. Έπαναφορά.

1) **Έπαναφορά** έχομε, όταν ό βαμμένος χάλυβας:

α) Άναπυρωθεί σέ όρισμένη θερμοκρασία (στή **θερμοκρασία έπαναφορᾶς**).

β) Παραμείνῃ στή θερμοκρασία αὐτή επί όρισμένο χρόνο καί

γ) άποψυχθεῖ στόν έλεύθερο ήρεμο αέρα μέχρι τή θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος.

Ἡ έπαναφορά έχει ως σκοπό νά **προσδώσει βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες** στό βαμμένο χάλυβα καί νά τόν **άπαλλάξει από τίς σοβαρές έσωτερικές τάσεις**, πού παραμένουν σ' αὐτόν μετά από βαφή. Καί τοῦτο, γιατί ό βαμμένος χάλυβας (μέ κρυσταλλική δομή μαρτενσίτη καί μικρό ποσοστό παραμένοντα ώστενίτη) είναι άκατάλληλος γιά βιομηχανική χρήση, γιατί είναι πολύ σκληρός, εύθραυστος καί έχει άσήμαντη πλαστικότητα. Έτσι, μετά από έπαναφορά, οί μηχανικές ιδιότητες τοῦ χάλυβα μεταβάλλονται σημαντικά: **ή σκληρότητά του καί τό όριο θραύσεως μειώνονται μέ σύγχρονη αύξηση τής δυσθραυστότητας καί τής πλαστικότητάς του.**

Κατά τήν έπαναφορά τοῦ βαμμένου άνθρακούχου χάλυβα μέχρι τό κατώτερο κρίσιμο σημείο A_1 (723°C) επέρχονται διάφοροι μετασχηματισμοί στήν κρυσταλλική του δομή. Έτσι, ανάλογα μέ τή θερμοκρασία έπαναφορᾶς, παίρνομε διάφορα κρυσταλλικά είδη: έπαναφορά σέ θερμοκρασία από 350°C μέχρι 450°C μᾶς δίνει

τόν **τροοστίτη**, από 450°C έως 650°C τό **σορμπίτη** καί από 650°C μέχρι τό κρίσιμο σημείο Α₁ τόν **κοκκώδη περλίτη**.

2) **Πρακτικές παρατηρήσεις καί οδηγίες γιά τήν εκτέλεση τής επαναφοράς.**

α) **Έφαρμογές του συνδυασμού βαφής καί επαναφοράς.**

Η βαφή ακολουθούμενη από κατάλληλη επαναφορά εφαρμόζεται σε δύο κυρίως περιπτώσεις:

1) **Στά εργαλεία κοπής καί διαμορφώσεις.** Στην κατασκευή των εργαλείων αυτών κάνομε ελαφρή επαναφορά, γιά νά αύξησουμε τή δυσθραυστότητά τους. Σέ εργαλεία από άνθρακοϋχο χάλυβα, τά όποια δέν υπόκεινται σε κρούσεις, ή επαναφορά γίνεται στους 160°C έως 200°C, ενώ σε εργαλεία, πού ύφίστανται κρούσεις, ή επαναφορά εκτελείται σε 250°C μέχρι 300°C.

2) **Στήν επιβελτίωση του χάλυβα.** Πρόκειται γιά σύνθετη κατεργασία, πού εφαρμόζομε κατά κύριο λόγο στά χαλυβακράματα. Συνίστανται σε βαφή, τήν όποια ακολουθεϊ επαναφορά, σε ψηλή όμως θερμοκρασία. Θερμοκρασίες επαναφοράς γιά διάφορα χαλυβοκράματα δίνομε στους σχετικούς με αυτά πίνακες 3.3.2 καί 3.3.3.

β) **Θέρμανση των κομματιών γιά επαναφορά.**

Γιά τήν επιτυχία τής επαναφοράς μεγάλη σημασία έχει ό έλεγχος τής θερμοκρασίας με ακρίβεια. Γιά τό σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε συνήθως πυρόμετρα.

Μικρότερη ακρίβεια στον έλεγχο τής θερμοκρασίας μās δίνει ή μέθοδος με όπτική εκτίμηση του χρωματισμού των κομματιών. Προοδευτικά με τή θέρμανση αλλάζει ό χρωματισμός τής επιφάνειας των κομματιών, λόγω σχηματισμού όξειδίων.

Η συσχέτιση μεταξύ χρωματισμού καί θερμοκρασίας γιά τούς χάλυβες από 220°C μέχρι 325°C (περιοχή θερμοκρασιών, μέσα στην όποια ή μέθοδος μās δίνει τή μεγαλύτερη ακρίβεια εκτιμήσεων) είναι ή ακόλουθη:

Κίτρινος βαθύς	σε 220°C
Χρυσοκίτρινος	σε 245°C
Κόκκινος-καστανός	σε 265°C
Κόκκινος βαθύς	σε 275°C
Μπλέ άνοιχτός	σε 290°C
Μπλέ βαθύς	σε 300°C
Μπλέ-γκρί	σε 310°C
Γκρί	σε 325°C

Η παρατήρηση του χρωματισμού πρέπει νά γίνεται μέσα σε δύο ή τρία πρώτα λεπτά από τή στιγμή πού θά σχηματισθεϊ στην επιφάνεια του κομματιού τό λεπτό στρώμα όξειδίου. Άν γίνει άργότερα, τότε ό χρωματισμός θά άντιστοιχεί σε ψηλότερη θερμοκρασία.

Ο χρόνος παραμονής του χάλυβα στη θερμοκρασία επαναφοράς άσκει σημαντική επίδραση στις μηχανικές ιδιότητες, πού θά άποκτήσει με τήν επαναφορά ό χάλυβας. Γενικά μπορούμε νά διαπιστώσουμε ότι τό ίδιο άποτέλεσμα είναι δυνατό νά τό επιτύχομε είτε θερμαίνοντας τό κομμάτι μικρότερο χρόνο σε ψηλότερη θερμοκρασία επαναφοράς, είτε θερμαίνοντάς το επί μακρότερο χρόνο σε χαμηλότερη θερμοκρασία επαναφοράς.

Η. Θερμοχημικές κατεργασίες.

1. Γενικά.

Πολλά κομμάτια κατά τη λειτουργία τους χρειάζεται να έχουν σκληρή επιφάνεια, πού να αντέχει στη φθορά από την τριβή, και συγχρόνως πυρήνα με ικανοποιητική μηχανική αντοχή και δυσθραυστότητα. Ός τυπικό παράδειγμα τέτοιου κομματιού αναφέρομε τόν πείρο, πού συνδέει τό διωστήρα μέ τό έμβολο σέ μία μηχανή έσωτερικής καύσεως. Τό συνδυασμό αυτό μηχανικής αντοχής και δυσθραυστότητας του πυρήνα ενός κομματιού από τό ένα μέρος και της αντοχής σέ φθορά της επιφάνειάς του από τό άλλο, μπορούμε νά τόν επιτύχομε μέ μία από τίς ακόλουθες θερμοχημικές κατεργασίες:

α) Τήν **ένανθράκωση**, όπου ή επιφανειακή στιβάδα ενός κομματιού από πτωχό σέ άνθρακα χάλυβα (κάτω από 0,20%) έμποτίζεται μέ άτομα άνθρακα. Τήν ένανθράκωση ακολουθεί, όπως θά δοϋμε στην παράγραφο 3.4.3(Η)(2), μία σειρά από θερμικές κατεργασίες.

β) Τήν **έναζώτωση**, κατά τήν οποία προστίθεται στην επιφανειακή στοιβάδα του κομματιού, από ειδικό γιά έναζώτωση χάλυβα, άζωτο πού μαζί μέ τό σίδηρο του χάλυβα σχηματίζει μία πολύ σκληρή χημική ένωση, τό σιδηρονιτρίδιο (Fe_3N). Μετά τήν έναζώτωση δέν γίνονται θερμικές κατεργασίες στό κομμάτι και

γ) **τήν ένδοκούανωση**. Έδώ ή επιφανειακή στρώση του κομματιού έμποτίζεται μέ άνθρακα και άζωτο μαζί. Ακολουθείται από μία σειρά καταλλήλων θερμικών κατεργασιών.

Θά ήταν παράλειψη, αν δέν αναφέραμε εδώ και τή **φλογοβαφή**, πού δέν είναι θερμοχημική κατεργασία, όπως οι προηγούμενες, αλλά μέ τήν οποία επιτυγχάνομε σκλήρυνση, σέ έλεγχόμενο βάθος, της επιφανειακής στοιβάδας κομματιών από χάλυβα, πού νά επιδέχεται βαφή [$\pi(\text{C}) \geq 0,35\%$].

Παρακάτω θά μιλήσομε γιά τήν ένανθράκωση, τήν οποία συναντούμε εύρύτερα στην πράξη.

2. Ένανθράκωση.

α) Έκτέλεση της ένανθρακώσεως.

Η ένανθράκωση βασίζεται στην αρχή, σύμφωνα μέ τήν οποία, ό χάλυβας σέ κατάσταση ώσπενίτη έμποτίζεται από άτομα άνθρακα σέ θερμοκρασίες από 910°C μέχρι 950°C (**θερμοκρασία ένανθρακώσεως**). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τήν αύξηση της περιεκτικότητας σέ άνθρακα της επιφανειακής στρώσεως του κομματιού [συνήθως $\pi(\text{C}) > 0,80\%$].

Γιά νά γίνει ή ένανθράκωση χρειάζεται κάποιο **ένανθρακωτικό μέσο** ή **ουσία**, πού μπορεί νά είναι στερεό, υγρό ή αέριο.

Ός στερεό ένανθρακωτικό μέσο χρησιμοποιείται συνήθως μίγμα σέ σκόνη από 60% έως 90% ξυλάνθρακα και 40% έως 10% άνθρακικό βάριο (BaCO_3) ή άνθρακικό νάτριο (NaCO_3). Τά κομμάτια, πού πρόκειται νά ένανθρακώσομε, τά τοποθετούμε μαζί μέ τό ένανθρακωτικό μέσο μέσα σέ κατάλληλο πυρίμαχο μεταλλικό δοχείο. Κλείνομε αεροστεγώς τό δοχείο και τό βάζομε μέσα σέ κατάλληλο κλίβανο, του οποίου ή θερμοκρασία διατηρείται σταθερά στους 700°C περίπου. Κατόπιν ή θερμοκρασία του κλιβάνου άνυψώνεται μέχρι τή θερμοκρασία ένανθρακώσεως.

Στή θερμοκρασία αυτή τὰ κομμάτια παραμένουν επί καθορισμένο χρόνο, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ βάθος τῆς ἐνανθρακωμένης στρώσεως, πού ἐπιδιώκομε. Τὸ βάθος αὐτό, γιὰ τὸ ἴδιο ἐνανθρακωτικό μέσο, αὐξάνεται μὲ αὐξηση τῆς θερμοκρασίας ἐνανθρακώσεως (βέβαια ὡς ἕνα ἀνώτερο ὄριο) καὶ τοῦ χρόνου παραμονῆς τῶν κομματιῶν στὴ θερμοκρασία αὐτή.

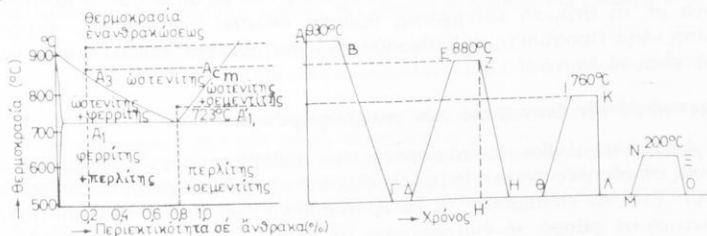
Ἡ ἐνανθράκωση μὲ ὑγρὸ ἐνανθρακωτικό μέσο γίνεται μέσα σέ λουτρό λειωμένων ἀλάτων στὴ θερμοκρασία ἐνανθρακώσεως. Τὸ μίγμα ἀλάτων, πού συνήθως χρησιμοποιοῦται, ἀποτελεῖται ἀπὸ 20% μέχρι 50% κυανιοῦχο νάτριο (NaCN), ἀπὸ ἀνθρακικό νάτριο μέχρι 40% καὶ ἀπὸ χλωριόχο νάτριο (NaCl) ἢ χλωριόχο βάριο (BaCl_2) κατὰ τὸ ὑπόλοιπο. Τὰ πρὸς ἐνανθράκωση κομμάτια, τοποθετούμενα μέσα σέ κατάλληλο καλάθι ἀπὸ συρμάτινο πλέγμα, ἐμβαπτίζονται μέσα στοῦ λουτροῦ καὶ παραμένουν στὴ θερμοκρασία ἐνανθρακώσεως ἐπὶ ὁρισμένο χρονικὸ διάστημα ἀνάλογα μὲ τὸ ἐπιθυμητὸ βάθος ἐνανθρακώσεως.

Τέλος ἡ ἐνανθράκωση μὲ ἀέριο ἐνανθρακωτικό μέσο (μεθάνιο, CH_4 ἢ προπάνιο C_3H_8) γίνεται μέσα σέ ἀεροστεγὴ κλίβανο σέ θερμοκρασία ἀπὸ 850°C ἕως 930°C . Τῇ μέθοδο αὐτῇ τὴν προτιμοῦμε σέ περιπτώσεις πού πρόκειται νὰ ἐνανθρακώσουμε μεγάλο ἀριθμὸ κομματιῶν σέ μικρὸ βάθος (τὸ βάθος ἐνανθρακώσεως ἐλέγχεται μὲ εὐκολία καὶ ἀκρίβεια).

β) Θερμικὲς κατεργασίες μετὰ τὴν ἐνανθράκωση.

Μετὰ τὴν ἐνανθράκωση (γραμμὴ Α-Β τοῦ σχήματος 3.4δ) ἀφήνομε τὰ κομμάτια νὰ ἀποψυχθοῦν ἤρεμα (γραμμὴ Β-Γ).

Ἡ πρώτη θερμικὴ κατεργασία πού κάνομε μετὰ ἀπὸ ἐνανθράκωση εἶναι βαφὴ [παράγρ. 3.4.3(Α)] ἢ ἐξομάλυνση [παράγρ. 3.4.3(Β)] γιὰ τὴν ἐκλέπτυνση τῶν κόκκων τοῦ πυρήνα (βελτίωση τῆς δυσθραυστότητας τοῦ χάλυβα), γιὰτὶ μὲ τὴν παρατεταμένη πύρωση στὴν υψηλὴ θερμοκρασία ἐνανθρακώσεως ὁ χάλυβας γίνεται χονδρόκοκκος. Γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ τὰ κομμάτια πυρῶνονται (γραμμὴ Δ-Ε) στὴν προβλεπόμενη θερμοκρασία [π.χ. γιὰ χάλυβα μὲ $\pi(\text{C}) = 0,20\%$ σέ θερμοκρασία 880°C] καὶ ἀποψύχονται κατὰ τὴ γραμμὴ Ζ-Η' ἢ Ζ-Η (βαφὴ ἢ ἐξομάλυνση ἀντίστοιχα).



Σχ. 3.4δ.

Θερμικὲς κατεργασίες ἐνὸς ἀνθρακούχου χάλυβα μετὰ ἐνανθράκωση.

Ἡ δευτέρη θερμικὴ κατεργασία εἶναι βαφὴ τῆς ἐπιφανειακῆς στοιβάδας [μὲ $\pi(\text{C}) > 0,80\%$, ἂν πύρωμα σέ 760°C περίπου, γραμμὴ Θ-Ι τοῦ σχήματος 3.4δ καὶ γρήγορη ἀπόψυξη, γραμμὴ Κ-Λ], γιὰ νὰ ἀποκτήσει μεγάλη σκληρότητα καὶ λεπτό-

κοκκο ιστό (έξακολουθεί νά έχει χονδρόκοκκο ιστό, γιατί ή θερμοκρασία τών 880°C, γιά τό παράδειγμά μας, θεωρείται πολύ ψηλή γιά τήν επιφανειακή στρώση μέ άνθρακα περισσότερο από 0,80%). Η βαφή αυτή αποτελεί κατά κάποιο τρόπο άναφορά τού πυρήνα τών κομματιών.

Τέλος, γιά νά άπαλλαγεί ή επιφανειακή στοιβάδα από έσωτερικές τάσεις, θερμαίνομε κομμάτια σέ 200°C (γραμμήM-N) καί τά άποψύχομε ήπια (γραμμή Ξ-O).

3.4.4 Θερμικές κατεργασίες τών χαλυβοκραμάτων.

“Όλα, όσα έχομε μέχρι τώρα άναπτύξει γιά τίς θερμικές κατεργασίες, άφορούν στους άνθρακούχους χάλυβες. Παρακάτω θά περιορισθούμε σέ γενικές παρατηρήσεις γιά τίς θερμικές κατεργασίες τών χαλυβοκραμάτων. Έξ άλλου δίνομε στοιχεΐα γιά τή θερμοκρασία βαφής καί έπαναφοράς τους στους Πίνακες 3.3.2 καί 3.3.3. Έπί πλέον, άλλες πληροφορίες, πού τυχόν θά χρειασθούμε γιά θερμικές κατεργασίες χαλυβοκραμάτων, μπορούμε νά τίς άναζητήσουμε στους καταλόγους τών έργοστασίων παραγωγής τους ή νά τίς άνεύρομε σέ είδικά έγχειρίδια.

A. Σχετικά μέ τή βαφή τών χαλυβοκραμάτων.

Οί προσθήκες, πού σχηματίζουν καρβίδια, έχουν ως άποτέλεσμα τήν έλάττωση τής κρίσιμης ταχύτητας άποψύξεως, δηλαδή καθώς προχωρούμε από τό Cu, Ni καί Si (στοιχεΐα πού δέν σχηματίζουν καρβίδια) πρός τό Mn, Cr, Mo, W καί V (στοιχεΐα, πού σχηματίζουν καρβίδια). Αυτό σημαίνει ότι ή βαφή μπορεί νά γίνει σέ ήπιότερα λουτρά βαφής, ή ακόμα καί στόν ήρεμο έλεύθερο άέρα, όπως συμβαίνει μέ τούς ταχυχάλυβες.

Η σκληρότητα πού επιτυγχάνεται μετά από βαφή έξαρτάται κατά κύριο λόγο από τήν περιεκτικότητα τού χαλυβοκράματος σέ άνθρακα. Όσο δηλαδή ή άναλογία τού άνθρακα στό χαλυδόκραμα είναι μεγαλύτερη, τόσο αυτό άποκτά μεγαλύτερη σκληρότητα μετά τή βαφή.

Οί προσθήκες έπίδρουν στό μέγεθος τών κόκκων τού ώστενίτη καί κατά συνέπεια τών κόκκων στήν τελική κρυσταλλική δομή, πού θά άποκτήσει ό χάλυβας, άνάλογα μέ τή θερμική κατεργασία, πού θά ύποστεί (μαρτενσίτης, φερρίτης-περλίτης κλπ.). Προσθήκες, πού εύνοούν τήν άνάπτυξη λεπτόκοκκου κρυσταλλικού ιστού, είναι τό Ni, τό V κ.ά.

B. Σχετικά μέ τήν έπαναφορά τών χαλυβοκραμάτων.

Σέ όρισμένα χαλυβοκράματα παρατηρείται σοβαρή πτώση τής δυσθραυστότητάς τους σέ χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες έπαναφοράς (περιοχή από 200°C έως 400°C). Έτσι, άν επιθυμούμε τό χαλυδόκραμα νά έχει μεγάλη σκληρότητα, άρα καί άντοχή σέ φθορά, τό έπαναφέρουμε σέ θερμοκρασία κάτω από 200°C. Άν χρειάζεται αυτό νά έχει καλή δυσθραυστότητα, τότε κάνομε έπαναφορά σέ θερμοκρασία άνωτερη από 400°C άνάλογα.

Σέ όρισμένα πλούσια σέ προσθήκες, πού σχηματίζουν καρβίδια, χαλυβοκράματα, όπως είναι οί ταχυχάλυβες [παράγρ. 3.5.3(Ε)] παρατηρείται ότι δέν έλαττώνεται ή σκληρότητά τους μετά από έπαναφορά (μέσα βέβαια σέ όρισμένα όρια θερμοκρασίας έπαναφοράς). Οί χάλυβες αυτού τού είδους είναι κατάλληλοι γιά τήν κα-

τασκευή κοπτικών έργαλειών, πού πρέπει να διατηρούν τη σκληρότητα τους σε ψηλές θερμοκρασίες κατά την κοπή. Την ιδιότητά τους αυτή την ονομάζουμε **άντοχη σε έπαναφορά** και αποτελεί αυτή βασική χαρακτηριστική ιδιότητα των υλικών για κοπτικά έργαλεία.

3.4.5 Έρωτήσεις.

1. Να δώσετε τον όρισμό της θερμικής κατεργασίας ενός κράματος.
2. Τι επιτυγχάνουμε με τις θερμικές κατεργασίες των χαλύβων;
3. Να αναφέρετε τούς τρεις ουσιώδεις παράγοντες πού παίζουν βασικό ρόλο στην επιτυχία κάθε θερμικής κατεργασίας χάλυβα.
4. Πόσων ειδών θερμικές κατεργασίες χαλύβων έχουμε;
5. Να αναφέρετε τέσσερις περιπτώσεις θερμικής κατεργασίας συγκεκριμένων κομματιών.
6. Ποιά είναι η σημασία της θερμοκρασίας, στην οποία γίνεται κάθε θερμική κατεργασία και πώς μετρούμε τη θερμοκρασία αυτή;
7. Ποιά είναι το αποτέλεσμα της απότομης άποψύξεως ενός άνθρακούχου χάλυβα με $\pi(C) = 0,70\%$;
8. Τι γνωρίζετε για το κρυσταλλικό είδος πού το ονομάζουμε μαρτενσίτη;
9. Να αναφέρετε τα βήματα πού ακολουθούμε για να κάνουμε ανόπτηση σε έναν άνθρακούχο χάλυβα.
10. Τι επιτυγχάνουμε με την ανόπτηση ενός χάλυβα;
11. Τι κάνουμε για να αποφύγουμε την όξειδωση και την εξανθράκωση των χαλυβδίνων κομματιών κατά την πύρωσή τους για ανόπτηση;
12. Πότε έχουμε υπερθέρμανση και πότε καύση του χάλυβα κατά το πύρωμά του για ανόπτηση;
13. Ποιές είναι οι ουσιώδεις διαφορές ανάμεσα στην ανόπτηση και στην εξομάλυνση;
14. Τι σκοπό έχει η αποτατική ανόπτηση και τί ή ανόπτηση για κρυστάλλωση;
15. Τι είναι βαθή ενός χάλυβα;
16. Ποιό παράγοντες καθορίζουν τη σκληρότητα, πού θα αποκτήσει ένας άνθρακούχος χάλυβας μετά από βαθή;
17. Από ποιους κύριους παράγοντες εξαρτάται η ταχύτητα άποψύξεως κατά τη βαθή ενός χάλυβα;
18. Να απαριθμήσετε τα λουτρά βαθής πού χρησιμοποιούμε κατά σειρά αύξανόμενης δραστικότητας.
19. Τι έννοουμε λέγοντας **φαινόμενο μάζας** κατά τη βαθή ενός χαλύβδινου κομματιού και πώς μπορούμε να περιορίσουμε ή ακόμα και να εξαλείψουμε το φαινόμενο αυτό;
20. Να παραθέσετε δύο συνήθη άτυχήματα, πού μπορούν να συμβούν στο χάλυβα κατά τη βαθή του.
21. Ποιός είναι ο σκοπός της έπαναφοράς του βαμμένου χάλυβα;
22. Γιατί ή έπαναφορά πού κάνουμε στο χάλυβα προξενεί μείωση στο όριο θραύσεως και στη σκληρότητά του;
23. Να αναφέρετε δύο περιπτώσεις έπαναφοράς συγκεκριμένων βαμμένων χαλυβδίνων κομματιών και να δικαιολογήσετε γιατί τούς κάνουμε έπαναφορά.
24. Ποιές περίπου θά πρέπει να είναι οι θερμοκρασίες έπαναφοράς ενός κοπιδιού και ενός εργαλείου τόννου από άνθρακούχο χάλυβα; Να εξηγήσετε τό γιατί. Ποιός έκτιμάτε ότι θά είναι ο χρωματισμός του έργαλείου του τόννου, για νά του γίνει σωστή έπαναφορά;
25. Τι είναι έπιβελτίωση ενός χαλυβοκράματος;
26. Τι επιδιώκουμε με την ένανθράκωση;
27. Να περιγράψετε τα βήματα πού ακολουθούμε κατά την ένανθράκωση χαλυβδίνων κομματιών με στερεό ένανθρακωτικό μέσο.
28. Ποιά είναι ή σειρά των θερμικών κατεργασιών πού κάνουμε συνήθως σε ένανθρακωμένα κομμάτια;
29. Να αναφέρετε κομμάτια μηχανημάτων, στα όποια κάνουμε ένανθράκωση και φυσικά και τις θερμικές κατεργασίες, πού την ακολουθούν. Να εξηγήσετε τούς λόγους, για τούς όποιους χρειάζεται ή ένανθράκωση.

30. Πρόκειται να βάψουμε κομμάτια από άνθρακοῦχο χάλυβα με περιεκτικότητες 0,50% C, και 1,10% C. Ποιές θα πρέπει να είναι αντίστοιχα οι θερμοκρασίες βαφής τους;
31. Να προσδιορίσετε τη θερμοκρασία άνοπτήσεως των χαλύβων της προηγούμενης έρωτήσεως.

3.5 Βιομηχανικές εφαρμογές των χαλύβων.

Έξετάζοντας τούς χάλυβες ως προς τη βιομηχανική τους χρήση μπορούμε να τούς ταξινομήσουμε σε:

- α) Χάλυβες κατασκευών.
- β) Χάλυβες έργαλείων και
- γ) ειδικά χαλυβοκράματα, όπως είναι οι άνοξειδωτοι χάλυβες, οι πυρίμαχοι χάλυβες κ.ά.

Πρίν προχωρήσουμε στην παράγραφο αυτή, πρέπει να προτάξουμε λίγα σχετικά με την προτυποποίηση των χαλύβων.

3.5.1 Προτυποποίηση των χαλύβων.

Υπάρχουν σήμερα σε ισχύ πολλά συστήματα προτυποποίησης των χαλύβων. Παρακάτω θα μιλήσουμε συνοπτικά γιά τó γερμανικό σύστημα και τó άμερικανικό σύστημα προτυποποίησης, τά όποια θεωρούνται ως τά πλέον αντιπροσωπευτικά και διαδεδομένα.

A. Τó γερμανικό σύστημα προτυποποίησης (DIN 17006).

1. Άνθρακοῦχοι χάλυβες.

Οι άνθρακοῦχοι χάλυβες συμβολίζονται με τó St (άπό τή λέξη Stahl, πού σημαίνει χάλυβας), τó όποιο áκολουθεϊ ένας διψήφιος áριθμός. Ό áριθμός αυτός παριστάνει τó éλάχιστο όριο θραύσεως του χάλυβα σ_B σε kp/mm^2 . Ό συμβολισμός St 50 επί παραδείγματι, σημαίνει κοινό άνθρακοῦχο χάλυβα με éλάχιστο όριο θραύσεως $\sigma_B = 50 \text{ kp/mm}^2$. Τó όριο θραύσεως αυτό συνήθως κυμαίνεται ανάμεσα σε όρισμένα όρια (50 έως 60 kp/mm^2 στο παράδειγμά μας).

Άνθρακοῦχοι χάλυβες καλύτερης ποιότητας συμβολίζονται με τó γράμμα C, τó όποιο áκολουθεϊται άπό τήν éκατοστιαία περιεκτικότητα του χάλυβα πολλαπλασιασμένη επί 100. Έτσι με C 60 π.χ. συμβολίζεται ó άνθρακοῦχος χάλυβας καλής ποιότητας με $\pi(C) = 60/100 = 0,60\%$.

Είναι δυνατό στο συμβολισμό του χάλυβα να περιλαμβάνεται και ή μέθοδος παρσκευής του με éνα χαρακτηριστικό κεφαλαίο γράμμα, όπως π.χ. με τó B γιά τή μέθοδο Μπέσσεμερ (Bessemer), με τó M γιά τή μέθοδο Σήμενς-Μαρτέν (Siemens-Martin), με τó E γιά τήν ήλεκτρική κλπ.

2. Χαλυβοκράματα.

Γιά τó συμβολισμό των χαλυβοκραμάτων αρχικά γράφεται ó διψήφιος áριθμός τής éκατοστιαίας περιεκτικότητας σε άνθρακα του χαλυβοκράματος, όπως και στους άνθρακοῦχους χάλυβες, δηλαδή πολλαπλασιασμένης επί 100.

Άκολουθούν τά χημικά σύμβολα των προσθηκών κατά σειρά éλαττούμενης πε-

ριεκτικότητας. Σέ περίπτωση ίσης περιεκτικότητας προσθηκών, λαμβάνεται υπ' όψη ή αλφαβητική σειρά των συμβόλων. Μετά από τά χημικά σύμβολα αναγράφονται κατά τήν ίδια τάξη οί χαρακτηριστικοί αριθμοί τής περιεκτικότητας των προσθηκών.

Γιά νά έχομε άκέραιους αριθμούς κατατάσσομε τίς προσθήκες σέ ομάδες καί σέ κάθε ομάδα δόνομε όρισμένο πολλαπλασιαστή. Έτσι έχομε:

γιά Cr, Co, Mn, Ni, Si, W πολλαπλασιαστή 4,

γιά Al, Cu, Mo, Ta, Ti, V πολλαπλασιαστή 10 καί

γιά C, P, S, N πολλαπλασιαστή 100.

Ο χαρακτηριστικός αριθμός κάθε προσθήκης βρίσκεται, άν ή πραγματική έκαστοιαία περιεκτικότητα τής προσθήκης πολλαπλασιασθεί επί τόν αντίστοιχο πολλαπλασιαστή.

Χαλυβόκραμα π.χ. μέ $\pi(C) = 0,50\%$, $\pi(Cr) = 1,00\%$ καί $\pi(Mo) = 0,60\%$ συμβολίζεται ως 50CrMo46.

Αντίθετα, τό χαλυβόκραμα 15Cr3 έχει $\pi(C) = 15/100 = 0,15\%$ καί $\pi(Cr) = 3/4 = 0,75\%$.

Ο παραπάνω συμβολισμός μπορεί νά περιλαμβάνει καί άλλα γράμματα (κεφαλαία). Έτσι, γράμματα πού χαρακτηρίζουν τόν τρόπο παρασκευής του χαλυβοκράματος προτάσσονται, ενώ ακολουθούν τό συμβολισμό γράμματα; πού αναφέρονται σέ διάφορες έπεξεργασίες ή υποδείξεις γιά τή χρήση του.

Όλα, όσα έχομε μέχρι τώρα αναφέρει, άφορούν στά χαλυβοκράματα μέ χαμηλή συνολική περιεκτικότητα σέ προσθήκες (ίση ή μικρότερη από 5,00%) ή **πτωχά χαλυβοκράματα**. Γιά νά διακρίνομε τά χαλυβοκράματα μέ ψηλή συνολική περιεκτικότητα σέ προσθήκες (πάνω από 5,00%) ή **πλούσια χαλυβοκράματα**, προτάσσομε στό σχετικό συμβολισμό τό Χ. Γιά τήν περιεκτικότητα σέ άνθρακα παραμένει ό πολλαπλασιαστής 100, ενώ γιά όλες τίς άλλες προσθήκες παίρνομε πολλαπλασιαστή ίσο μέ τή μονάδα.

Ός παράδειγμα φέρνομε τόν άνοξείδωτο χάλυβα μέ:

$\pi(C) = 0,10\%$, $\pi(Cr) = 18\%$ καί $\pi(Ni) = 8\%$,

ό όποιος συμβολίζεται ως X10CrNi18 8. Αντίθετα, τό χαλυβόκραμα X10CrNiTi 18 9 2 θά έχει:

$\pi(C) = 10/100 = 0,10\%$, $\pi(Cr) = 18\%$, $\pi(Ni) = 9\%$ καί $\pi(Ti) = 2\%$.

B. Τό άμερικανικό σύστημα προτυποποιήσεως.

Στίς Η.Π.Α. χρησιμοποιούνται βασικά δύο συστήματα προτυποποιήσεως χαλύβων: τό σύστημα SAE (Society of Automobile Engineers) καί τό σύστημα AISI (American Iron and Steel Institute), τά όποία δέν παρουσιάζουν σοβαρές διαφορές.

Παρακάτω θά παρουσιάσομε συνοπτικά τό σύστημα AISI.

Σύμφωνα μέ τό σύστημα αυτό, γιά τό συμβολισμό ενός χάλυβα χρησιμοποιείται μιά σειρά από τέσσερα ψηφία. Από τά ψηφία αυτά τά δύο πρώτα συμβολίζουν τήν ποιότητα του χάλυβα, ενώ τά δύο τελευταία τή μέση περιεκτικότητά του σέ άνθρακα πολλαπλασιασμένη επί 100. Στο συμβολισμό αυτό των τεσσάρων ψηφίων συνήθως προτάσσεται ένα κεφαλαίο γράμμα, χαρακτηριστικό τής μεθόδου παρασκευής του, όπως π.χ. τό Β γιά τή μέθοδο Bessemer, τό Ε γιά τήν ήλεκτρική μέθοδο καί τό C γιά τή μέθοδο Siemens-Martin.

Παρακάτω δίνουμε διάφορους χάλυβες προτυποποιημένους κατά το σύστημα AISI:

- C1030: Κοινός άνθρακοῦχος χάλυβας Σήμενς-Μαρτέν με $\pi(C) = 0,30\%$ περίπου.
 1340: Μαγνανιοῦχος χάλυβας με $\pi(Mn) = 1,60\%$ έως $1,90\%$ και $\pi(C) = 0,40\%$ περίπου.
 2330: Νικελιοῦχος χάλυβας με $\pi(Ni) = 3,25\%$ έως $3,75\%$ και $\pi(C) = 0,30\%$ περίπου.
 E3310: Νικελιοχρωμιούχος χάλυβας, παρασκευασμένος με την ηλεκτρική μέθοδο με $\pi(Ni) = 3,25\%$ έως $3,75\%$, $\pi(Cr) = 1,40\%$ έως $1,75\%$ και $\pi(C) = 0,10\%$ περίπου.
 4640: Χάλυβας με $\pi(Ni) = 1,65\%$ έως $2,80\%$, $\pi(Mo) = 0,20\%$ έως $0,27\%$ και $\pi(C) = 0,40\%$ περίπου.

3.5.2 Χάλυβες κατασκευών.

Είναι οι χάλυβες, που χρησιμοποιούνται για κάθε φύσεως μεταλλικές κατασκευές (υπόστεγα, γέφυρες, γερανοί, λέβητες κ.ά.) καθώς επίσης και στην κατασκευή στοιχείων μηχανών, όπως είναι οι στροφαλοφόροι άξονες, διωστήρες, κοχλίες, ελατήρια κλπ.

Γενικά οι χάλυβες κατασκευών πρέπει να έχουν καλές μηχανικές ιδιότητες. Ακόμα, ανάλογα με την εφαρμογή, χρειάζεται πολλές φορές να έχουν ξεχωριστές ιδιότητες, όπως π.χ. άντοχή στη φθορά, στη διάβρωση κλπ.

Συνήθως, για μία συγκεκριμένη εργασία, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πολλούς χάλυβες κατάλληλους για την εργασία αυτή. Στην πράξη εκλέγουμε το χάλυβα εκείνο, που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της κατασκευής και συγχρόνως **στοιχίζει φθηνότερα**.

A. Άνθρακοῦχοι χάλυβες κατασκευών.

Χρησιμοποιούνται για συνήθεις κατασκευές και στοιχεῖα μηχανών. Η περιεκτικότητά τους σε άνθρακα κυμαίνεται από $0,05\%$ έως $0,80\%$. Ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα τους διακρίνουμε σε: **μαλακούς** με $\pi(C) = 0,05\%$ έως $0,30\%$, σε **ήμισκληρους** με $\pi(C) = 0,30\%$ έως $0,60\%$ και σε **σκληρούς** με $\pi(C) = 0,60\%$ μέχρι $0,80\%$.

Οι μηχανικές τους ιδιότητες μεταβάλλονται με την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα. Αύξηση της αναλογίας ενός χάλυβα σε άνθρακα έχει ως συνέπεια αύξηση του όριου θραύσεως, του όριου διαρροής και της σκληρότητάς του και ταυτόχρονα μείωση της δυσθραυστότητας και της πλαστικότητάς του. Επίσης, όσο περισσότερο άνθρακα έχει ο χάλυβας, τόσο σκληρότερος γίνεται μετά από βαφή.

Οι άνθρακοῦχοι χάλυβες κατασκευών έχουν γενικά καλή πλαστικότητα και καλή κατεργαστικότητα. Είναι έπιδεκτικοί συγκολλήσεως και μάλιστα η συγκόλληση είναι τόσο εύκολότερη, όσο λιγότερο άνθρακα περιέχει ο χάλυβας. Οι μαλακοί άνθρακοῦχοι χάλυβες κατασκευών έχουν εξαιρετη συγκολλητότητα. Οι άνθρακοῦχοι χάλυβες, όπως εξ άλλου οι χάλυβες στο σύνολό τους, δέν χυτεύονται.

Χαρακτηριστικά στοιχεῖα και βιομηχανικές χρήσεις των άνθρακοῦχων χαλύβων κατασκευών δίνουμε στον Πίνακα 3.5.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5.1.**Άνθρακούχοι χάλυβες κατασκευών**

Χημική σύνθεση [%]*		Μηχανικές ιδιότητες			Θερμικές κατεργασίες	Βιομηχανικές χρήσεις
		Κατάσταση χάλυβα	σ_B [kp/mm ²]	e_B [%]		
C	Mn					
0,15	0,50	Μετά από βαφή σέ νερό και έπαναφορά σέ 200°C	52	20	Έξομάλυνση ή άνόπτηση σέ 900°C. Ένανθράκωση σέ 950°C. Βαφή σέ 880°C. Έπαναφορά σέ 180° έως 200°C και άπόψυξη στόν άέρα.	0,05 έως 0,15% C: Άλυσίδες, ήλιοι, κοχλίες και άλλα στοιχεία μηχανών, σωλήνες μέ ραφή, ταινίες, διάφορες μεταλλικές κατασκευές, κομμάτια πού πρόκειται νά ένανθρακωθούν.
0,22	0,80	Μετά από βαφή σέ νερό και έπαναφορά σέ 550°C	67	16	Έξομάλυνση ή άνόπτηση σέ 900°C. Βαφή σέ νερό άπό 875° έως 880°C. Έπαναφορά σέ 400° έως 700°C και άπόψυξη στόν άέρα.	0,15 έως 0,30% C: Κοχλίες, όδοντωτοί τροχοί, πείροι, άξονες, χάλυβες έλεύθερης κοπής, σφυρήλατα κομμάτια.
0,35	0,50	Μετά από βαφή σέ νερό και έπαναφορά σέ 550°C	90	10	Έξομάλυνση ή άνόπτηση σέ 840°C. Βαφή σέ νερό άπό 825° έως 850°C. Έπαναφορά σέ 400° έως 650°C και άπόψυξη στόν άέρα.	0,30 έως 0,40% C: Διωστήρες, άξονες, άγκιστρα γερανών, σωλήνες χωρίς ραφή, σφυρήλατα κομμάτια.
0,45	0,50	Μετά από βαφή σέ λάδι και έπαναφορά σέ 550°C	95	8	Έξομάλυνση ή άνόπτηση σέ 840°C. Βαφή σέ λάδι άπό 840° έως 845°C. Έπαναφορά σέ 300° έως 365°C και άπόψυξη στόν άέρα.	0,40 έως 0,50% C: Στροφαλοφόροι άξονες, άξονες μεταδόσεως κινήσεως, όδοντωτοί τροχοί, ζάντες, κομμάτια γιά θερμικές κατεργασίες.
0,60	0,80	Μετά από βαφή σέ λάδι και έπαναφορά σέ 550°C	102	6	Έξομάλυνση ή έπαναφορά σέ 800°C. Βαφή σέ λάδι άπό 825° έως 850°C.	0,50 έως 0,60% C: Τροχοί άμαξοστοιχιών, σιδηροτροχιές, έλατήρια, συρματόσχοινα, τμήματα όπλων.
* Η περιεκτικότητα σέ πυρίτιο είναι ίση ή μικρότερη άπό 0,40%						

Β. Χαλυβογράματα κατασκευών.

Είναι χάλυβες κατασκευών άνώτερης ποιότητας άπό τούς άνθρακούχους χάλυβες. Οι άκαθαρσίες τους (παράγρ. 3.3.4) είναι μειωμένες. Χρησιμοποιούνται συνή-

θως σέ κατάσταση έπιβελτιώσεως, δηλαδή μετά από βαφή καί έπαναφορά [παράγρ. 3.4.3(Z)(2)].

Στούς Πίνακες 3.3.2 καί 3.3.3 δώσαμε, γιά άντιπροσωπευτικά χαλυβοκράματα, τή χημική τους σύνθεση, τίς μηχανικές τους ιδιότητες, στοιχεΐα γιά τίς θερμικές τους κατεργασίες, όπως καί βασικές βιομηχανικές τους χρήσεις. Έπίσης σημειώσαμε καί σχετική ένδειξη γιά τά χαλυβοκράματα κατασκευών.

3.5.3 Χάλυβες έργαλείων.

Η μορφοποίηση μεταλλικών προϊόντων, τόσο μέ τίς κατεργασίες κοπής, όσο καί μέ τίς κατεργασίες διαμορφώσεως γίνεται μέ τή βοήθεια καταλλήλων έργαλείων, δηλαδή των **κοπτικών έργαλείων** γιά τίς κατεργασίες κοπής καί των έργαλείων διαμορφώσεως γιά τίς κατεργασίες διαμορφώσεως.

Λόγω των πολύ δυσμενών συνθηκών, κάτω από τίς όποιες εργάζονται τά διάφορα έργαλεία, κοπτικά ή διαμορφώσεως (ψηλές θερμοκρασίες, ίσχυρές μηχανικές καταπονήσεις, ταλαντώσεις, κρούσεις κ.ά.), οι χάλυβες έργαλείων θά πρέπει νά συνδυάζουν, ανάλογα μέ τήν περίπτωση έφαρμογής τους, τίς ακόλουθες βασικές ιδιότητες:

- Καλή άντοχή στή φθορά από τριβή, δηλαδή μεγάλη σκληρότητα μετά τίς ένδειγμένες θερμικές κατεργασίες.
- Καλή άντοχή σέ έπαναφορά [παράγρ. 3.4.4(B)], δηλαδή ικανότητα νά διατηροϋν τή σκληρότητά τους στίς συναντώμενες ψηλές θερμοκρασίες.
- Καλή μηχανική άντοχή καί δυσθραυστότητα.
- Καλή έμβαιπότητα.

Οι χάλυβες έργαλείων κατατάσσονται στίς έξής βασικές κατηγορίες σύμφωνα μέ τήν άμερικανική προτυποποίηση AISI:

- α) Στούς **κοινούς** χάλυβες έργαλείων ή χάλυβες **βαφής στό νερό**, οι όποιοι περιλαμβάνουν τούς άνθρακούχους χάλυβες έργαλείων.
- β) Στά χαλυβοκράματα έργαλείων **γιά κοπή καί διαμόρφωση έν ψυχρώ**.
- δ) Στά χαλυβοκράματα έργαλείων γιά **μορφοποίηση έν θερμώ**.
- ε) Στούς **ταχυχάλυβες**.

A. Κοινοί χάλυβες έργαλείων.

Εΐναι, όπως είπαμε, άνθρακούχοι χάλυβες καί χρησιμοποιούνται όπου οι άπαιτήσεις εΐναι μικρές. Η περιεκτικότητά τους σέ άνθρακα κυμαίνεται από 0,60% έως 1,50% ανάλογα μέ τή χρήση του χάλυβα.

Οι κοινοί χάλυβες έργαλείων αγοράζονται συνήθως σέ κατάσταση άνοπήσεως, γιά νά μορφοποιούνται εύκολα καί κατόπιν ύφίστανται βαφή στό νερό καί κατάλληλη έπαναφορά.

Στόν Πίνακα 3.5.2 παραθέτομε στοιχεΐα γιά τίς θερμικές κατεργασίες καί τίς βιομηχανικές χρήσεις των κοινών χαλύβων έργαλείων σέ σχέση μέ τήν περιεκτικότητά τους σέ άνθρακα.

B. Χαλυβοκράματα έργαλείων άντοχής σέ κρούσεις.

Χρησιμοποιούνται γιά έργαλεία, πού ύφίστανται κρούσεις (μήτρες διαμορφώ-

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5.2.**Κοινοί (άνθρακούχοι) χάλυβες εργαλείων**

π(C)%	Θερμοκρασία [°C]		Βιομηχανικές χρήσεις
	Βαφής	Έπανα-φοράς	
0,60-0,70	850-820	180	Σφυριά, μήτρες σφυρηλασίας, λάμες πριονιών, εργαλεία ξυλουργού, αγροτικά εργαλεία.
0,70-0,80	830-800	180	Σφυριά, μήτρες διαμορφώσεως έν ψυχρώ, λεπίδες ψαλιδιών, δράπανα, σιαγόνες μέγγενης, κλειδιά, εργαλεία σιδηρουργού.
0,80-0,90	820-780	180	Όπως παραπάνω.
0,90-1,00	800-770	180	Τυπικός άνθρακούχος χάλυβας γενικής χρήσεως για εργαλεία τόννου. Μαχαίρια, ελάτηρια, στιγείς (ζουμπάδες).
1,00-1,10	790-760	150	Εργαλεία τόννου, φραϊζες, τρυπάνια, γλύφανα, έλικοτομίδες (φιλιέρες και κολαούζα).
1,10-1,20	790-760	150	Εργαλεία κοπής, όπως παραπάνω. Έναφαιροι τριβείς (ρουλεμάν).
1,20-1,50	790-760	150	Εργαλεία κοπής για τελική κατεργασία, λίμες, ξυράφια, λεπίδες ψαλιδιών.

σεως, ζουμπάδες, μήτρες κοπής, κοπίδια κλπ.) και συνεπώς πρέπει να έχουν μεγάλη δυσθραυστότητα.

Περιέχουν άνθρακα από 0,45% μέχρι 60% και ως προσθήκες πυρίτιο ή χρώμιο και βολφράμιο και σε όρισμένες περιπτώσεις, αντί για βολφράμιο, μολυβδαίνιο.

Ός τυπικούς χάλυβες σε αυτή την κατηγορία αναφέρουμε τούς έξης:

α) π(C) = 0,50%, π(Mn) = 0,80%, π(Si) = 2,00% και π(Mo) = 0,40%.

β) π(C) = 0,50%, π(Cr) = 1,50% και π(W) = 2,50%.

Γ. Χαλυβκράματα εργαλείων για κοπή και διαμόρφωση έν ψυχρώ.

Χρησιμοποιούνται εύρύτατα. Σ' αυτά υπάγονται:

α) **Χαλυβοκράματα πτωχά σε προσθήκες.** Έφαρμόζονται στην κατασκευή μηχανών διαμορφώσεως, έλικοτομίδων (κολαούζα, φιλλιέρες), ρυθμιζομένων γλυφάνων κ.ά. Τυπικός χάλυβας αυτού του είδους είναι ο ακόλουθος:

π(C) = 0,90%, π(Mn) = 1,00%, π(Cr) = 0,50% και π(W) = 0,50%.

β) **Χαλυβοκράματα μέ μέση περιεκτικότητα σε προσθήκες.** Παραμορφώνονται λίγο μέ τις θερμικές κατεργασίες. Χρησιμοποιούνται στην κατασκευή μηχανών διαμορφώσεως, άποκοπής, σπειρωμάτων μέ συμπίεση κ.ά. Ός αντιπροσωπευτικό χαλυβόκρμα της κατηγορίας αυτής δίνουμε τό παρακάτω:

π(C) = 1,00%, π(Mn) = 3,00%, π(Cr) = 1,00% και π(Mo) = 1,00%.

γ) **Χαλυβοκράματα μέ ψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα και σε χρώμιο.** Η περιεκτικότητά τους σε άνθρακα και σε χρώμιο μπορεί να φθάσει τό 2,35% και 12%

άντιστοιχως. 'Ο συνδυασμός αυτός μεγάλης αναλογίας σέ άνθρακα καί χρώμιο δίνει στό χαλυβόκρμα μεγάλη άντοχή στή φθορά. Χρησιμοποιούνται γιά μητρες άποκοπής, συμματοποιήσεως καί μητρες σπειρωμάτων μέ συμπίεση. 'Ως τυπικό χάλυβα άναφέρομε έδω τόν:

$$\pi(\text{C}) = 2,25\%, \pi(\text{Cr}) = 12\% \text{ καί } \pi(\text{Mo}) = 1,00\%.$$

Δ. Χαλυβοκράματα έργαλείων γιά μορφοποίηση έν θερμῷ.

Χρησιμοποιούνται στήν κατασκευή έργαλείων καμινεύσεως [Μ.Ε., παράγρ. 17.2(Α)], μητρών γιά χύτευση (Μ.Ε., παράγρ. 22.3) καθώς επίσης καί μητρών γιά χύτευση πλαστικών [παράγρ. 3.9.5(Β)]. Τά χαλυβοκράματα αυτά θά πρέπει κατά κύριο λόγο νά έχουν καλή άντοχή σέ έπαναφορά. Περιέχουν χρώμιο, μολυβδαίνιο καί βολφράμιο σέ συνολική αναλογία, πού υπερβαίνει τό 5,00%. Βάφονται στόν άέρα μέ άμελητέες παραμορφώσεις.

Διακρίνομε τά χαλυβοκράματα αυτά σέ τρεῖς ομάδες: σέ εκείνα πού έχουν ως βάση τό χρώμιο καί σέ εκείνα μέ βάση τό βολφράμιο ή τό μολυβδαίνιο. Παρακάτω δίνομε άπό ένα άντιπροσωπευτικό χαλυβόκρμα κάθε ομάδας:

$$\alpha) \pi(\text{C}) = 0,35\%, \pi(\text{Cr}) = 5\%, \pi(\text{V}) = 1,00\% \text{ καί } \pi(\text{Mo}) = 1,50\%.$$

$$\beta) \pi(\text{C}) = 0,45\%, \pi(\text{Cr}) = 3\% \text{ καί } \pi(\text{W}) = 15\%.$$

$$\gamma) \pi(\text{C}) = 0,60\%, \pi(\text{Cr}) = 4\%, \pi(\text{V}) = 2\%, \pi(\text{W}) = 6\% \text{ καί } \pi(\text{Mo}) = 5\%.$$

Ε. Ταχυχάλυβες.

Οί ταχυχάλυβες χρησιμοποιούνται κυρίως γιά κοπτικά έργαλεία σέ κατεργασίες σέ μέσες καί χαμηλές ταχύτητες κοπής. Έφαρμόζονται όμως καί στήν κατασκευή έργαλείων άποκοπής καί μητρών διελάσεως. Έχουν τό περισσότερο ποσοστό προσθηκών άπό όλα τά χαλυβοκράματα έργαλείων. Συνήθως έχουν ψηλή περιεκτικότητα σέ βολφράμιο ή σέ μολυβδαίνιο καί κοβάλτιο. 'Η περιεκτικότητά τους σέ άνθρακα κυμαίνεται άπό 0,70% μέχρι 1,50%. Παρουσιάζουν, μετά τήν έκτέλεση τών ένδεδειγμένων θερμικών κατεργασιών, σημαντική άντοχή στή φθορά καί στήν έπαναφορά καί παραδεκτή σχετικά δυσθραυστότητα. Βάφονται συνήθως στόν άέρα σέ λάδι ή σέ λουτρό λειωμένων άλάτων.

Οί ταχυχάλυβες ταξινομούνται σέ δύο κατηγορίες:

α) Σέ εκείνους, πού έχουν ως βάση τό **βολφράμιο** (ομάδα ταχυχαλύβων Τ). Προστίθεται βανάδιο καί κοβάλτιο. Τυπικός ταχυχάλυβας τής κατηγορίας αυτής είναι ο γνωστός ταχυχάλυβας 18-4-1 (18% W, 4% Cr, 1% V καί 0,75% C) καί

β) σέ εκείνους μέ βάση τό **μολυβδαίνιο** (ομάδα ταχυχαλύβων Μ) μέ προσθήκες τό βολφράμιο, βανάδιο καί κοβάλτιο, όπως ο ταχυχάλυβας:

$$\pi(\text{C}) = 0,90\%, \pi(\text{Cr}) = 4\%, \pi(\text{Mo}) = 8\%, \pi(\text{V}) = 2\%, \pi(\text{W}) = 2\% \text{ καί } \pi(\text{Co}) = 8\%.$$

Στόν Πίνακα 3.5.3 παραθέτομε στοιχεία σχετικά μέ τή χημική σύνθεση, τίς θερμικές κατεργασίες καί τίς βιομηχανικές χρήσεις άντιπροσωπευτικών τύπων άπό ταχυχάλυβες καί τών δύο ομάδων.

ΣΤ. Είδικά χαλυβοκράματα.

Τά είδικά χαλυβοκράματα έχουν άναπτυχθεί, γιά νά καλύψουν όρισμένες άπαιτήσεις τής πράξεως, στίς όποιες δέν μπορούν νά άνταποκριθούν οί χάλυβες, τούς

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5.3.

Τυπικοί ταχυχάλυβες

Τύπος ταχυχάλυβα	Χημική σύνθεση [%]						Θερμικές κατεργασίες	Σκληρότητα κατά Vickers*	Βιομηχανικές χρήσεις
	C	Cr	W	V	Mo	Co			
14% βολφραμίου	0,65	4,00	14,00	0,80	—	—	Βαφή σε ρεύμα αέρα ή λάδι από 1250° έως 1300°C. Διπλή επαναφορά σε 565°C επί μία ώρα.	800 – 860	Γενικές μηχανουργικές εργασίες ελαφράς μορφής.
18% βολφραμίου (18-4-1)	0,75	4,20	18,20	1,20	—	—	Όπως παραπάνω, βαφή από 1290° έως 1340°C και διπλή επαναφορά.	800 – 890	Έργατεία τόρνου, πλάνης, φραιζες, εργαλεία κοπής οδοντωτών τροχών σε γραναζοκόπτες. Γλύφανα, έλικοτομίδες, τρυπάνια, δίσκοι άποκοπής, δίσκοι και ταινίες μεταλλοπριονιών και άλλα.
12% κοβαλτίου - 21% βολφραμίου	0,80	4,75	21,50	1,50	0,50	12	Όπως παραπάνω, βαφή από 1300° έως 1320°C και διπλή επαναφορά.	900 – 950	Όπως ο ταχυχάλυβας 18.4.1, αλλά για πολύ σκληρά κομμάτια. Παρουσιάζει πολύ μεγάλη άντοχή σε επαναφορά και μεγάλη δυσθραυστότητα.
5% μολυβδαινίου	0,80	4,25	6,50	1,90	5,00	—	Όπως παραπάνω, βαφή σε 1250°C και διπλή επαναφορά.	850 – 900	Χονδρικά ισοδύναμος με τον ταχυχάλυβα 18.4.1 με μεγαλύτερη όμως δυσθραυστότητα. Τρυπάνια, γλύφανα, έλικοτομίδες, φραιζες.
9% μολυβδαινίου - 8% κοβαλτίου	0,90	3,75	1,65	1,10	9,50	8,25	Όπως παραπάνω, αλλά τριπλή επαναφορά σε 530°C επί μία ώρα.	830 – 935	Παρόμοιος προς τον ταχυχάλυβα 12% κοβαλτίου - 21% βολφραμίου.

* Είναι μία μέθοδος για τη μέτρηση της σκληρότητας.

Μηχανουργική τεχνολογία σελ. 176 παραβολή

οποίους έχουμε συναντήσει μέχρις εδώ. Πολύ ενδιαφέροντα για τις εφαρμογές ειδικά χαλυβογράμματα είναι οι **άνοξειδωτοι χάλυβες** και οι **πυρίμαχοι χάλυβες**.

1. Άνοξειδωτοι χάλυβες.

Είναι πλούσια χαλυβοκράματα με βάση τό χρώμιο (προστίθεται και τό νικέλιο), άνθεκτικά σε διαβρωτικό έν γένει περιβάλλον, άφου φυσικά συμπεριληφθεί και ή γήινη άτμόσφαιρα.

Οί άνοξειδωτοι χάλυβες κατατάσσονται σε τρεις ομάδες: στους **μαρτενσιτικούς**, στους **ώστενιτικούς** και στους **φερριτικούς**.

α) **Μαρτενσιτικοί άνοξειδωτοι χάλυβες.** Περιέχουν άνθρακα από 0,07% έως 0,40% και χρώμιο από 12% μέχρι 18%. Βάφονται σε θερμοκρασία από 950°C έως 1100°C και μετά τή βαφή άποκτούν μαρτενσιτικό ίστό. Είναι μαγνητικοί. Ένα τυπικό μαρτενσιτικό άνοξειδωτο χάλυβα δίνομε στόν Πίνακα 3.3.2.

β) **Ώστενιτικοί άνοξειδωτοι χάλυβες.** Σ' αυτούς άνήκουν χαλυβοκράματα με χρώμιο από 12% έως 25% και νικέλιο από 8% έως 15% και με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (μικρότερη του 0,10%).

Τυπικός ώστενιτικός άνοξειδωτος χάλυβας είναι ό νικελιοχρωμιούχος χάλυβας με $\pi(\text{Cr}) = 18\%$ και $\pi(\text{Ni}) = 8\%$, ό όποιος συνήθως συμβολίζεται ως 18-8.

Οί χάλυβες αυτοί δέν σκληρύνονται με βαφή. Βαφή σε λάδι ή σε νερό από 1050°C έως 1100°C τούς προσδίνει κρυσταλλική δομή ώστενίτη στη θερμοκρασία του δωματίου. Στήν κατάσταση αυτή ό χάλυβας είναι μαλακός, άμαγνητικός και παρουσιάζει τή μέγιστη άντοχή σε διάβρωση.

Στόν Πίνακα 3.3.2 σημειώνομε ένα τέτοιο άνοξειδωτο χάλυβα.

γ) **Φερριτικοί άνοξειδωτοι χάλυβες.** Περιέχουν άνθρακα από 0,10% μέχρι 0,35% και χρώμιο από 16% έως 30%. Οί χάλυβες αυτοί δέν ύπόκεινται σε θερμικές κατεργασίες. Είναι μαγνητικοί.

2. Πυρίμαχοι χάλυβες.

Έτσι ονομάζομε τούς χάλυβες, πού άντέχουν σε ψηλές θερμοκρασίες, συνήθως άνω των 500°C. Πρέπει νά παρουσιάζουν στο περιβάλλον καθώς και στη θερμοκρασία έργασίας τους: άντοχή σε διάβρωση, έπαρκή μηχανική άντοχή και σταθερότητα στο μέγεθος και στη μορφή. Έφαρμόζονται στήν κατασκευή βαλβίδων μηχανών έσωτερικής καύσεως, αύλων ύπερθερμαντήρων, σωληνώσεων θερμικών έγκαταστάσεων άτμου, πτερυγίων στροβίλων, κιβωτίων άνοπτήσεως, χωνευτηρίων κ.ά.

Ός παραδείγματα αναφέρομε:

α) Τό χάλυβα με $\pi(\text{C}) = 0,15\%$, $\pi(\text{Si}) = 1,50\%$, $\pi(\text{Cr}) = 25\%$ και $\pi(\text{Ni}) = 19\%$ (ώστενιτικός νικελιοχρωμιούχος χάλυβας), πού μπορεί νά χρησιμοποιηθεί σε άνώτατη θερμοκρασία 1100°C και ένδείκνυται γιά τήν κατασκευή χωνευτηρίων, κομματιών ύπερθερμαντήρων κλπ. και

β) τό χάλυβα με $\pi(\text{C}) = 0,35\%$, $\pi(\text{Si}) = 0,60\%$ και $\pi(\text{Cr}) = 28\%$ (φερριτικός χρωμιούχος χάλυβας), πού μπορεί νά χρησιμοποιηθεί σε μέγιστη θερμοκρασία 1150°C σε όξειδωτική θειούχα άτμόσφαιρα.

3.5.4 Έρωτήσεις.

1. Πώς ταξινομούμε τούς χάλυβες άνάλογα με τή βιομηχανική τους χρήση;

2. Ποιοί χάλυβες χαρακτηρίζονται ως χάλυβες κατασκευών;
3. Πώς επηρεάζει η περιεκτικότητα σε άνθρακα ενός ανθρακούχου χάλυβα τις μηχανικές του ιδιότητες;
4. Ποιές είναι οι τεχνολογικές ιδιότητες μορφοποιήσεως των ανθρακούχων χαλύβων κατασκευών;
5. Τα κοπτικά εργαλεία εργάζονται κάτω από πολύ δυσμενείς συνθήκες. Ποιές χαρακτηριστικές ιδιότητες θα πρέπει να συνδυάζουν οι χάλυβες εργαλείων;
6. Πόσων ειδών χάλυβες εργαλείων έχουμε;
7. Ποιούς χάλυβες εργαλείων χαρακτηρίζουμε ως ταχυχάλυβες;
8. Σε ποιές βασικές κατηγορίες διακρίνουμε τους ταχυχάλυβες; Να δώσετε από ένα τυπικό ταχυχάλυβα σε κάθε κατηγορία (μπορείτε να συμβουλευθείτε και τον Πίνακα 3.5.3).
9. Τι είναι οι άνοξειδωτοι χάλυβες και πόσων ειδών άνοξειδωτους χάλυβες έχουμε;
10. Ποιούς χάλυβες καλούμε πυρίμαχους;
11. Να επιλέξετε χάλυβες (ανθρακούχους ή χαλυβοκράματα) από αυτούς που δίνουμε στους σχετικούς Πίνακες ή στο κείμενο, κατάλληλους για την κατασκευή των παρακάτω κομματιών αιτιολογώντας την κάθε έκλογή σας:
 - α) Διωστήρες και στροφαλοφόροι άξονες μηχανών έσωτερικής καύσεως
 - β) Πείροι ελατηρίων ανάρτησεως (σουστες) αυτοκινήτων και
 - γ) κοινά σπειροειδή ελατήρια.

Να δώσετε επίσης στοιχεία για τις ένδεικνυόμενες θερμικές κατεργασίες των χαλύβων για τα παραπάνω κομμάτια.
12. Να κάνετε το ίδιο, όπως στην προηγούμενη άσκηση (11), για τα εξής κομμάτια:
 - α) Όδοντοτροχοί (από χάλυβα ανανθρακώσεως ή δχι).
 - β) Έλατήρια ανάρτησεως αυτοκινήτων.
 - γ) Ήλοι και κοιλίες.
 - δ) Έργαλεία τόννου, φραιζες και κοπίδια
13. Τι σημαίνουν οι ακόλουθοι συμβολισμοί χαλύβων σύμφωνα με τη γερμανική προτυποποίηση: St37, St42, C45, Ck60, 15Cr3, 13CrV53, 50Mn7, 55Si7, X3CrNi1810.

3.6 Χυτοσίδηροι.

3.6.1 Γενικά.

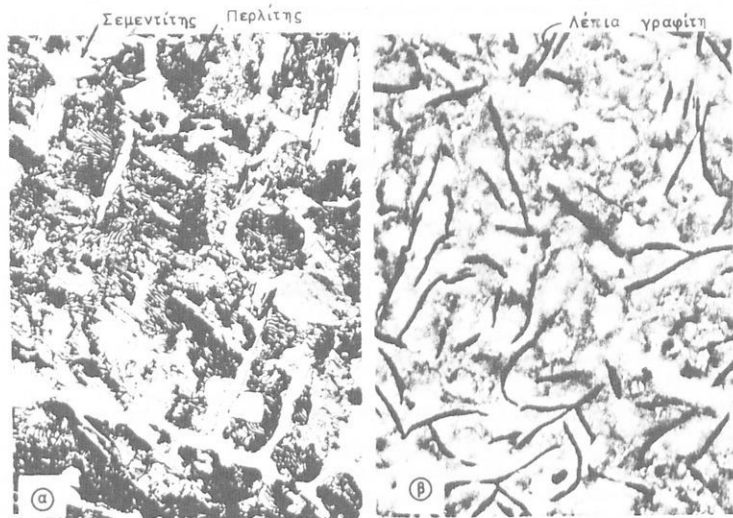
Οι χυτοσίδηροι, όπως και οι χάλυβες, είναι κράματα σιδήρου και άνθρακα, με ψηλή όμως περιεκτικότητα σε άνθρακα, που κυμαίνεται περίπου από 2,50% έως 4,00%.

Στην παράγραφο 3.2.1 είδαμε, πώς παρασκευάζεται ο πρωτογενής χυτοσίδηρος. Από αυτόν και συγκεκριμένα από το λευκό πρωτογενή χυτοσίδηρο (θα τον ορίσουμε άμέσως παρακάτω) παρασκευάζουμε το χάλυβα (παράγρ. 3.2.2). 'Επί πλέον, ανατηκόμενος ο πρωτογενής χυτοσίδηρος σε ειδικές καμίνους [όπως π.χ. στην κάμινο χυτηρίου, Μ.Ε., παράγρ. 2.2.2 (Β)] με την προσθήκη και συλλιπάσματος, γίνεται κατάλληλος για απόχυση σε καλούπια (τύπους) και έτσι πραγματοποιείται η παραγωγή χυτών κομματιών σε μεγάλη ποικιλία από μορφές και μεγέθη.

Ο χυτοσίδηρος παρουσιάζεται ως **λευκός χυτοσίδηρος** ή ως **φαιός** (ή τεφρός) **χυτοσίδηρος**, ανάλογα με το χρωματισμό που παίρνει ή επιφάνεια θραύσεώς του.

Στο λευκό χυτοσίδηρο ο άνθρακας βρίσκεται υπό μορφή σεμεντίτη (σκληρού και εύθραυστου καρβιδίου του σιδήρου, παράγρ. 3.3.2). Για το λόγο αυτό ο λευκός χυτοσίδηρος είναι **σκληρός, εύθραυστος** και **δυσκατέργαστος**.

Στο φαιό χυτοσίδηρο ο άνθρακας περιέχεται, κατά σημαντικό ποσοστό, ως ελεύθερος γραφίτης υπό μορφή χονδρών λεπιών [σχ. 3.6α(β)]. Σ' αυτό συντελεί η



Σχ. 3.6α.

Κρυσταλλική δομή λευκού και φαιού χυτοσίδηρου: (α) Λευκός χυτοσίδηρος. Οι λευκές επιφάνειες είναι σεμεντίτης. Μεγέθυνση X250. (β) Φαίος χυτοσίδηρος. Φαίνονται χαρακτηριστικά τὰ χονδρά λέπια του γραφίτη σέ φόντο περλίτη. Μεγέθυνση X100.

παρουσία αύξημένης περιεκτικότητας του χυτοσίδηρου σέ πυρίτιο (1,00% έως 3,00%).

Ο φαίος χυτοσίδηρος είναι **μαλακότερος** από τό λευκό και **κατεργάσιμος**. Είναι κατάλληλος γιά τήν **παραγωγή χυτών**.

3.6.2 Λευκός και φαίος χυτοσίδηρος.

A. Λευκός χυτοσίδηρος.

Στή θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ο λευκός χυτοσίδηρος έχει κρυσταλλική δομή από κόκκους περλίτη σέ φόντο σεμεντίτη [σχ. 3.6α(α)].

Τυπική χημική σύνθεση λευκού χυτοσίδηρου είναι ή ακόλουθη:

$\pi(C) = 3,00\%$ έως $4,00\%$, $\pi(Si) = 0,50$, $\pi(Mn) = 1,50\%$, $\pi(S) = 0,15\%$ και $\pi(P) = 1,00\%$.

Χρησιμοποιείται σέ μεγάλες ποσότητες (λευκός πρωτογενής χυτοσίδηρος) ως πρώτη ύλη γιά τήν περασσκευή του χάλυβα. Επίσης χυτά κομμάτια σέ λευκό χυτοσίδηρο μπορούν νά υποστούν μαλακτικοποίηση (παράγρ. 3.6.3).

B. Φαίος χυτοσίδηρος.

Ο φαίος χυτοσίδηρος [συμβολίζεται σύμφωνα μέ τούς γερμανικούς κανονι-

σμούς ως GG- μέσο ὄριο θραύσεως, π.χ. GG-14, πού σημαίνει φαιός χυτοσίδηρος μέ μέσο ὄριο θραύσεως 14 kP/mm^2] ἔχει τυπική χημική σύνθεση:

$\pi(\text{C}) = 2,60\%$ ἕως $3,60\%$, $\pi(\text{Si}) = 2,00\%$, $\pi(\text{Mn}) = 1,00\%$, $\pi(\text{S}) = 0,05\%$ καί $\pi(\text{P}) = 0,08\%$.

Στή θερμοκρασία τοῦ δωματίου ἔχει κρυσταλλική δομή συνήθως περλίτη μέ χονδρά λέπια γραφίτη, πού διασπείρονται ἀκανόνιστα [σχ. 3.6α(β)].

Τά λέπια αὐτά τοῦ γραφίτη ἐπενεργοῦν ὡς ρωγμές καί διακόπτουν μερικά τή συνέχεια τῆς δομῆς τοῦ χυτοσίδηρου μέ ἀποτέλεσμα ἡ μηχανική του ἀντοχή καί ἡ δυσθραυστότητά του νά εἶναι πολύ χαμηλές. Ἔχει σημεῖο τήξεως 1150°C ἕως 1250°C καί θερμοκρασία χυτεύσεως περί τούς 1350°C .

Ὁ φαιός χυτοσίδηρος χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα στή χύτευση χιτωνίων κυλινδρων καί ἐμβόλων μηχανῶν, σωλήνων νεροῦ, χυτῶν γιά διακόσμηση, ἐδράνων ὀλισθήσεως, ὀλισθητήρων (γλιστρῶν), στύλων καί ἄλλων.

Παρουσιάζει, ὡς τεχνικό ὑλικό, ὁρισμένα πλεονεκτήματα ἀπέναντι στοὺς χάλυβες: Ἔχει χαμηλότερο κόστος, καλή χυτευτότητα, χαμηλότερο σημεῖο τήξεως, καλή ἀντοχή σέ θλίψη καί ἱκανότητα γιά τήν ἀπόσβεση κραδασμῶν. Οἱ τελευταῖες δύο ιδιότητές του καθιστοῦν τό φαιό χυτοσίδηρο κατάλληλο γιά βάσεις μηχανῶν.

Τά βασικά του μειονεκτήματα σέ σύγκριση μέ τό χάλυβα εἶναι: ἡ χαμηλότερη μηχανική ἀντοχή, ἡ μικρότερη δυσθραυστότητα καί ἡ σχεδόν ἀνύπαρκτη πλαστικότητα του. Τό τελευταῖο τόν καθιστᾷ ἀκατάλληλο γιά διαμόρφωση. Ἀκόμα, ὁ φαιός χυτοσίδηρος συγκολλᾶται μέ δυσκολία.

3.6.3 Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος.

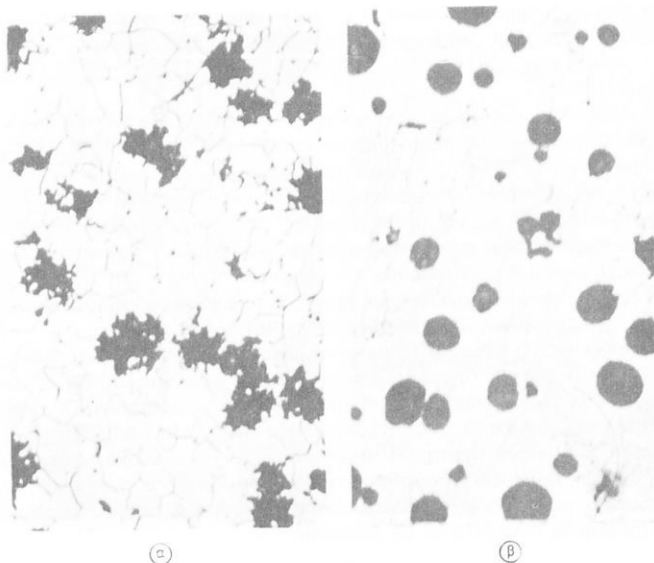
Ὁ χυτοσίδηρος αὐτός ἀποκτᾷ καλύτερες μηχανικές ιδιότητες ἀπό ἐκείνες τοῦ φαιοῦ χυτοσίδηρου. Ἡ βελτίωση αὐτῆ τῶν ιδιοτήτων του ὀφείλεται στή συσσωμάτωση τοῦ ἐλεύθερου γραφίτη σέ **σφαιρίδια μέ ἀνώμαλη ἐπιφάνεια** [φαίνονται σάν ροζέττες στή μικροφωτογραφία, σχ. 3.6β(α)]. Ἔτσι, μέ τή μορφή αὐτή πού παίρνει ὁ γραφίτης, δέν λύνεται ἡ συνέχεια τῆς δομῆς τοῦ χυτοσίδηρου (περλίτη ἢ φερρίτη), ὅπως συμβαίνει μέ τό φαιό χυτοσίδηρο, ὅπου ὁ γραφίτης βρίσκεται ὑπό μορφή λεπιῶν.

Ὁ μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος παράγεται ὕστερα ἀπό ἀνοπτήση λευκοῦ χυτοσίδηρου μέ ὁρισμένη ὅμως χημική σύνθεση (μιά τυπική χημική σύνθεση εἶναι: $2,00\%$ ἕως $3,40\%$ C καί $0,90\%$ μέχρι $1,40\%$ Si).

Ἡ μέθοδος, πού ἀκολουθεῖται γιά τήν παρασκευή τοῦ μαλακτικοποιημένου χυτοσίδηρου εἶναι ἡ ἐξής:

Τά πρὸς μαλακτικοποίηση χυτά τοποθετοῦνται μέσα σέ κλίβανο ἀνοπτήσεως μέ ἀδρανῆ συνήθως ἀτμόσφαιρα, γιά νά ἀποφεύγεται ἡ ἑξανθράκωση, καί πυρῶνεται σέ θερμοκρασία 850°C ἕως 950°C .

Ὁ κύκλος τῆς ἀνοπτήσεως (πύρωμα στή θερμοκρασία ἀνοπτήσεως, παραμονή σ' αὐτή καί ἡρεμῆ ἀπόψυξη στή θερμοκρασία τοῦ δωματίου) διαρκεῖ 100 ἕως 170 ὥρες. Στή θερμοκρασία ἀνοπτήσεως παραμένουν τά κομμάτια ἐπὶ 50 ἕως 70 ὥρες. Ἀποτέλεσμα τῆς παρατεταμένης αὐτῆς θερμάνσεως μέ τήν παρουσία καί τοῦ πυριτίου (τό πυρίτιο γραφίτοποιεῖ, Πίνακας 3.3.1) εἶναι ἡ διάσπαση τοῦ σεμεντίτη τοῦ λευκοῦ χυτοσίδηρου σέ ἀκανόνιστα σφαιρίδια γραφίτη [σχ. 3.6β(α)], ὅπως εἴπαμε στήν ἀρχή. Τά σφαιρίδια αὐτά τοῦ γραφίτη διανέμονται ἀνομοιόμορφα σέ



Σχ. 3.6β.

Κρυσταλλική δομή: (α) Φερριτικού μαλακτικοποιημένου χυτοσίδηρου με μαύρη επιφάνεια θραύσεως. Άκανόνιστα σφαιρίδια (ροζέτες) γραφίτη σέ φόντο φερρίτη. Μεγέθυνση X100. (β) Φερριτικού χυτοσίδηρου με σφαιροειδή γραφίτη. Κανονικά σφαιρίδια γραφίτη σέ φόντο φερρίτη. Μεγέθυνση X125.

φόντο φερρίτη, αν ή απόψυξη γίνει ήρεμα. Ταχύτερη απόψυξη μπορεί νά δώσει περλίτη αντί γιά φερρίτη. Ό πρώτος ονομάζεται **φερριτικός** καί ό δεύτερος **περλιτικός μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος**. Ή επιφάνεια θραύσεώς του έχει μαυρωπό χρώμα, γι' αυτό καί ό χυτοσίδηρος παίρνει τήν όνομασία μαλακτικοποιημένος **χυτοσίδηρος με μαύρη επιφάνεια θραύσεως** (συμβολίζεται κατά τούς γερμανικούς κανονισμούς ως GTS - μέσο όριο θραύσεως) σέ αντίθεση με άλλο είδος μαλακτικοποιημένου χυτοσίδηρου με λευκή επιφάνεια θραύσεως (συμβολίζεται ως GTW - μέσο όριο θραύσεως), ό όποιος παρασκευάζεται με έντελώς διαφορετική διαδικασία κατά τήν άνόπηση.

Οί μαλακτικοποιημένοι χυτοσίδηροι με μαύρη επιφάνεια θραύσεως έχουν καλή μηχανική άντοχή, δυσθραυστότητα καί πλαστικότητα, όπως καί έξαίρετη κατέργαστικότητα. Χρησιμοποιούνται εύρύτατα, ιδίως στή βιομηχανία αυτοκινήτων, γιά πυξίδες διαφορικών, πλήμνες τροχών, τύμπανα πεδήσεως, ποδόπληκτρα κ.ά. επίσης καί γιά κομμάτια κλωστοϋφαντουργικών καί άγροτικών μηχανημάτων καί γιά εξαρτήματα υδραυλικών έγκαταστάσεων.

3.6.4 Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη.

Πρόκειται γιά φαιό χυτοσίδηρο, στόν όποίο ό γραφίτης συσσωματώνεται σέ

σφαιρικούς κόκκους με κανονική μορφή [σχ. 3.6β(β)].

Τό χυτοσίδηρο αυτό τόν παίρνομε κατ' ευθείαν άμέσως μετά τή στερεοποίηση κατá τή χύτευσή του καί συνεπώς δέν χρειάζεται πρόσθετη θερμική κατεργασία, όπως ο μαλακτικοποιημένος. Άπλως προσθέτομε μαγνήσιο, συνήθως υπό μορφή κράματος μαγνησίου-νικελίου, στοί τήγμα.

Τυπικός χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη είναι ο ακόλουθος:

$\pi(C) = 3,20\%$ έως $3,50\%$, $\pi(Si) = 2,25\%$ έως $2,75\%$,

$\pi(Mn) = 0,60\%$ έως $0,80\%$, $\pi(S) < 0,05\%$ καί $\pi(P) < 0,10\%$.

Άπό χυτοσίδηρο με σφαιροειδή γραφίτη (συμβολίζεται ως GGG-μέσο όριο θραύσεως) μπορούν νά παραχθούν χυτά με μεγάλο πάχος, πράγμα πού δέν συμβαίνει με τούς μαλακτικοποιημένους χυτοσίδηρους, γιατί δέν είναι δυνατό νά επιτύχομε λευκό χυτοσίδηρο σε όλη τή διατομή χονδρών κομματιών κατá τή χύτευσή τους.

Ο χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη πλεονεκτεί άπέναντι στοί μαλακτικοποιημένο χυτοσίδηρο ως προς τίς μηχανικές ιδιότητες.

Κομμάτια από τέτοιο χυτοσίδηρο μπορούν νά άντικαταστήσουν χυτοχαλύβδινα ή καί σφυρήλατα ακόμα κομμάτια. Έφαρμόζεται σε γεωργικά καί ναυτικά μηχανήματα, όπως καί μηχανήματα μεταλλείων καί χαλυβουργείων. Ειδικότερα χρησιμοποιείται στήν κατασκευή κεφαλών κυλίνδρων μηχανών έσωτερικής καύσεως, κιβωτίων διακοπών, τροχαλιών, τυμπάνων άνυψωτικών μηχανημάτων, σφονδύλων, σωλήνων άτμου, άερίων καί νερού κ.ά.

3.6.5 Είδικοί χυτοσίδηροι.

Πρόκειται γιά κοινούς χυτοσίδηρους, με προσθήκες γιά βελτίωση τών μηχανικών καί άλλων ιδιοτήτων τους.

Συνήθεις προσθήκες είναι τό νικέλιο, τό χρώμιο, τό μολυβδαίνιο, τό βανάδιο καί ο χαλός.

Ός παράδειγμα είδικών χυτοσιδίων αναφέρουμε τούς ακόλουθους δύο:

α) $\pi(C) = 3,40\%$, $\pi(Si) = 2,0\%$, $\pi(Ni) = 0,35\%$, $\pi(Cr) = 0,65\%$ καί $\pi(Cu) = 1,25\%$. Είναι άνθεκτικός στή φθορά από τριβή καί χρησιμοποιείται στήν κατασκευή τυμπάνων φρένων καί δίσκων συμπλέκτη.

β) $\pi(C) = 2,90\%$, $\pi(Si) = 2,1\%$, $\pi(Mn) = 1,00\%$, $\pi(Ni) = 15\%$, $\pi(Cr) = 2\%$ καί $\pi(Cu) = 6\%$. Είναι ώστενιτικός, άνθεκτικός στή διάβρωση. Βρίσκει έφαρμογή στήν κατασκευή χυτών γιά άντλίες.

3.6.6 Έρωτήσεις.

1. Άνάμεσα σε ποιά όρια κυμαίνεται χονδρικά ή περιεκτικότητα σε άνθρακα στους χυτοσίδηρους;
2. Ποιός είναι ο λευκός χυτοσίδηρος καί ποιός ο φαίος (ή τεφρός) χυτοσίδηρος;
3. Ποιό χρησιμοποιούμε τό λευκό χυτοσίδηρο;
4. Νά αναφέρετε μερικές έφαρμογές του λευκού χυτοσίδηρου.
5. Ποιά βασικά πλεονεκτήματα καί μειονεκτήματα παρουσιάζει ο φαίος χυτοσίδηρος σε σύγκριση με τό χάλυβα;
6. Με τό λεγόμενο μαλακτικοποιημένο χυτοσίδηρο επιτυγχάνομε καλύτερες μηχανικές ιδιότητες άπο εκείνες πού έχει ο λευκός χυτοσίδηρος. Ποιό οφείλεται αύτή ή διαφορά;
7. Πώς παρασκευάζεται ο μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος;
8. Νά αναφέρετε τυπικές έφαρμογές του μαλακτικοποιημένου χυτοσίδηρου.

9. Τι είναι χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη και πώς τον παίρνουμε; Να σκιτσάρετε την κρυσταλλική του δομή.
10. Να δώσετε τυπικές εφαρμογές του χυτοσίδηρου με σφαιροειδή γραφίτη.
11. Τι γνωρίζετε για τους ειδικούς χυτοσίδηρους;
12. Να εξηγήσετε τί σημαίνουν οι παρακάτω συμβολισμοί χυτοσιδήρων κατά τη γερμανική προτυποποίηση: GG-14, GG-22, GGG-60, GTW-45, GTS-55.

3.7 Μή σιδηρούχα μέταλλα και κράματα.

Τά μή σιδηρούχα μέταλλα και κράματα είναι μία μεγάλη κατηγορία των μεταλλικών υλικών (Μ.Ε., σχ. 2.1β). Αποτελούν περίπου τό 20% κατά βάρος των μεταλλικών υλικών, που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων.

Σ' αυτά, ως πιο σημαντικά, μπορούμε να περιλάβουμε τό χαλκό, τό άργίλιο, τον ψευδάργυρο, τό μόλυβδο και τό νικέλιο μαζί μέ τά κράματά τους. Μέ όλα αυτά θά άσχοληθούμε συνοπτικά στίς επόμενες σελίδες.

3.7.1 Ό χαλκός και τά κράματά του.

A. Ό χαλκός.

Ό χαλκός έχει είδικό βάρος 8,90 g/cm³, σημείο τήξεως 1083°C και είδική ηλεκτρική αντίσταση 0,0175 Ωmm²/m. Χρησιμοποιείται πολύ στην πράξη, γιατί παρουσιάζει όρισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα:

- α) Έχει ψηλή ηλεκτρική άγωγιμότητα (όταν έχει καθαρότητα άνω του 99,9%) και συνεπώς είναι κατάλληλος γιά ηλεκτρικούς άγωγούς και άλλες κατασκευές τής βιομηχανίας του ηλεκτρισμού.
- β) Έχει εξάαιρετη πλαστικότητα και διαμορφώνεται εύκολα τόσο έν ψυχρῶ, όσο και έν θερμῶ.
- γ) Έχει καλή άντοχή σέ διάβρωση.
- δ) Παρουσιάζει καλή σχετική μηχανική άντοχή και
- ε) έχει καλή συγκολλητότητα και επιδέχεται επιμετάλλωση (έπινικέλωση ή έπιχρωμίωση).

Σοβαρό μειονέκτημα του καθαρού χαλκού είναι ότι δέν χυτεύεται, γιάτί σέ κατάσταση τήξεως άπορροφά άέρια, που σχηματίζουν φυσαλίδες στή μάζα του μετά τή στερεοποίηση.

B. Τά κράματα του χαλκού.

Τά κράματα του χαλκού, που χρησιμοποιούνται βιομηχανικῶς περισσότερο, είναι: οί **όρείχαλκοι**, τά **κρατερώματα** (μπρούντζοι) και άλλα, όπως τό **χαλκοαργίλιο**, **χαλκονικέλιο** κλπ.

Τά κράματα του χαλκού, που διαμορφώνονται, τά όνομάζουμε **μαλακά**, ένῶ εκείνα που χυτεύονται, τά όνομάζουμε **χυτευτικά**.

1. Οί όρείχαλκοι.

Είναι κράματα χαλκού και ψευδαργύρου (Zn) μέ άναλογία σέ ψευδάργυρο μέχρι 68%. Διατηρούν γενικά τίς καλές ιδιότητες του χαλκού και στοιχίζουν φθηνότερα

σέ σύγκριση μέ τά κρατερώματα (θά μιλήσουμε γι' αὐτά στήν ἐπόμενη παράγραφο) λόγω τῆς χαμηλότερης ἐμπορικῆς ἀξίας τοῦ ψευδαργύρου.

Ἐνα πολύ καλό συνδυασμό μηχανικῆς ἀντοχῆς καί πλαστικότητας βρίσκουμε στόν ὀρείχαλκο μέ 40% Ζη περίπου. Ὀρείχαλκοι μέ περιεκτικότητα σέ ψευδάργυρο ἄνω τῶν 50% εἶναι εὐθραστοί.

Οἱ ὀρείχαλκοι μποροῦν νά χρησιμοποιηθοῦν τόσο ὡς μαλακοί, ὅσο καί ὡς χυτευτικοί.

Στόν Πίνακα 3.7.1 παραθέτομε στοιχεῖα σχετικά μέ τή χημική σύνθεση, τίς μηχανικές ιδιότητες καί τίς βιομηχανικές χρήσεις ἀντιπροσωπευτικῶν ὀρείχάλκων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7.1

Ὀρείχαλκοι καί κρατερώματα.

Εἶδος κράματος	Χημική σύνθεση [%]					Μηχανικές ιδιότητες				Βιομηχανικές χρήσεις
	Cu	Zn	Sn	P	Ἄλλα στοιχεία	Κατάσταση κράματος	σ_B [kp/mm ²]	e_B [%]	Σκληρότητα κατά Brinell	
Ὀρείχαλκοι	90	10	—	—	—	Ἄνοπτημένος Σκληρωμένος	47 52	55 4	60 150	Ἀρχιτεκτονικές μεταλλοτεχνικές ἐργασίες, ἀπομιμήσεις κοσμημάτων, ἔργα τέχνης λόγω τῆς χρυσῆς ἀποχρώσεώς του καί τῆς δυνατότητας εὐκόλης συγκολλήσεως.
	70	30	—	—	—	Ἄνοπτημένος Σκληρωμένος	33 70	70 5	65 185	Ὀρείχαλκος κοιλάνσεως. Κάλυκες φυσιγγίων καί ὀβιδῶν καί γιά συμματοποίηση.
	70	29	1	—	0,01-0,05 As	Ἄνοπτημένος Σκληρωμένος	35 60	70 10	65 175	Ὀρείχαλκος Ναυαρχείου. Πολύ καλή ἀντοχή στή διάβρωση. Αὐλοὶ συμπτυκνωτῶν ἀτμοῦ.
Κρατερώματα	95,50	1,50	3	—	—	Ἄνοπτημένος Σκληρωμένος	33 74	65 5	60 200	Κρατέρωμα νομισμάτων.
	90	—	10	0,03-0,25	—	Χυτός σέ ἄμμο	28	15	90	Χυτευτικό φωσφοροῦχο κρατέρωμα, τυπικό γιά ἔδρανα ὀλισθήσεως.
	88	2	10	—	—	Χυτός σέ ἄμμο	30	16	85	Μέταλλο πυροβόλων. Χυτά μέρη καί βαλβίδες ἀντλιῶν, ἰδίως γιά λειτουργία σέ θαλάσσιο νερό λόγω ἀντοχῆς σέ διάβρωση.

2. Τά κρατερώματα ή (μπρούντζοι).

Κρατερώματα ή μπρούντζους ονομάζομε τό κράματα τοῦ χαλκοῦ, πού ἔχουν ὡς κύρια πρόσμιξη τόν κασσίτερο (Sn). Χρησιμοποιοῦνται τόσο ὡς μαλακτά [$p(Sn) = 4\%$ ἕως 9%], ὅσο καί ὡς χυτευτικά [$p(Sn) = 9\%$ ἕως 20%].

Ἔχουν καλή μηχανική ἀντοχή, **ἀντοχή στή φθορά ἀπό τήν τριβή**, ἀντοχή στή διάβρωση ἀπό τοὺς ἀτμούς τῆς ἀτμόσφαιρας καί καλή συγκολλητότητα.

Τά χυτευτικά κρατερώματα χρησιμοποιοῦνται βασικά στήν κατασκευή ἐδράνων ὀλισθήσεως, συνήθως ψηλῶν πιέσεων.

Τά κρατερώματα εἶναι δυνατό νά περιέχουν καί ψευδάργυρο σέ μικρή σχετικά μέ τόν κασσίτερο ἀναλογία.

Στά φωσφοροῦχα κρατερώματα (ή φωσφορούχους μπρούντζους) ὁ φωσφόρος, σέ περιεκτικότητα $0,10\%$ ἕως $1,00\%$, εἶναι προσθήκη καί ὄχι μόνο αὐξάνει τή μηχανική ἀντοχή τοῦ κρατερώματος, ἀλλά βελτιώνει καί τήν ἀντοχή του σέ διάβρωση.

Στοιχεῖα γιά τή χημική σύνθεση, τίς μηχανικές ιδιότητες καί τίς βιομηχανικές ἐφαρμογές τυπικῶν κρατερωμάτων δίνομε στόν Πίνακα 3.7.1.

3. Ἄλλα κράματα τοῦ χαλκοῦ.

Ἄλλα χρήσιμα κράματα τοῦ χαλκοῦ εἶναι:

α) Τό **χαλκοαργίλιο**, κράμα χαλκοῦ καί ἀργιλίου, παρουσιάζει πολύ καλή ἀντοχή στήν ἀτμοσφαιρική ὀξειδωση σέ ἐλαφρά αὐξημένες θερμοκρασίες, ὅπως καί ἀντοχή στή διάβρωση στό θαλάσσιο νερό.

Τό χαλκοαργίλιο μπορεῖ νά διαμορφωθεῖ ἐν ψυχρῷ (χαλκοαργίλιο μέ 4% ἕως 7% ΑΙ) ἢ ἐν θερμῷ (χαλκοαργίλιο μέ 8% ἕως 10% ΑΙ). Τό πρῶτο ἔχει ὠραῖο χρυσοκίτρινο χρῶμα καί χρησιμοποιεῖται συνήθως σέ διακοσμήσεις καί ἀπομιμήσεις κοσμημάτων, ἐνῶ τό δεύτερο βρίσκει ἐφαρμογές στή χημική βιομηχανία σέ σφυρήλατα κομμάτια μέ ἀντοχή στή διάβρωση.

Τέλος, χυτευτικό χαλκοαργίλιο μέ $9,50\%$ μέχρι 12% ΑΙ καί μέ σίδηρο καί νικέλιο μέχρι 5% χρησιμοποιεῖται στή ναυπηγική βιομηχανία γιά ἔλικες πλοίων, κελύφη καί ἀξονες ἀντλιῶν κ.ἄ.

β) Τό **χαλκονικέλιο**, κράμα χαλκοῦ καί νικελίου, ἔχει αὐξημένη ἀντοχή στή διάβρωση καί καλή πλαστικότητα.

Ὡς τυπικά εἶδη χαλκονικελίου ἀναφέρομε:

α) Ἐκεῖνο πού ἔχει 25% Νί καί χρησιμοποιεῖται κυρίως γιά τήν κατασκευή νομισμάτων.

β) Ἐκεῖνο μέ 30% Νί μέ ἐφαρμογή στήν κατασκευή αὐλῶν γιά συμπτυκνωτές ψυγείων.

γ) Τό ἐπιλεγόμενο **κονσταντάν** μέ ἀναλογία σέ νικέλιο 40% , πού χρησιμοποιεῖται σέ ηλεκτρικές ἀντιστάσεις καί θερμοηλεκτρικά ζεύγη.

3.7.2 Τό ἀργίλιο καί τά κράματά του.

Α. Τό ἀργίλιο.

Τό ἀργίλιο ἔχει εἰδικό βάρος $2,7 \text{ g/cm}^3$, σημεῖο τήξεως 660°C καί εἰδική ηλεκτρική ἀντίσταση $0,029 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.

Ἡ πρώτη ὕλη γιὰ τὴν παραγωγὴ τοῦ ἀργιλίου χρησιμοποιεῖται ὁ **βωξίτης** (ἔνυδρο ὀξείδιο τοῦ ἀργιλίου μέ προσμίξεις ὀξειδίου τοῦ σιδήρου). Μετά ἀπὸ χημικὴ κάθαρση προκύπτει ἡ **άλουμίνη** (καθαρό ὀξείδιο τοῦ ἀργιλίου, Al_2O_3), ἀπὸ τὴν ὁποία ἐξάγεται μέ ἠλεκτρόλυση τὸ ἀργίλιο.

Τὸ ἀργίλιο βρίσκει πολλές καὶ ποικίλες βιομηχανικὲς χρήσεις, γιὰτὶ παρουσιάζει ὀρισμένες ἐξαιρετικὲς ιδιότητες: Εἶναι ἐλαφρό, ἔχει ψηλὴ ἠλεκτρικὴ καὶ θερμικὴ ἀγωγιμότητα, ἔχει καλὴ ἀντοχὴ στὴ διάβρωση, καλὴ κατεργαστικότητα καὶ διαμορφωσιμότητα, δέν εἶναι τοξικὸ καὶ τέλος εἶναι ἀμαγνητικὸ.

Ἡ σοβαρὰ μειονεκτήματά του μποροῦμε νὰ θεωρήσουμε τὸ πολὺ χαμηλὸ του ὅριο θραύσεως (μόλις 8 kp/mm^2 σέ κατάσταση ἀνοπήσεως) καὶ τὸ χαμηλὸ του σημεῖο τήξεως. Ἡ μηχανικὴ ἀντοχὴ ὅμως τοῦ ἀργιλίου εἶναι δυνατό νὰ αὐξηθεῖ, εἴτε μέ σκλήρωση μετά ἀπὸ διαμόρφωση ἐν ψυχρῷ, εἴτε μέ κραματοποίηση, ὅπως θὰ δοῦμε εὐθύς ἀμέσως.

Β. Τὰ κράματα τοῦ ἀργιλίου.

Τὰ κράματα τοῦ ἀργιλίου τὰ συναντοῦμε ὡς **μαλακτά** ἢ ὡς **χυτευτικά**. Καὶ τὰ δύο, δηλαδὴ τὰ μαλακτά καὶ χυτευτικά κράματα τοῦ ἀργιλίου μποροῦν **νὰ ὑποστοῦν θερμικὲς κατεργασίες** γιὰ βελτίωση τῶν μηχανικῶν τους ιδιοτήτων ἢ **νὰ μὴν ὑποστοῦν θερμικὲς κατεργασίες**.

1. Μαλακτά κράματα.

α) **Μὴ ὑφιστάμενα θερμικὲς κατεργασίες.** Περιέχουν ὡς κύρια προσθήκη εἴτε μαγνήσιο (μέχρι 1,50%), εἴτε μαγνήσιο (μέχρι περίπου 5%). Συμπληρώνονται μέ διαμόρφωση ἐν ψυχρῷ. Παρουσιάζουν καλὴ ἀντοχὴ σέ διάβρωση.

β) **Ὑφιστάμενα θερμικὲς κατεργασίες.** Τὰ κράματα αὐτά τοῦ ἀργιλίου ἔχουν ὡς προσθήκες τὸ χαλκὸ, τὸ μαγνήσιο, τὸ πυρίτιο καὶ τὸν ψευδάργυρο. Ἀποκτοῦν βελτιωμένες μηχανικὲς ιδιότητες μέ τὴ λεγόμενη **σκλήρωση ἀπὸ κατακρήμνιση μέ γήρανση** (φυσικὴ ἢ τεχνητή), ὅπως θὰ δοῦμε εὐθύς ἀμέσως.

Τυπικὸ κράμα τῆς ὁμάδας αὐτῆς εἶναι τὸ **ντουραλουμίνιο**, σὸ ὁποῖο κύρια προσθήκη εἶναι ὁ χαλκός (3,50% ἕως 4,70%, Πίνακας 3.7.2).

Τὴ σκλήρωση τοῦ κράματος αὐτοῦ τοῦ ἀργιλίου τὴν ἐπιτυγχάνομε μέ συνδυασμὸ βαφῆς (ἥρεμο πύρωμα στὴν καθορισμένη θερμοκρασία π.χ. 530°C γιὰ ντουραλουμίνιο μέ 4% Cu καὶ ἀπότομη ἀπόψυξη στὴ θερμοκρασία τοῦ δωματίου) καὶ παραμονῆς του στὴ θερμοκρασία δωματίου ἐπὶ πολὺ χρόνο (πέντε ἕως ἑξὶ ἡμέρες, ὅποτε ἔχομε **φυσικὴ γήρανση** τοῦ κράματος) ἢ θερμάνσεώς του σέ 150°C ἕως 170°C ἐπὶ δέκα περίπου ὥρες καὶ ἥρεμης ἀποψύξεώς του (**τεχνητὴ γήρανση**).

Ἡ σκλήρωση ὀφείλεται σέ κατακρήμνιση σέ ὅλη τὴ μάζα τοῦ κράματος μιᾶς ἐνώσεως χαλκοῦ-ἀργιλίου ($CuAl_2$) σέ πολὺ-πολὺ μικρά (ὑπομικροσκοπικὰ) τεμαχίδια, ἢ ὁποία κατακρήμνιση πραγματοποιεῖται μέ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου.

2. Χυτευτικά κράματα.

Τὰ μὴ ὑφιστάμενα θερμικὲς κατεργασίες χυτευτικά κράματα τοῦ ἀργιλίου περιέχουν 10% ἕως 12% πυρίτιο καὶ εἶναι κατάλληλα γιὰ χύτευση σέ ἄμμο, ὅπως καὶ γιὰ χύτευση σέ μήτρα (ὑπὸ πίεση).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7.2.
Τυπικά κράματα του άργιλιού

Χημική σύνθεση [%]						Μηχανικές ιδιότητες				Βιομηχανικές χρήσεις
Cu	Si	Mg	Zn	Mn	Fe	*Άλλα στοιχεία	Κατάσταση κράματος	σ_B [kp/mm ²]	δ_5 [%]	Θερμικές καταργασίες
0,10	0,60	2,80-4,00	—	0,60	0,50	0,15 Ti 0,25 Cr	Μαλακό Σκληρωμένο [1/4]	22 30	18 8	Μαλακό κράμα μη ύφιστάμενο θερμικές καταργασίες. Εφαρμογές στη ναυπηγική βιομηχανία.
3,50-4,70	0,20-0,70	0,40-1,20	—	0,40-1,00	0,70	—	Μετά θερμική καταργασία	41	10	Θέρμανση σε 480°C. Βαφή. Φυσική γήρανση επί 4 ημέρες.
—	11,50	—	—	—	—	—	Χυτευμένο σε άμμο. Χυτευμένο υπό πίεση	17 22	7 4	Χυτευτικό κράμα μη ύφιστάμενο θερμικές καταργασίες. Κατάλληλο για χύτευση σε άμμο και χύτευση με βαρύτητα και υπό πίεση. Μεγάλου μεγέθους χυτά, κιβώτια ταχυτήτων, θερμαντικά σώματα και άλλα.
4,00	0,30	1,50	—	—	—	2,00 Ni 0,20 Ti	Μετά θερμική καταργασία	29	—	Θέρμανση σε 510°C. Βαφή μέσα σε ζεστό νερό επί 2 ώρες. Φυσική γήρανση επί 5 ημέρες.
Χυτευτικό κράμα ύφιστάμενο θερμικές καταργασίες. Για έμβολα και κεφαλές κυλίνδρων υδρόψυκτων και αερόψυκτων μηχανών.										

Από τα χυτευτικά κράματα, εκείνα που υφίστανται θερμικές κατεργασίες, περιέχουν κατά βάση χαλκό (περίπου 4%) και νικέλιο (περίπου 2%) ή πυρίτιο (12%) και άλλες προσμίξεις, όπως μαγνήσιο και νικέλιο. Η θερμική τους κατεργασία είναι παρόμοια με εκείνη των μαλακτών κραμάτων.

Η χημική σύνθεση, οι μηχανικές ιδιότητες και στοιχεία για τις θερμικές κατεργασίες και τη βιομηχανική χρήση τυπικών κραμάτων του άργιλιου (μαλακτών και χυτευτικών) δίνονται στον Πίνακα 3.7.2.

3.7.3 Ο ψευδάργυρος και τα κράματά του.

A. Ο ψευδάργυρος.

Είναι μέταλλο με λευκό χρώμα. Έχει ειδικό βάρος $7,14 \text{ g/cm}^3$ και σημείο τήξεως 419°C . Στή συνήθη θερμοκρασία είναι ευθραυστος, ενώ αν θερμανθεί σε 100°C ως 150°C αποκτά σημαντική πλαστικότητα. Δεν όξειδώνεται στο νερό ούτε στον αέρα και εξ αιτίας της ιδιότητάς του αυτής χρησιμοποιείται για την **επιψευδαργύρωση** χαλυβδίνων έλασμάτων (**γαλβανισμένες** λαμαρίνες). Έχει καλή χυτευτότητα.

B. Τα κράματα του ψευδαργύρου.

Τα κράματα του ψευδαργύρου χρησιμοποιούνται κυρίως ως χυτά εξαρτήματα με χύτευση σε μήτρα (υπό πίεση). Περιέχουν είτε άργιλιο (4% περίπου) είτε άργιλιο (4%) και χαλκό (μέχρι 2,50%) μαζί.

3.7.4 Ο μόλυβδος και τα κράματά του.

A. Ο μόλυβδος.

Έχει χρώμα φαιό (γκρίζο). Το ειδικό του βάρος είναι $11,3 \text{ g/cm}^3$ και το σημείο του τήξεως 327°C . Έχει μικρή μηχανική άντοχή, εξαιρετική πλαστικότητα και σημαντική άντοχή στη διάβρωση.

Χρησιμοποιείται στην κατασκευή έσχαρων για πλάκες συσσωρευτών, πλακών στεγανοποίησης όροφης, βολίδων φυσιγγίων και για επένδυση υπογείων καλωδίων· ακόμα στη χημική βιομηχανία για αποθήκευση και μεταφορά διαβρωτικών υγρών (π.χ. στη βιομηχανία του θειικού όξενος) και στην ιατρική και στην ατομική ενέργεια για προστασία από τις ακτίνες X και γ.

B. Τα κράματα του μολύβδου.

Τα κράματα μολύβδου (Pb)-άντιμονίου (Sb) (μέ 7% έως 12% Sb) χρησιμοποιούνται στην κατασκευή πλακών συσσωρευτών.

Τα κράματα μολύβδου-κασσιτέρου (μέ 20% μέχρι 50% Sn) είναι οι γνωστές μας κολλήσεις [M.E., παράγρ. 21.5(β), Πίνακας 21.5.1].

Τα κράματα μολύβδου-άντιμονίου-κασσιτέρου είναι γνωστά ως **τυπογραφικά κράματα** (π.χ. το κράμα μέ 10% έως 13% Sb και 2% έως 4% Sn για λινотυπία) και χρησιμοποιούνται στην κατασκευή τυπογραφικών στοιχείων.

3.7.5 Τό νικέλιο και τὰ κράματά του.

A. Τό νικέλιο.

Είναι μέταλλο μέ χρώμα λευκό πρὸς φαιό. Ἔχει εἰδικό βάρος $8,9 \text{ g/cm}^3$ καί σημείο τήξεως 1453°C . Δέν ὀξειδώνεται στὸν ἀτμοσφαιρικό ἀέρα, γι' αὐτό χρησιμοποιεῖται γιὰ **ἐπινικέλωση** (ἠλεκτρολυτική ἐπικάλυψη μεταλλικῶν ἐπιφανειῶν). Πρὶν ἀπὸ τὴν ἐπινικέλωση χαλυβδίνων ἐπιφανειῶν κάνομε ἐπιχάλκωσή τους. Παρουσιάζει καλὸ συνδυασμὸ μηχανικῶν ιδιοτήτων καί ἀντοχῆς στὴ διάβρωση. Ἀποτελεῖ κύρια προσθήκη στὰ χαλυβοκράματα (παράγρ. 3.3.3).

Χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα στὴ χημικὴ βιομηχανία λόγω τῆς ἀντοχῆς του στὴ διάβρωση καί ἰδιαίτερα στὰ ἀλκάλια· ἐπίσης καί στὴ βιομηχανία τροφίμων, γιατί δέν εἶναι τοξικό.

B. Τὰ κράματα τοῦ νικελίου.

1. Τό μονέλ εἶναι κράμα νικελίου-χαλκοῦ μέ 30% χαλκὸ περίπου καί μικρὲς ποσότητες μαγγανίου, σιδήρου, πυριτίου καί ἄνθρακα.

Παρουσιάζει καλὴ ἀντοχή στὴ διάβρωση στὸ νερό, στὴν ἄλμη, στὰ ἀλκάλια, στὸν ὑπέρθερμο ἀτμὸ καί σέ ἄλλα.

Βρίσκει ἐφαρμογὴ σέ ἄξονες καί πτερωτὲς ἀντλιῶν, σέ βελόνες ἀκροφυσίων ὑδροστροβίλων, ὅπως καί σέ περύγια στροβίλων.

2. Ἡ ὁμάδα πυριμάχων κραμάτων μέ βάση τὸ νικέλιο περιλαμβάνει:

α) Τὸ Ἴνκονέλ (Inconel)*μέ 14% Cr καί 6% Fe.

β) Τὸ Χαστελλόυ, C ἢ X (Hastelloy).

γ) Τὴ σειρά τῶν κραμάτων Νιμόνικ 75, 80Α καί 90 (Nimonic) καί

δ) τὰ κράματα γιὰ ἠλεκτρικὲς ἀντιστάσεις.

Τὰ κράματα αὐτὰ ἔχουν τέτοιες ιδιότητες, ὥστε νά μποροῦν νά καλύπτουν ἀπαιτήσεις μηχανικῆς ἀντοχῆς καί ἀντοχῆς σέ διάβρωση σέ ψηλὲς θερμοκρασίες. Ἔχουν σημαντικὰ συμβάλλει στὴν ἀνάπτυξη τῆς σημερινῆς τεχνολογίας τῶν μηχανῶν ἀεριοθέρσεως (τζέτ), ἀεριοστροβίλων κ.ἄ.

3.7.6 Ἀντιτριβικά κράματα ἢ κράματα γιὰ ἔδρανα ὀλισθήσεως.

A. Γενικά.

Τὰ ἔδρανα ὀλισθήσεως τῶν διαφόρων μηχανημάτων κατασκευάζονται εἴτε **ὀλίσωμα** ἀπὸ φωσφοροῦχο κρατέρωμα [παράγρ. 3.7.1 (B) (2), Πίνακας 3.7.1] εἴτε **ὡς διμερή**. Στὰ τελευταῖα τὸ στρώμα τοῦ **ἀντιτριβικοῦ κράματος** φέρεται ἀπὸ κατάλληλο μεταλλικὸ χιτῶνιο.

Ἐνα ἀντιτριβικὸ κράμα, γιὰ νά ἀνταποκριθεῖ στὸν προορισμὸ του, θά πρέπει νά ἔχει τίς ἀκόλουθες βασικὲς ιδιότητες:

α) Ἐπαρκὴ σκληρότητα, ὥστε νά ἀντέχει στὴ φθορά, λόγω τῆς τριβῆς.

β) Καλὴ μηχανικὴ ἀντοχή ἀπέναντι στὰ φορτία, ποὺ τὸ καταπονοῦν.

γ) Καλὴ δυσθραυστότητα.

δ) Καλὴ χυτευτότητα.

ε) Καλή θερμική αγωγιμότητα, ώστε η παραγόμενη από την τριβή θερμότητα κατά την εργασία του έδρανου να μεταδίδεται στο περιβάλλον και έτσι να διατηρείται η θερμοκρασία μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.

στ) Άντοχή στη διάβρωση απέναντι στα χρησιμοποιούμενα λιπαντικά.

Τά αντιτριβικά κράματα κατατάσσονται σέ: κράματα μέ βάση τό χαλκό καί κράματα μέ βάση τόν κασσίτερο ή τό μόλυβδο (*Λευκά μέταλλα*).

Β. Άντιτριβικά κράματα μέ βάση τό χαλκό.

Στήν παράγραφο 3.7.1 (Β) (2) είδαμε ότι τά χυτευτικά κρατερώματα χρησιμοποιούνται ως άντιτριβικό υλικό στήν κατασκευή έδράνων όλισθήσεως.

Γιά τόν ίδιο σκοπό, ως άντιτριβικά κράματα έχουμε καί κρατερώματα μέ επί πλέον 10% έως 15% μόλυβδο ή κράματα χαλκού-μολύβδου μέ 25% έως 30% μόλυβδο. Παρουσιάζουν μεγάλη άντοχή στή φθορά από τριβή καί έχουν ψηλή θερμική αγωγιμότητα. Ένδεικνυνται γιά τήν κατασκευή έδράνων βάσεως στροφαλοφόρων αξόνων μηχανών έσωτερικής καύσεως.

Γ. Λευκά μέταλλα.

Είναι καί αυτά άντιτριβικά κράματα. Όνομάζονται *Λευκά μέταλλα* από τό χρώμα τους σέ αντίθεση μέ τά άντιτριβικά κράματα μέ βάση τό χαλκό, τά όποια είναι κοκκινωπά.

Διακρίνονται:

1) Στά λευκά μέταλλα μέ βάση τόν κασσίτερο. Έχουν ως κύριες προσμίξεις τό άντιμόνιο (3% έως 10%) καί τό χαλκό (3,50% περίπου). Έπειδή είναι μαλακά, χυτεύονται σέ χαλύβδινα χιτώνια καί κατόπιν τoρνεύονται στήν τελική τους διάσταση. Τό ίδιο ίσχύει καί γιά τά λευκά μέταλλα μέ βάση τό μόλυβδο, γιά τά όποια θα μιλήσουμε άμέσως παρακάτω.

Ός γενικής χρήσεως λευκό μέταλλο αυτού του είδους αναφέρομε εκείνο μέ 10,50% Sb καί 3,50% Cu.

2) Λευκά μέταλλα μέ βάση τό μόλυβδο. Σ' αυτά ένα μέρος του κασσιτέρου αντι-καθίσταται από μόλυβδο, που είναι πιο φθηνός. Περιέχουν 10% έως 15% κασσίτερο, 1,50% έως 3% χαλκό καί τό υπόλοιπο μόλυβδο.

Χρησιμοποιούνται γιά ήπιότερες συνθήκες φορτίσεως από ό,τι τά λευκά μέταλλα μέ βάση τόν κασσίτερο.

3.7.7 Έρωτήσεις.

1. Ποιά είναι τά κυριότερα μή σιδηρούχα μέταλλα καί κράματα, που χρησιμοποιούμε βιομηχανικώς;
2. Νά αναφέρετε τρία από τά πολλά πλεονεκτήματα που έχει ό χαλός ως βιομηχανικό υλικό.
3. Ποιά είναι ή ούσιαστική διαφορά ανάμεσα στον όρείχαλκο καί στο κρατερωμα;
4. Τί σημαίνει μαλακός καί τί χυτευτικός όρείχαλκος;
5. Νά δώσετε τυπικές εφαρμογές του όρείχαλκου καί του κρατερώματος.
6. Έκτός από τούς όρείχαλκους καί τά κρατερώματα, ποιά άλλα χρήσιμα κράματα του χαλκού έχουμε;
7. Ποιές είναι οι χαρακτηριστικές ιδιότητες του άργιλιού, τίς όποιες μπορούμε νά θεωρήσουμε πλεονεκτήματά του ως βιομηχανικό υλικό;
8. Ποιό κράμα του άργιλιού όνομάζουμε ντουραλουμίνιο;
9. Πώς επιτυγχάνεται ή σκλήρωση του ντουραλουμινίου;

10. Ποιές είναι οι κύριες ομάδες κραμάτων του μολύβδου και πού βρίσκει εφαρμογή κάθε μία από τις ομάδες αυτές;
11. Να αναφέρετε δύο από τα κράματα του νικελίου μαζί με τυπικές τους βιομηχανικές χρήσεις.
12. Τι είναι τα λευκά μέταλλα;
13. Να δώσετε τρεις ιδιότητες από εκείνες που πρέπει να έχει ένα αντιπυρικό κράμα.
14. Ποιά μη σιδηρούχα κράματα θα διαλέξουμε για να κατασκευάσουμε τα εξής κομμάτια;
 - α) Κάλυκες φυσιγγίων. β) Έδρανα όλισθήσεως. γ) Βαλβίδες άντλιων νερού. δ) Έμβολα βενζινοκινητήρων.

3.8 Μηχανουργικά υλικά κονιομεταλλουργίας.

3.8.1 Γενικά.

Η **κονιομεταλλουργία** ασχολείται με την παραγωγή των λεγομένων **κεραμευτικών κραμάτων** από μεταλλικές σκόνες σε μορφοποιημένα κομμάτια με τη διαδικασία (φάσεις), που περιγράφουμε στην παράγραφο 3.8.2. Η κονιομεταλλουργία δηλαδή μας παρέχει άλλο τρόπο παρασκευής κραμάτων, εκτός από το γνωστό με **τήξη των συστατικών** τους.

Τα κεραμευτικά κράματα τα διακρίνουμε σε δύο κατηγορίες: σε εκείνα που δεν είναι δυνατό να παραχθούν με άλλο τρόπο, παρά μόνο με την κονιομεταλλουργία και σε εκείνα, για τα οποία η κονιομεταλλουργία είναι συμφερότερη μέθοδος παραγωγής.

Στην πρώτη κατηγορία υπάγονται:

α) **Διαμορφώσιμα** κομμάτια από πυρίμαχα μέταλλα, όπως είναι το βολφράμιο, το μολυβδαίνιο, το ταντάλιο και το νιόβιο, των οποίων η τήξη βιομηχανικώς είναι αδύνατη, λόγω του πολύ ψηλού σημείου τήξεώς τους (το βολφράμιο λειώνει στους 3410°C). Ός τυπικό παράδειγμα δίνουμε την παρασκευή δλκιμου βολφραμίου για την κατασκευή συρματιδίων πυρακτώσεως ηλεκτρικών λαμπτήρων [σχ. 3.8α(β)].

β) **Σκληρομέταλλα με καρβίδια** ή απλώς **σκληρομέταλλα** [σχ. 3.8α(α)] τα οποία χρησιμοποιούνται, όπως θα δούμε, ως κοπτικά εργαλεία. Τα καρβίδια, που συνήθως χρησιμοποιούμε, είναι καρβίδια του βολφραμίου, του τιτανίου, του τανταλίου και του νιοβίου. Τα σκληρομέταλλα δεν θα μπορούσαν να παραχθούν με τήξη των συστατικών τους, γιατί τα καρβίδια θα υφίσταντο διάσπαση.

γ) **Κράματα**, των οποίων τα συστατικά διατηρούν τα άρχικά τους χαρακτηριστικά στις διάφορες εφαρμογές. Αναφέρουμε εδώ ως παράδειγμα τις ηλεκτρικές έπαφες: σ' αυτές συνδυάζεται η άντοχή σε φθορά ενός πυρίμαχου υλικού, π.χ. του βολφραμίου, με τη μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα, του αργύρου ή του χαλκού.

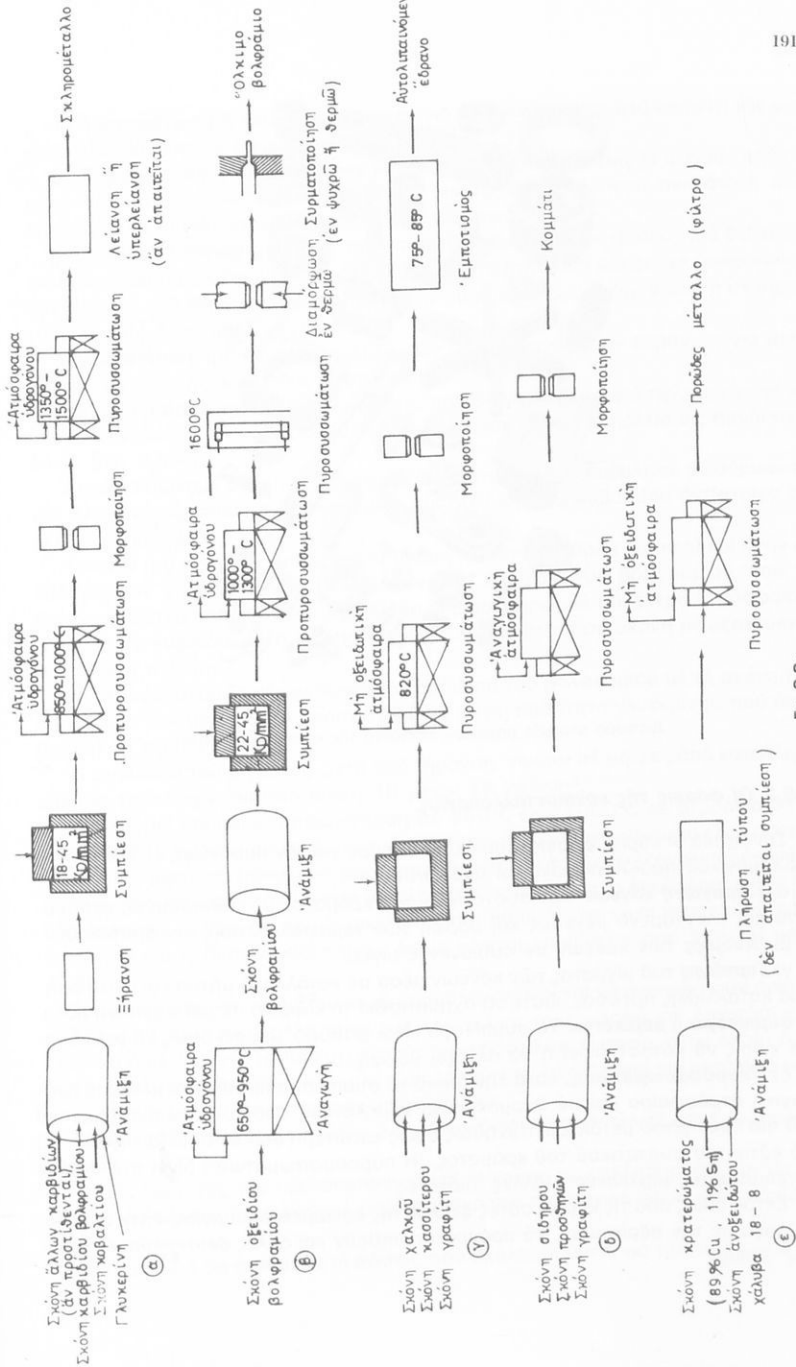
δ) **Πορώδη κράματα** για αὐτολιπαινόμενα έδρανα όλισθήσεως και φίλτρα [σχ. 3.8α(ε)]. Έδώ είναι δυνατή με την κονιομεταλλουργία ή ρύθμιση του πορώδους των κραμάτων αυτών.

Στή δεύτερη κατηγορία μπορούμε να κατατάξουμε:

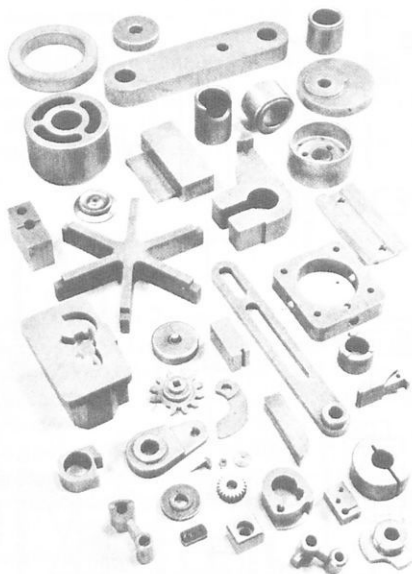
α) Μέταλλα με πολύ μεγάλη καθαρότητα. Κατά την τήξη τους προστίθενται άκαθαρσίες.

β) Μέταλλα που έχουν κακή χυτευτότητα ή κατεργαστικότητα και

γ) κομμάτια με περίπλοκες μορφές από σίδηρο και μη σιδηρούχα μέταλλα, των οποίων η κατεργασία θα απαιτούσε μακρό χρόνο και κατά συνέπεια τό κόστος παραγωγής τους θα ήταν απαράδεκτα ψηλό (σχ. 3.8β).



Τυπικά διαγράμματα ροής που δείχνουν τις φάσεις της κωνιομεταλλουργίας κατά την παραγωγή: (α) Σκληρομετάλλου καρβιδίου του βολφραμίου-κοβαλτίου, (β) Πυρίμαχου μετάλλου-βολφραμίου, (γ) Ανοξείδωτου χαλκού, (δ) Σιδηρούχων κομμάτων και (ε) μεταλλικών φίλτρων.



Σχ. 3.8β.

Διάφορα στοιχεία μηχανών, προϊόντα της κνιομεταλλουργίας.

3.8.2 Οί φάσεις τής κνιομεταλλουργίας.

Συνοπτικά οί κύριες **φάσεις**, πού ακολουθοῦμε γιά τήν παραγωγή ενός κνιομεταλλουργικού προϊόντος, εἶναι οί ακόλουθες:

α) **Παραγωγή κόνεων** τών συστατικῶν τοῦ κράματος μέ καθορισμένη καθαρότητα καί ἐλεγχόμενο μέγεθος καί μορφή τών τεμαχιδίων, πού τήν ἀποτελοῦν.

β) **Ἀνάμιξη** τών κόνεων σέ ὁμοιογενές μίγμα.

γ) **Συμπίεση** τοῦ μίγματος τών κόνεων μέσα σέ κατάλληλη μήτρα καί μέ τή βοήθεια κατάλληλης πρέσσας, ὥστε νά σχηματισθεῖ τό κομμάτι σέ μιά συμπαγή μάζα, τό **συμπέσμα** ἢ **μπρικέττα**. Τό συμπέσμα εἶναι ψαθυρό, μπορεῖ ὁμως νά μεταφερθεῖ χωρίς νά καταστραφεῖ ἢ νά ἀλλάξει μορφή.

δ) **Πυροσυσσωμάτωση**, κατά τήν ὁποία τό συμπέσμα πυρῶνεται μέσα σέ ἀναγωγική ἀτμόσφαιρα καί σέ θερμοκρασία χαμηλότερη ἀπό τό σημεῖο τήξεως καί τοῦ πιό δύστηκτου μετάλλου, συνήθως ὁμως κατώτερη ἀπό τό σημεῖο τήξεως τοῦ πιό εὐτήκτου συστατικοῦ τοῦ κράματος. Ἡ πυροσυσσωμάτωση δίνει στό προϊόν τīs ἐπιθυμητές μηχανικές ἢ ἄλλες ιδιότητες.

Ἐκτός ὁμως ἀπό τīs κύριες αὐτές φάσεις τής κνιομεταλλουργίας, εἶναι δυνατό, ἀνάλογα μέ τήν περίπτωση, νά πραγματοποιηθοῦν καί ἄλλες **δευτερεύουσες φάσεις** ὅπως:

α) **Αποπεράτωση ή τελική κατεργασία**, γιά νά προσδώσουμε στό κομμάτι τής κοινωμεταλλουργίας τίς τελικές άκριβείς διαστάσεις του.

β) **Ανασυμπίεση ή τύπωση**. Είναί κατεργασία διαμορφώσεως έν ψυχρώ, πού άκολουθεϊ τήν πυροσυσσωμάτωση, όταν άπαιτείται μεγαλύτερη πυκνότητα του προϊόντος σέ συνδυασμό μέ άκριβέστερες διαστάσεις.

γ) **Προπυροσυσσωμάτωση**. Ή πυροσυσσωμάτωση διακόπτεται σέ μία ένδιάμεση θερμοκρασία. Τό προϊόν έχει καλή κατεργαστικότητα καί μπορεί νά μορφοποιηθεϊ, πράγμα πού θά ήταν άδύνατο μετά τήν πυροσυσσωμάτωση, όποτε ή σκληρότητά του θά ήταν πολύ μεγάλη.

δ) **Έμποτισμός** (μέ κατάλληλο λάδι) τών αὐτολιπαινομένων έδράνων, γιά βελτίωση τών άντιτριβικών τους ιδιοτήτων.

Παρακάτω θά περιγράψομε τίς φάσεις, πού άκολουθοῦμε, γιά τήν παραγωγή ένός σκληρομετάλλου μέ καρβίδιο του βολφραμίου καί μέ κοβάλτιο ως συνδετικό ὑλικό [σχ. 3.8α(α)]:

Άρχικά παίρνομε σκόνη του βολφραμίου καί σκόνη του κοβαλτίου μέ θέρμανση καί άναγωγή όξειδίου του βολφραμίου καί όξειδίου του κοβαλτίου άντίστοιχα σέ ρεύμα ὑδρογόνου.

Κατόπιν ή σκόνη του βολφραμίου άναμιγνύεται μέ αϊθάλη (καπνιά) καί στήν άναλογία πού χρειάζεται, γιά νά δώσουν μαζί καρβίδιο του βολφραμίου, πού τό παίρνομε ὕστερα από θέρμανση επί δύο περίπου ὤρες σέ οὐδέτερη άτμόσφαιρα. Ύστερα, τό καρβίδιο αὐτό του βολφραμίου λειοτριβείται σέ σκόνη μέ μέσο μέγεθος 20μm περίπου.

Άκολουθεϊ άνάμιξη τής σκόνης του καρβιδίου του βολφραμίου μέ τή σκόνη του κοβαλτίου. Στό μίγμα αὐτό προστίθεται καί μικρή ποσότητα γλυκερίνης, πού ὑποβοηθεϊ τή συμπίεσή του.

Ή συμπίεση του μίγματος, μετά από ξήρανση, γίνεται σέ μητρες από κατάλληλο χάλυβα έργαλείων καί ὑπό πίεση 18 μέχρι 45 kp/mm².

Άκολουθεϊ προπυροσυσσωμάτωση σέ 850°C ἔως 1000°C σέ άτμόσφαιρα ὑδρογόνου. Τό προϊόν, πού παίρνομε μετά τήν προπυροσυσσωμάτωση εἶναι άρκετά άνθεκτικό, ὥστε νά μπορεί νά μορφοποιηθεϊ στίς κατάλληλες έργαλειομηχανές.

Ή πυροσυσσωμάτωση γίνεται σέ ήλεκτρικό κλίβανο, στόν όποιο έμφυσάται ξηρό ὑδρογόνο. Ό χρόνος, πού διαρκεί ή πυροσυσσωμάτωση εἶναι περίπου 90 πρώτο λεπτά καί ή θερμοκρασία στήν όποία γίνεται κυμαίνεται από 1350°C μέχρι 1500°C.

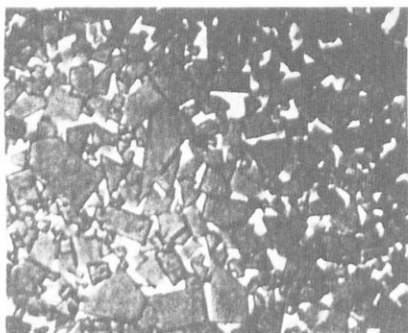
Μετά τήν πυροσυσσωμάτωση τά κομμάτια άφήνονται νά άποψυχθοῦν ήρεμα.

Τέλος τά σκληρομέταλλα παίρνουν τήν τελική τους μορφή καί διαστάσεις μέ λείανση ή μέ λάμπινγκ (είναι κατεργασία συναφής μέ τή λείανση, στήν όποία όμως δίνει μεγαλύτερη άκρίβεια καί καλύτερη τραχύτητα έπιφάνειας) καί μετά από αὐτό εἶναι έτοιμα γιά νά διοχετευτοῦν στό έμπόριο.

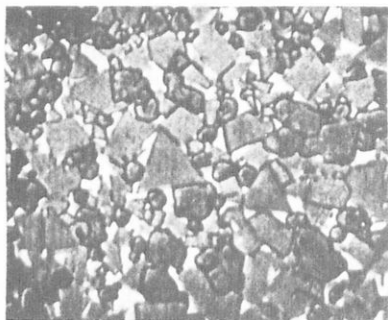
Στίς μικροφωτογραφίες του σχ. 3.8γ εἰκονίζεται ή κρυσταλλική δομή σκληρομετάλλων.

Γιά τίς ιδιότητες, τήν προτυποποίηση καί τή χρήση τών σκληρομετάλλων ως κοπτικών έργαλείων θά μιλήσομε στήν παράγραφο τή σχετική μέ τά κοπτικά έργαλεία.

Στό σχήμα 3.8α φαίνονται οι φάσεις, πού άκολουθοῦνται γιά τήν παραγωγή τών



(α)



(β)

Σχ. 3.8γ.

Μικροφωτογραφίες σκληρομετάλλων. Μεγέθυνση X1500: (α) Καρβιδίου βολφραμίου-κοβαλτίου. (β) Καρβιδίου βολφραμίου, καρβιδίων τανταλίου, τιτανίου-κοβαλτίου.

έξης τυπικών προϊόντων της κονιομεταλλουργίας, εκτός από τα σκληρομέταλλα, των οποίων την παραγωγή περιγράψαμε μόλις προηγουμένως:

- α) Τοῦ πυρίμαχου ὑλικοῦ βολφραμίου [σχ. 3.8α(β)].
- β) Τῶν αὐτολιπαινομένων ἐδράνων χαλκοῦ-κασσιτέρου [σχ. 3.8α(γ)].
- γ) Τῶν σιδηρούχων κομματιῶν [σχ. 3.8α(δ)].
- δ) Τῶν μεταλλικῶν φίλτρων [σχ. 3.8α(ε)].

3.8.3 Ἑρωτήσεις.

1. Νά ἐξηγήσετε τοὺς ἐξῆς δύο ὅρους: **Κονιομεταλλουργία** καὶ **πυροσυσσωμάτωση**.
2. Νά δώσετε δύο προϊόντα τῆς κονιομεταλλουργίας, τὰ ὁποῖα δέν εἶναι δυνατό νά παραχθοῦν μέ ἄλλο τρόπο καὶ νά τὸ ἐξηγήσετε αὐτό.
3. Ποιές εἶναι οἱ κύριες φάσεις παρασκευῆς ἑνός κονιομεταλλουργικοῦ προϊόντος;
4. Νά ἀναφέρετε τίς φάσεις παραγωγῆς ἑνός σκληρομετάλλου μέ καρβίδιο τοῦ βολφραμίου καὶ κοβάλτιο ὡς συνδετικό ὑλικό.
5. Νά δώσετε τὸ διάγραμμα ροῆς γιὰ τὴν παραγωγή τοῦ σκληρομετάλλου τῆς προηγούμενης ἐρωτήσεως.

3.9 Τὰ πλαστικά στίς μηχανουργικές κατασκευές.

3.9.1 Γενικά.

Στίς διάφορες μηχανουργικές κατασκευές ἐκτός ἀπὸ τὰ μεταλλικά ὑλικά, μέ τὰ ὁποῖα ἀσχοληθήκαμε μέχρις ἐδῶ, χρησιμοποιοῦμε, σέ περιορισμένη ὅμως ἔκταση καὶ μὴ **μεταλλικά ὑλικά** (Μ.Ε. σχ. 2.1β), ἐφ' ὅσον βέβαια τὰ τελευταῖα καλύπτουν τίς ἀπαιτήσεις ποῦ θέτομε καὶ συμφέρουν οἰκονομικά.

Τὰ σπουδαιότερα ἀπὸ τὰ μὴ μεταλλικά ὑλικά γιὰ μηχανουργικές κατασκευές εἶ-

ναι τὰ **πλαστικά** ή **πολυμερή**, μέ τὰ όποια καί θά άσχοληθούμε άποκλειστικά στήν παράγραφο αὐτή. Πιό συγκεκριμένα, άφοῦ δώσομε όρισμένα στοιχεΐα σχετικά μέ τή δομή τῶν πλαστικῶν, θά μιλήσομε γιά τίς χαρακτηριστικές τους ιδιότητες, γιά τήν ταξινόμησή τους καί γιά τή μορφοποίηση καί τίς εφαρμογές τους.

Τά πλαστικά άναπτύχθηκαν κατά τίς τελευταΐες κυρίως δεκαετίες καί άναπτύσσονται μέ όλοένα καί αύξανόμενο ρυθμό γιά δύο βασικούς λόγους: άπό τό ένα μέρος γιά νά ύποκαταστήσουν φυσικές πρώτες ύλες καί άπό τό άλλο γιά νά καλύψουν άνάγκες τής τεχνικής εξέλιξης σέ ύλικά μέ φυσικές καί τεχνολογικές ιδιότητες, πού δέν ύπάρχουν σέ φυσικά προϊόντα.

Τά πλαστικά περιλαμβάνουν μία μεγάλη κατηγορία όργανικῶν ὕλῶν, πού, όταν θερμανθοῦν, **πλαστικοποιούνται** (γίνονται εϋπλαστα) καί ἔτσι μποροῦν νά μορφοποιηθοῦν ὑπό πίεση (παράγρ. 3.9.5).

Παρασκευάζονται άπό φυσικές ή συνθετικές όργανικές ενώσεις μέ μικρό μοριακό βάρος (**μονομερεΐς ενώσεις**), όπως, πχ. ὕδρογονάνθρακες, όξέα, άλκοόλες, άμίνες καί άλλες μέ **πολυμερισμό** ή **πολυσυμπύκνωση** ή **πολυπροσθήκη** τῶν ενώσεων αὐτῶν.

Αὐτός εΐναι ό λόγος, γιά τόν όποιο οἱ κατ' αὐτό τόν τρόπο παρασκευαζόμενες οὐσίες ονομάστηκαν **πολυμερή**. Μέ τίς χημικές αὐτές διεργασίες σχηματίζονται **μεγαλομοριακές ενώσεις**, δηλαδή χημικές ενώσεις μέ πολύ μεγάλο μοριακό βάρος.

Κατά τόν **πολυμερισμό** οἱ μονομερεΐς χημικές ενώσεις σχηματίζουν νηματοειδή μεγαλομόρια, χωρίς όμως νά άποσπῶνται άλλες ενώσεις (παραπροϊόντα). Πολυμερισμένες ὕλες εΐναι τό πολυαιθυλένιο, τό πολυπροπυλένιο, τό πολυβινυλχλωρίδιο καί άλλες.

Πολυσυμπύκνωση σημαίνει σύνδεση πολλῶν μονομερῶν ενώσεων (ή ένδιαμεσῶν ενώσεων) πρός ένα πολύ μεγάλο σύμπλοκο μόριο μέ τή χρησιμοποίηση τῶν μορίων μιᾶς άλλης ένώσεως ὡς συνδετικοῦ κρίκου. Κατά τήν πολυσυμπύκνωση ἔχομε σχηματισμό παραπροϊόντων. Πολυσυμπυκνωμένο πλαστικό εΐναι τό πολυουρεθάνιο.

Μέ τήν **πολυπροσθήκη** έπιτυγχάνεται ή ένωση πολλῶν πολυμερισμένων μορίων άπό τήν ίδια οὐσία ή άπό διάφορες οὐσίες σέ ένα άκόμα μεγαλύτερο μεγαλομόριο. Καί έδώ δέν ἔχομε άπελευθέρωση άλλων ενώσεων, όπως καί στόν πολυμερισμό. Μέ πολυπροσθήκη παράγεται τό πολυαμίδιο, ό πολυεστέρας, τά φαινοπλαστικά, τά άμινοπλαστικά κ.ά.

Τά πλαστικά χρησιμοποιοῦνται εύρύτατα σέ πολλούς τομεΐς τής τεχνικής, όπως στή μηχανουργική βιομηχανία, στή βιομηχανία αὐτοκινήτων καί ηλεκτρικῶν καί ηλεκτρονικῶν ειδῶν, στή άρχιτεκτονική, σέ οικιακές καί ιατρικές εφαρμογές, στή συσκευασία, στήν κλωστοϋφαντουργία, στίς μεταφορές, στή βιομηχανία παιχνιδιῶν κλπ.

3.9.2 Ἡ δομή τῶν πλαστικῶν.

Οἱ χαρακτηριστικές ιδιότητες τῶν διαφόρων πλαστικῶν άφείλονται στό είδος τής διατάξεως τῶν μορίων τους στό χῶρο. Μέ κριτήριο τή δομή τους στό χῶρο, διακρίνομε τά μεγαλομόρια σέ:

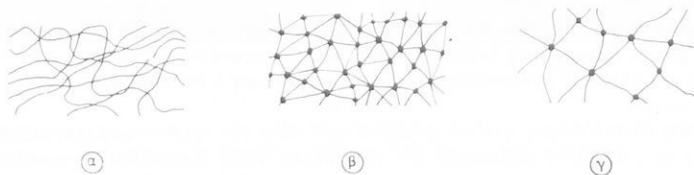
α) **Νηματοειδή μεγαλομόρια** [σχ. 3.9α(α)]. Τά μεγαλομόρια αὐτά διατάσσονται έντελῶς άκανόνιστα στό χῶρο, όπως εΐναι οἱ ίνες μιᾶς τολύπας μαλλιῶ ή ταξινο-



μοϋνται μερικά. Έχουν πάντοτε θερμοπλαστικές ιδιότητες (παράγρ. 3.9.4) και προκύπτουν μετά από πολυμερισμό.

β) **Μεγαλομόρια σε τρισδιάστατο στερεό σκελετό** [σχ. 3.9α(β)]. Χαρακτηρίζουν την κατάσταση των ντουροπλαστικών ή θερμοσκληρυνόμενων πλαστικών (παράγρ. 3.9.4). Σχηματίζονται μετά από πολυσυμπύκνωση.

γ) **Μεγαλομόρια σε δομή πλέγματος** [σχ. 3.9α(γ)]. Προέρχεται από τη σύνδεση μεμονωμένων θέσεων στά νηματοιδή μεγαλομόρια. Χαρακτηρίζουν την ύψη των ελαστομερών. Η δομή αυτή είναι ελαστικά παραμορφώσιμη, αλλά συνεκτική. Το βουλκανισμένο καουτσούκ έχει τέτοια μεγαλομοριακή δομή.



Σχ. 3.9α.

Μοριακή δομή των πλαστικών: (α) Νηματοιδή μεγαλομόρια. (β) Μεγαλομόριο σε τρισδιάστατο στερεό σκελετό. (γ) Μεγαλομόρια σε δομή πλέγματος.

3.9.3 Χαρακτηριστικές ιδιότητες των πλαστικών.

Τά πλαστικά κυκλοφορούν σήμερα σε πολλά είδη, πού παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία από φυσικές, μηχανικές και τεχνολογικές ιδιότητες.

Τά υλικά αυτά γενικά έχουν τη δυνατότητα μορφοποιήσεως (παράγρ. 3.9.5) σε έτοιμα ή μισοέτοιμα προϊόντα με μεγάλο ρυθμό παραγωγής, με καλή ακρίβεια στις διαστάσεις και με πολύ καλή τραχύτητα επιφάνειας.

Μπορούν να υποκαταστήσουν μέταλλα ή κράματα σε περιπτώσεις, όπου βασικά κριτήρια γιά την έκλογή του υλικού είναι: η ελαφρότητα της κατασκευής (τό ειδικό βάρος των πλαστικών κυμαίνεται από 0,9 έως 2,3 g/cm³), ή άντοχή στην όξείδωση ή τη διάβρωση, ή άντοχή στη φθορά από την τριβή και ή διηλεκτρική άντοχή (τά πλαστικά είναι πολύ καλά μονωτικά υλικά). Ακόμα, μερικά πλαστικά έχουν την ικανότητα γιά απόσβεση κραδασμών και ήχου.

Περιορισμούς στη χρήση των πλαστικών θέτουν:

- α) Η συγκριτικά πρὸς τά μεταλλικά εν γένει υλικά χαμηλή μηχανική άντοχή τους (τό ὅριο θραύσεως των πλαστικών μπορεί να κατεβεί και μέχρι 2 kp/mm² περίπου).
- β) Η χαμηλή άντοχή τους σε θέρμανση.
- γ) Τό γεγονός ὅτι αυτά δεν διατηρούν σταθερές διαστάσεις.
- δ) Συχνά τό κόστος τους είναι ψηλό.
- ε) Οι μηχανικές τους ιδιότητες μεταβάλλονται σημαντικά με τό χρόνο, τη θερμοκρασία και την ὑγρασία.

Συγκρινόμενα προς τα μέταλλα και κράματα, τα πλαστικά είναι μαλακότερα ενώ γένει, είναι λιγότερο όγκιμα και ψαθυρά σε χαμηλές θερμοκρασίες. Πολλά επίσης πλαστικά είναι εύφλεκτα.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε, ότι τα πλαστικά έχουν γενικά έναν ικανοποιητικό συνδυασμό από πολλές ιδιότητες μαζί και όχι πολύ καλές, αν θεωρήσουμε την κάθε μία ξεχωριστά, ιδιότητες.

3.9.4 Ταξινόμηση των πλαστικών.

Τα πλαστικά κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στα **θερμοπλαστικά** και στα **ντουροπλαστικά** (ή **θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά**).

Τα **θερμοπλαστικά** έχουν την ιδιότητα με θέρμανση να γίνονται μαλακά και εύπλαστα (να πλαστικοποιούνται), ενώ όταν ψυχθούν να γίνονται πάλι σκληρά. Η ιδιότητά τους αυτή να μαλακώνουν και να πλαστικοποιούνται με θέρμανση και να σκληρύνονται με ψύξη δεν έχει όρια. Μπορούν δηλαδή να μαλακώνουν και να σκληρύνονται άπειρο φορές.

Έτοιμα προϊόντα από θερμοπλαστικά μπορούμε να πάρουμε (παράγρ. 3.9.5) με χύτευση υπό πίεση, με χύτευση με έγχυση, με διέλαση κλπ.

Στό σχήμα 3.9β εικονίζονται τυπικά προϊόντα από θερμοπλαστικά μορφοποιημένα με χύτευση με έγχυση.

Τα **ντουροπλαστικά** θερμαινόμενα μορφοποιούνται με άσκηση πίεσεως ή χωρίς πίεση. Τό τελικό προϊόν της μορφοποίησεως είναι **μόνιμα σκληρά**. Όταν θερμανθούν, δηλαδή, τα υλικά αυτά, **πλαστικοποιούνται** μέχρι μία καθορισμένη θερμοκρασία, όποτε μπορούν να αποκτήσουν την επιθυμητή μορφή και μέγεθος, ενώ με παραπέρα θέρμανση **σκληρύνονται**. Όταν όμως σκληρυνθούν, είναι αδύνατο πλέον με νέα θέρμανση να γίνουν πάλι μαλακά και εύπλαστα. Τα ντουροπλαστικά μορφοποιούνται κυρίως υπό πίεση [παράγρ. 3.9.5(B)(2)] ή με απλή χύτευση [παράγρ. 3.9.5 (B)(1)].

Όπως υπάρχει, μεγάλη ποικιλία από μέταλλα και κράματα με διαφορετικές τό καθένα φυσικές, μηχανικές και τεχνολογικές ιδιότητες, έτσι μπορεί κανένας να συναντήσει πολυάριθμα πλαστικά (με διαφορετικές ιδιότητες), των οποίων ο αριθμός όλο και μεγαλώνει με την έρευνα, που διεξάγεται για την ανάπτυξη νέων ειδών.

Έτσι, ως θερμοπλαστικά μπορούν να απариθμήσουμε τα ακόλουθα:

- α) **Παράγωγα αιθυλενίου**: Πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο, πολυστυρένιο, έστέρες πολυμεθακρυλικού όξέος, πολυβινυλχλωρίδιο (PVC), πολυανθρακικές ενώσεις κ.ά.
- β) **Παράγωγα κυτταρίνης**: Όξική κυτταρίνη, νιτρική κυτταρίνη, αιθυλική κυτταρίνη, πολυαμίδη (ναύλον), πολυουρεθάνη κλπ.
- γ) **Φθοριωμένους ύδρογονάνθρακες (φθοριοπλαστικά)**: Πολυτετραφθοροαιθυλένιο κ.ά.

Στά θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά ανήκουν:

- α) **Φαινοπλαστικά**: Φαινόλη-φορμαλδεύδη, φαινόλη-φουρφουρόλη.
- β) **Άμινοπλαστικά**: Ουρία μελαμίνης.
- γ) **Ακόρεστες συνθετικές ύλες, πολυεστέρες, σιλικόνες**.
- δ) **Ανιλίνη**.



Σχ. 3.9β.

Ποικιλία προϊόντων από θερμοπλαστικά που έχουν μορφοποιηθεί με χύτευση με έγχυση [παράγρ. 3.9.5(B) (3)].

3.9.5 Μορφοποίηση τῶν πλαστικῶν.

Α. Γενικά.

Μία βασική ιδιότητα τῶν πλαστικῶν, ποῦ δικαιολογεῖ τήν εὐρύτατη χρησιμοποίησή τους σέ πολλοὺς τομεῖς τῆς τεχνικῆς καί στήν καθημερινή ζωή, εἶναι ἡ εὐκολή καί ἱκανοποιητικὴ μορφοποίησή τους (παράγρ. 3.9.3).

Τά πλαστικά, όπως θά δοῦμε στά ἐπόμενα, μορφοποιούνται τόσο μέ μεθόδους χωρίς αφαίρεση ὑλικοῦ σέ καλούπια μέ τή βοήθεια κατάλληλης πρέσσας, ὅσο καί μέ κατεργασίες κοπής σέ συμβατικές ἐργαλειομηχανές. Οἱ μέθοδοι μορφοποίησης, ὅτι οἵτις ἐφαρμόζομε στά πλαστικά γιά μηχανουργικά προϊόντα εἶναι κατὰ βάση οἱ ἴδιες μέ ἐκείνες, πού χρησιμοποιοῦμε γιά τή μορφοποίηση τῶν πλαστικῶν.

γενικά. Υπάρχουν, βέβαια ιδιομορφίες στην παραγωγή προϊόντων για μηχανουργικές εφαρμογές. Για τό λόγο αυτό τά έργοστάσια κατασκευής τών συναφών μηχανών μελετοῦν, ἀναπτύσσουν καί κατασκευάζουν συνεχῶς νέους τύπους ἀπό τίς μηχανές αὐτές μέ ἀντικειμενικό σκοπό τή μείωση τοῦ χρόνου μορφοποιήσεως τών κομματιῶν καί βελτίωση τῆς ποιότητάς τους.

Τά προϊόντα, πού παράγονται ἀπό πλαστικά, εἶναι δυνατό νά εἶναι:

α) **Ἔτοιμα**, σέ ἓνα μόνο στάδιο μορφοποιήσεως, **πρόϊοντα**, τά ὁποῖα μποροῦν νά χρησιμοποιηθοῦν εἴτε ὅπως ἔχουν, εἴτε μετά ἀπό περιορισμένη κατεργασία τους.

β) **Μισοέτοιμα προϊόντα** (φύλλα, πλακίδια, σωλῆνες, καί διάφορα κομμάτια, ὅπως ὀδοντοτροχοί, δακτυλίδια κ.ἄ. πού ἔχουν ὅμως ἀνάγκη ἀποπερατώσεως), πού χρειάζονται δηλαδή παραπέρα κατεργασία μέ κοπή ἢ **προμορφοποιημένα κομμάτια (μπλόκ)** γιά παραπέρα μορφοποίηση χωρίς ἀφαίρεση ὑλικοῦ [παράγρ. 3.9.5(Β)(2), (3)].

γ) **Ἰνώδη προϊόντα** γιά τήν ὑφαντουργία.

Β. Μέθοδοι μορφοποιήσεως χωρίς ἀφαίρεση ὑλικοῦ.

Στά ἐπόμενα θά ἐξετάσουμε τίς κυριότερες ἀπό τίς μεθόδους αὐτές, πού βρίσκονται σέ χρήση γιά τή μορφοποίηση τών πλαστικῶν γενικά»

1. Ἀπλή χύτευση.

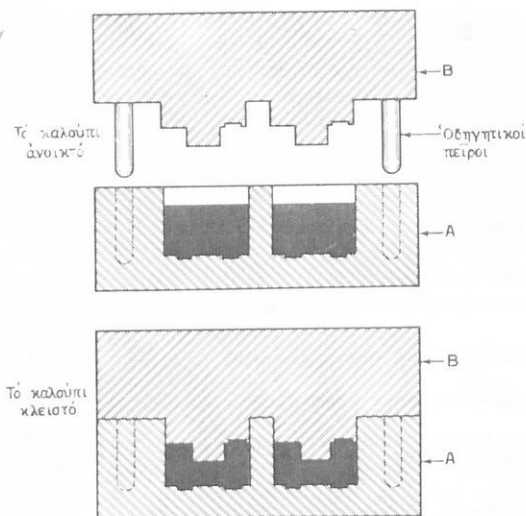
Εἶναι ἡ πιό ἀπλή μέθοδος γιά τή μορφοποίηση πλαστικῶν. Ἡ χύτευση γίνεται σέ λειωμένα θερμοπλαστικά ἢ ντουροπλαστικά, συνήθως χωρίς ἐφαρμογή πίεσεως. Ἐνδείκνυται γιά τήν παραγωγή κομματιῶν σέ μικρές παρτίδες. Γιά μεγάλες παρτίδες συμφέρει ἡ χύτευση μέ ἔγχυση [παράγρ. 3.9.5(Β)(3)] ἢ χύτευση ὑπό πίεσης μέ σύγχρονη ἔγχυση [παράγρ. 3.9.5 (Β)(4) γιά τά ντουροπλαστικά μόνο].

2. Μορφοποίηση ὑπό πίεση (σχ. 3.9γ).

Ἡ μορφοποίηση τοῦ πλαστικοῦ (θερμοπλαστικοῦ ἢ ντουροπλαστικοῦ) γίνεται μέ τή βοήθεια κατάλληλου καλουπιοῦ (μήτρας Α καί ἐπιβολέα Β). Ἐτσι, καθορισμένη ποσότητα πρώτης ὕλης τοποθετεῖται στή θερμαινόμενη μήτρα, ὅπου παραμένει ἐπὶ τόσο χρόνο, ὅσος ἀπαιτεῖται γιά νά γίνει εὐπλαστη. Τότε ὁ ἐπιβολέας κατεβαίνει καί καθῶς τό καλούπι κλείνει, ἐφαρμόζεται πίεση στό πλαστικό, τό ὁποῖο πλαστικοποιημένο ὅπως εἶναι, ἀναγκάζεται νά πάρει τήν ἐσωτερική μορφή τῆς μήτρας. Ἡ πρώτη ὕλη μπορεῖ νά εἶναι σέ μορφή κόκκων ἢ νά εἶναι προμορφοποιημένο κομμάτι (μπλόκ).

Ἡ πίεση, πού ἀσκεῖται κατά τή μέθοδο αὕτῃ μεταβάλλεται ἀπό 7 μέχρι 550 ἀτμόσφαιρες ἀνάλογα μέ τό μέγεθος καί τό εἶδος τοῦ πλαστικοῦ. Οἱ πρέσες πού χρησιμοποιοῦνται εἶναι ὑδραυλικές ἀπό χειροκίνητες μέχρι πλήρως αὐτοματοποιημένες. Οἱ πρέσες αὐτές ἔχουν καί δυνατότητα θερμάνσεως τοῦ ὑλικοῦ μέ τή βοήθεια ἀτμοῦ, θερμοῦ ὕγρου ἢ ἠλεκτρικῶν ἀντιστάσεων. Ἡ θερμοκρασία κυμαίνεται ἀνάμεσα σέ 120°C καί 205°C. Ἡ ἔρμανση γιά τά ντουροπλαστικά ἔχει ξεχωριστή σημασία, γιατί πρῶτα χρησιμοποιεῖται γιά τήν πλαστικοποίηση τῆς πρώτης ὕλης καί κατόπιν γιά τή σκλήρυνσή της.

Ὅταν ἐργαζόμαστε σέ θερμοπλαστικά προσέχομε, ὥστε νά βγάλομε τό κομμάτι ἀπό τή μήτρα, ὅταν αὕτῃ ἔχει ἐντελῶς κρῶσει, γιάτί ἄλλοιῶς εἶναι ἐνδεχόμενο



Σχ. 3.9γ.
Μορφοποίηση πλαστικών υπό πίεση.

νά στρεβλωθεί τό κομμάτι. Κομμάτια από ντουροπλαστικά μπορούν νά έξαχθούν καί προτού άκόμα κρυώσει τό καλούπι.

3. Χύτευση υπό πίεση μέ σύγχρονη έγχυση (σχ. 3.9δ).

Εΐναι μία παραλλαγή τής μορφοποιήσεως υπό πίεση. Έφαρμόζεται μόνο στά ντουροπλαστικά. Ή πρώτη ύλη σέ σκόνη (ή σέ προμορφοποιημένα κομμάτια) τοποθετείται σέ ξεχωριστό προθάλαμο Α, όπου θερμαίνόμενη λειώνει καί κατόπιν μέ τή βοήθεια του έμβολου Β έγχύνεται υπό πίεση στή μήτρα Γ. Έκεί τό τήγμα συνεχίζει θερμαίνόμενο μέχρι νά σκληρανθεί.

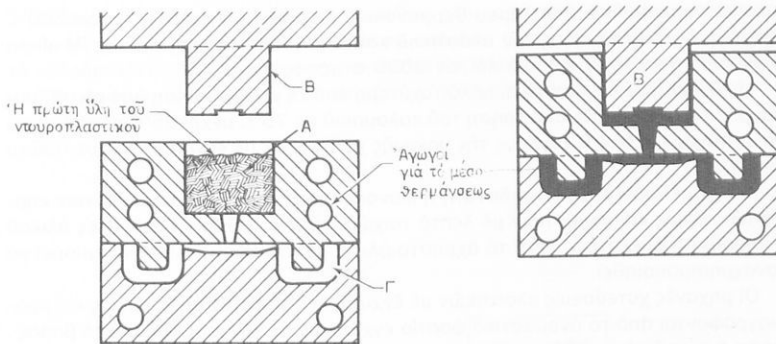
Ή μέθοδος αυτή έχει ικανοποιητικά άποτελέσματα σέ περίπλοκα κομμάτια μέ μεταβαλλόμενες διατομές, ενώ έχει τό μειονέκτημα τής άπώλειας ύλικού στόν άγωγό έγχύσεως καί στόν προθάλαμο [σχ. 3.9(δ)] άκόμα τό κόστος του καλουπιού εΐναι ψηλότερο σέ σύγκριση μέ τό καλούπι τής άπλής μορφοποιήσεως υπό πίεση.

4. Χύτευση μέ έγχυση (σχ. 3.9ε).

Εΐναι ή πιό διαδεδομένη μέθοδος γιά τή μορφοποίηση των θερμοπλαστικών. Μοιάζει μέ τή χύτευση μεταλλικών ύλικών σέ μήτρα (ή υπό πίεση, Μ.Ε., παράγρ. 22.3).

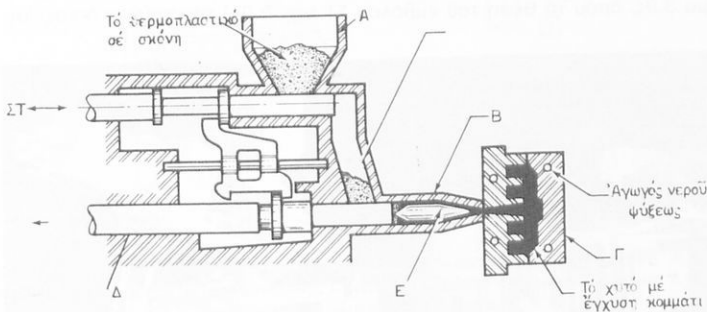
Τό θερμοπλαστικό, συνήθως σέ μορφή σκόνης, κατάλληλα θερμαίνόμενο λειώνει καί κατόπιν έγχύνεται υπό πίεση στή μήτρα, όπου στερεοποιείται καί σκληρύνεται. Ή μήτρα έχει δυνατότητα ψύξεως μέ νερό, πού κυκλοφορεί σ' αυτή.

Ή όλη διαδικασία τής χυτεύσεως ενός θερμοπλαστικού μέ έγχυση καί ένα άπλό



Σχ. 3.9δ.

Χύτευση ντουροπλαστικών υπό πίεση με σύγχρονη έγχυση.



Σχ. 3.9ε.

Οι φάσεις της χυτεύσεως θερμοπλαστικών με έγχυση.

σκίτσο συγκροτήσεως της συναφούς μηχανής εικονίζονται στο σχήμα 3.9ε.

Με τό θερμοπλαστικό σε σκόνη καί στην καθορισμένη γιά κάθε κύκλο της μηχανής χυτεύσεως με έγχυση [οί σύγχρονες μηχανές γιά αυτή την εργασία (σχ. 3.9στ) είναι πλήρως αυτοματοποιημένες] ποσότητα τροφοδοτείται από τόν τροφοδότη Α ο θάλαμος θερμάνσεως Β. Στο θάλαμο Β τό ύλικό λειώνει καί έγχύνεται υπό πίεση στό κλειστό καλούπι Γ. Έκεί τό ύλικό σκληρύνεται αποψυχόμενο, με τή βοήθεια νερού πού κυκλοφορεί στό καλούπι. Μετά τήν έγχυση τό έμβολο Δ έπαναφέρεται στην άρχική του θέση, τό καλούπι άνοίγει καί τό έτοιμο πλέον κομμάτι απορρίπτεται.

Η κατασκευαστική διαμόρφωση του θαλάμου θερμάνσεως Β με τόν οδηγητικό πυρήνα Ε είναι τέτοια ώστε τό εισερχόμενο ύλικό νά έχει μικρό πάχος καί νά μπορεϊ νά θερμαίνεται γρήγορα καί ομοιόμορφα.

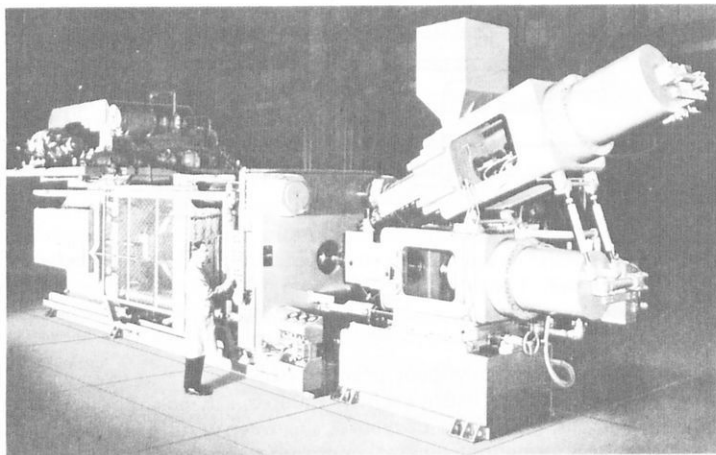
Ἡ θερμοκρασία τοῦ θαλάμου θερμάνσεως κυμαίνεται ἀπὸ 120°C μέχρι 260°C ἐξαρτώμενη ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ πλαστικοῦ καὶ τὸ μέγεθος τοῦ κομματιοῦ. Ἡ πίεση ἐγχύσεως μπορεῖ νὰ φθάσει καὶ τὶς 2000 ἀτμόσφαιρες.

Ἡ χύτευση μὲ ἐγχυση εἶναι πολὺ ταχύτερη ἀπὸ τὴ μορφοποίηση ὑπὸ πίεση (παράγρ. 3.9.5(B)(2)). Μὲ διατήρηση τοῦ καλουπιοῦ σέ 75°C μέχρι 95°C εἶναι δυνατό νὰ ἐπιτύχομε 2 ἕως 6 κύκλους τῆς μηχανῆς χυτεύσεως μὲ ἐγχυση σέ κάθε πρῶτο λεπτό.

Μὲ τὴ μέθοδο αὐτὴ εἶναι δυνατὴ ἡ ἱκανοποιητικὴ παραγωγή πολυπλόκων κομματιῶν, ὅπως καὶ κομματιῶν μὲ λεπτὰ τοιχώματα (σχ. 3.9β). Οἱ ἀπώλειες ὕλικου θεωροῦνται ἀμελητέες, γιατί τὸ ἀχρηστο ὕλικό, καθότι θερμοπλαστικό, μπορεῖ νὰ ξαναχρησιμοποιηθεῖ.

Οἱ μηχανές χυτεύσεως πλαστικῶν μὲ ἐγχυση λειτουργοῦν ὑδραυλικῶς καὶ προδιαγράφονται ἀπὸ τὸ ὀνομαστικό φορτίο ἐγχύσεως σέ τόννους καὶ ἀπὸ τὸ βάρος, σέ κρ ἢ γ, τοῦ πλαστικοῦ, πού ἐγχύνεται σέ κάθε κύκλο. Τὸ ὀνομαστικό φορτίο ἐγχύσεως κυμαίνεται ἀπὸ 50 ἕως 2500 τόννους καὶ τὸ βάρος τοῦ ὕλικου ἀνά κύκλο ποικίλλει ἀπὸ 20g περίπου μέχρι 9κρ. Μία τέτοια μηχανὴ ἀπὸ τὶς πιὸ σύγχρονες καὶ τὶς πιὸ μεγάλες βλέπομε στὸ σχῆμα 3.9στ.

Ἡ χύτευση μὲ ἐγχυση μπορεῖ νὰ γίνῃ καὶ μὲ τὴ διαδικασία, πού εἰκονίζεται στὸ σχῆμα 3.9ζ, ὅπου τὴ θέση τοῦ ἐμβόλου ΣΤ (σχ. 3.9ε) τὴν παίρνει ὁ κοχλίας Α.



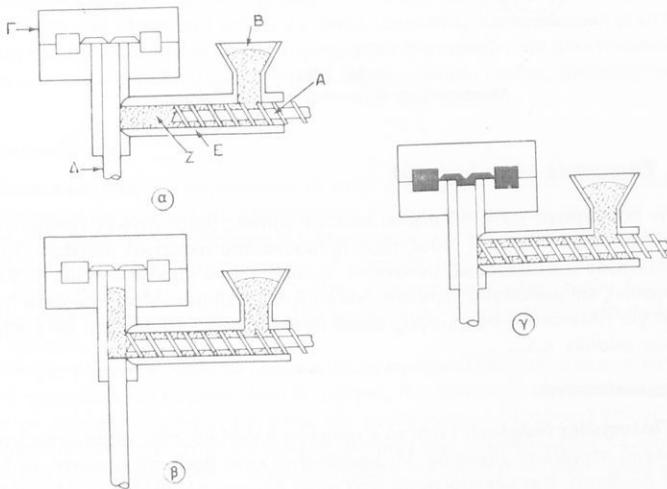
Σχ. 3.9στ.

Σύγχρονη μηχανὴ χυτεύσεως μὲ ἐγχυση μεγάλου μεγέθους. Ἐχει ὀνομαστικό φορτίο 2500 τόννων καὶ δυνατότητα μορφοποιήσεως 9 κρ ἀνά κύκλο.

5. Μορφοποίηση μὲ ἐμφύσηση.

Χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν παραγωγή κουτιῶν μὲ λεπτὰ τοιχώματα καὶ κοίλων ἐν γένει κομματιῶν ἀπὸ θερμοπλαστικά.

Τό πρὸς μορφοποίηση πλαστικό συνήθως σέ μορφή σωλήνα καί σέ κατάσταση πλαστικοποιήσεως τοποθετεῖται ἀνάμεσα στά δύο μέρη τοῦ καλουπιοῦ. Κατόπιν τό καλούπι κλείνει καί διοχετεύεται πεπιεσμένος ἀέρας στό ἐσωτερικό τοῦ σωλήνα. Τό πλαστικό τότε ἀναγκάζεται νά πάρει τήν ἐσωτερική μορφή τοῦ καλουπιοῦ.



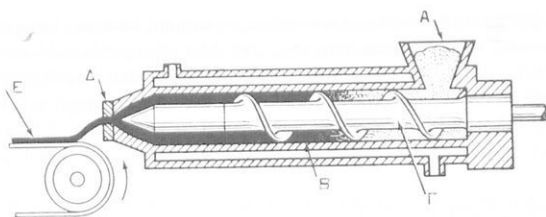
Σχ. 3.9ζ.

Σχηματικό διάγραμμα ἄλλης διαδικασίας μορφοποιήσεως θερμοπλαστικῶν με ἐγχυση: Α κοχλίας, Β τροφοδότης θερμοπλαστικῆς πρώτης ὕλης, Γ καλούπι, Δ ἐμβολο κινούμενο ὑδραυλικά, Ε θάλαμος θερμάνσεως, Ζ γέμισμα ἀπὸ πλαστικό.

6. Μορφοποίηση με διὼθηση.

Εἶναι δυνατό με τή μέθοδο αὐτή ἀπὸ θερμοπλαστικά (παράγωγα κυτταρίνης, πολυστυρένιο, πολυαιθυλένιο κ.ἄ.) νά παραχθοῦν προϊόντα με μεγάλο μήκος καί σταθερή διατομή σέ ἀπλό σχῆμα, τό ὁποῖο παίρνουν ἀπὸ τή μήτρα διωθήσεως (ράβδοι σέ διατομές με διάφορα σχήματα, σωλήνες κλπ).

Ἐνα σχηματικό διάγραμμα τῆς μορφοποιήσεως πλαστικῶν με διὼθηση βλέπομε στό σχῆμα 3.9η. Τό θερμοπλαστικό σέ μορφή σκόνης ἢ κόκκων πέφτει ἀπὸ τόν τροφοδότη Α στό θερμαινόμενο θάλαμο Β, ὅπου με τή βοήθεια τοῦ κοχλίου Γ προωθεῖται πρὸς ἀριστερά, ὅπου πλαστικοποιεῖται. Τό πλαστικοποιημένο τώρα ὑλικό πιεζόμενο ἀπὸ τόν κοχλίο ἀναγκάζεται νά περάσει ἀπὸ τό ἄνοιγμα τῆς μήτρας Δ. Καθὼς τό ὑλικό, μορφοποιημένο πλέον, βγαίνει ἀπὸ τή μήτρα, ἀποψύχεται με νερό ἢ ἀέρα καί σκληρύνεται προοδευτικά καθὼς ἀκούμπᾷ ἐπάνω στή μεταφορική ταινία Ε.



Σχ. 3.9η.

Μορφοποίηση θερμοπλαστικών με διώθηση.

3.9.6 Έφαρμογές των πλαστικών.

Στήν παράγραφο αυτή θα παρουσιάσουμε τυπικές βιομηχανικές εφαρμογές των πλαστικών, όπου έτοιμα ή μισοέτοιμα προϊόντα από πλαστικά [παράγρ. 3.9.5(Α)] υποκαθιστούν μηχανουργικά μεταλλικά προϊόντα, που παράγονται με τις γνωστές κατεργασίες και μεθόδους μορφοποίησής τους ή άλλα μη μεταλλικά προϊόντα (π.χ. μονωτικά για ηλεκτρικές εφαρμογές, υλικά άντοχης στη διάβρωση ή σε επιδράσεις χημικών ουσιών κ.ά.).

Α. Θερμοπλαστικά.

1. Πολυαμίδες (νάυλον). Είναι το κυριότερο πλαστικό, που χρησιμοποιείται στην κατασκευή στοιχείων μηχανών. Μορφοποιείται κατά βάση με χύτευση, με έγχυση και με διώθηση. Κατασκευάζονται από αυτό έδρανα όλισθήσεως, όδοντοτροχοί, ατέρμονες κοχλίες, κοχλίες, περικόχλια, ιμάντες, διάφορα περιβλήματα μηχανισμών, πτερωτές άνεμιστήρων, έλικες κ.ά.· επίσης σωλήνες, εξαρτήματα κουζίνας, όπως και εξαρτήματα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών κλπ.

2. Στερεές πολυουρεθάνες. Βρίσκουν παρόμοιες με τις πολυαμίδες εφαρμογές. Στη βιομηχανία αυτοκινήτων χρησιμοποιούνται στην κατασκευή καθισμάτων, καλυμμάτων χώρων αποσκευών κ.ά.

3. Πολυιμίδη. Έχει εξαιρετική άντοχή σε θέρμανση (μέχρι 400°C), χαμηλό συντελεστή τριβής και καλές ιδιότητες ηλεκτρικής μόνωσης. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή εδράνων όλισθήσεως, εδρών βαλβίδων, σωλήνων και διαφόρων ηλεκτρικών εξαρτημάτων.

4. Πολυπροπυλένιο. Μορφοποιείται με όλες τις μεθόδους μορφοποίησής για θερμοπλαστικά. Έχει εξαιρετες ιδιότητες για ηλεκτρική μόνωση, καλή δυσθραυστότητα και μηχανική άντοχή και άντοχή στη θέρμανση και σε προσβολές από χημικές ουσίες. Χρησιμοποιείται για είδη εργαστηρίου και νοσοκομείου, για παιχνίδια, κιβώτια ηλεκτρικών συσκευών, έπιπλα, ηλεκτρικές μόνώσεις, οικιακά σκεύη, κομμάτια μηχανών οικιακής χρήσεως κ.ά.

5. Πολυβινυλχλωρίδιο (PVC). Παρουσιάζει μεγάλη άντοχή στα διάφορα διαλυτικά και μορφοποιείται εύκολα με έμφυσηση και με χύτευση με έγχυση. Έφαρμόζεται στην κατασκευή σωλήνων, πλακών από λεπτά φύλλα, στη διακοσμητική, στη δομική, στη βιομηχανία αυτοκινήτων κλπ.

6. Άκετοβουτυρική κυτταρίνη. Χαρακτηρίζεται για τη χαμηλή της απορροφητική ικανότητα υγρασίας, για την καλή της δυσθραυστότητα και διαστατική ευστάθεια. Τυπικά προϊόντα της είναι: τροχοί όδηγήσεως αυτοκινήτων, ιμάντες, δίσκοι, κουμπιά διαφόρων οργάνων, σωλήνες για νερό και αέρια κλπ.

7. Πολυστερένιο. Ένδεικνυται για μορφοποίηση με διώθηση και για χύτευση με έγχυση. Παρουσιάζει άντοχή στο νερό και σε όρισμένες χημικές ουσίες. Έχει καλή ηλεκτρική μονωτική ικανότητα και ευστάθεια διαστάσεων. Είναι εξαιρετο υποκατάστατο του ελαστικού στις ηλεκτρικές μονώσεις. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή κιβωτίων συσσωρευτών, εξαρτημάτων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών, προτύπων (μοδέλλων) χυτηρίου, δοχείων συσκευασίας, οίκιακων σκευών κ.ά.

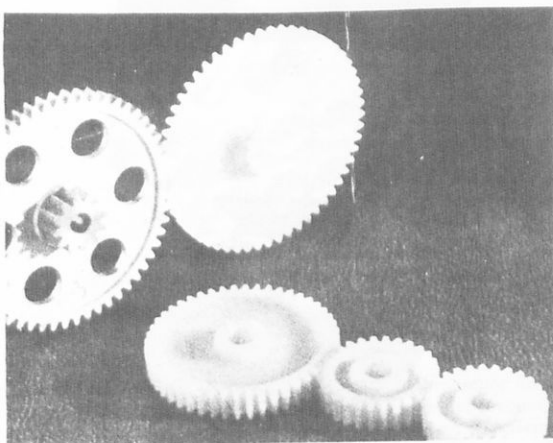
Β. Ντουροπλαστικά.

1. Φαινοπλαστικά. Χρησιμοποιούνται στην κατασκευή πλακών από λεπτά φύλλα, λειαντικών τροχών και για επικαλύψεις· επίσης για κουμπιά οργάνων, πλάκες ένδεικτικών οργάνων και εξαρτήματα ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών.

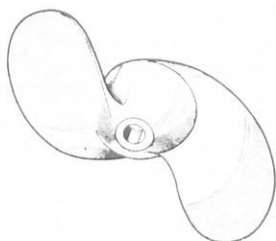
2. Άμινοπλαστικά. Διαμορφώνονται με χύτευση υπό πίεση και σύγχρονη έγχυση σε επιτραπέζια σκεύη, κουμπιά οργάνων, εξαρτήματα ηλεκτρικών διακοπών κλπ. Χρησιμοποιούνται επίσης και στην κατασκευή πλακών από λεπτά φύλλα ξύλου ή χαρτιού.

3. Έποξικές ρητίνες. Μαζί με υαλοβάμβακα εφαρμόζονται στην κατασκευή πλακών για τυπωμένα κυκλώματα, δοχεία, μητρες, ιδιοσυσκευές συγκρατήσεως κομματιών σε εργαλειομηχανές. Έξ αιτίας της άντοχής τους σε φθορά και σε κρούσεις, χρησιμοποιούνται στην κατασκευή μητρών για διαμορφώσεις ελασμάτων.

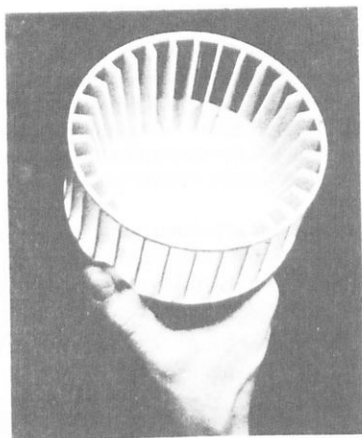
Στο σχήμα 3.9θ φαίνονται τυπικές εφαρμογές πλαστικών σε μηχανολογικές κατασκευές.



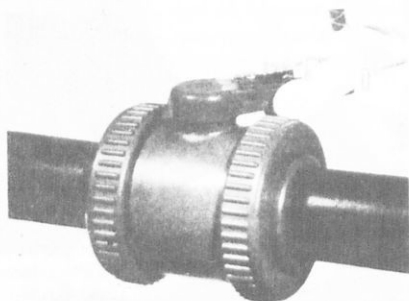
(α)



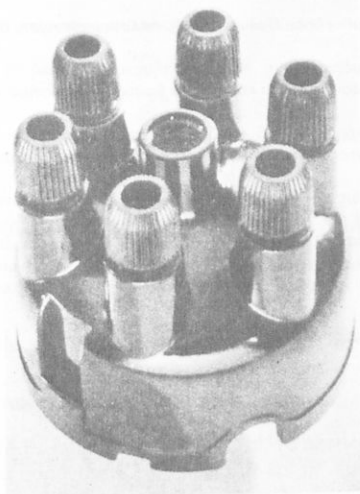
β



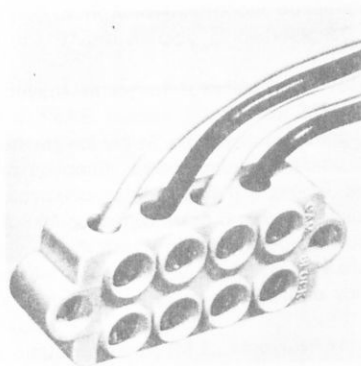
γ



δ



(ε)



(στ)

Σχ. 3.9θ.

Άντιπροσωπευτικές εφαρμογές των πλαστικών σε μηχανολογικές κατασκευές: (α) Όδοντοτροχοί από πολυαμίδη (νάυλον). (β) Έλικα εξωλέμβιας μηχανής από πολυαμίδη. (γ) Φτερωτή μικρού φυσητήρα από άκετάλη χυτευμένη με έγχυση. (δ) Βαλβίδα χυτευμένη με έγχυση. (ε) Κάλυμμα διανομέα βενζινοκινητήρα αυτοκινήτων χυτευμένο από φαινοπλαστικά. (στ) Κουτί ηλεκτρικών άκροδεκτών από πολυανθρακικές ενώσεις.

3.9.7 Έρωτήσεις.

1. Τί σημαίνουν οι ακόλουθοι όροι: *Πολυμερισμός, πολυσυμπύκνωση, θερμοπλαστικό, ντουροπλαστικό;*
2. Πόσων ειδών μεγαλομόρια έχουμε; Νά παραστήσετε σχηματικά τη δομή του κάθε είδους.
3. Ποιά είναι τα κύρια πλεονεκτήματα και ποιά τα βασικά μειονεκτήματα των πλαστικών ως μηχανουργικών υλικών;
4. Νά αναφέρετε δύο θερμοπλαστικά και δύο ντουροπλαστικά.
5. Νά περιγράψετε, δίνοντας και την απαραίτητη σχηματική παράσταση, τη μορφοποίηση πλαστικών υπό πίεση.
6. Νά κάνετε τό ίδιο, όπως και στο (5), για τη χύτευση θερμοπλαστικών με έγχυση.
7. Όμοίως, όπως στο (5) και για τη μορφοποίηση με διώθηση.
8. Ποιά πλαστικά είναι κατάλληλα για την κατασκευή: εδράνων ολισθήσεως, οδοντοτροχών, ιμάντων, πτερωτών ανεμιστήρων, ελίκων, εδρών βαλβίδων, σωλήνων, κιβωτίων συσσωρευτών, προτύπων (μοδέλλων) χυτηρίου, εξαρτημάτων ηλεκτρονικών συσκευών και μητρών;

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΚΟΠΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΟΠΗΣ

4.1 Πώς κατατάσσονται οι κατεργασίες κοπής.

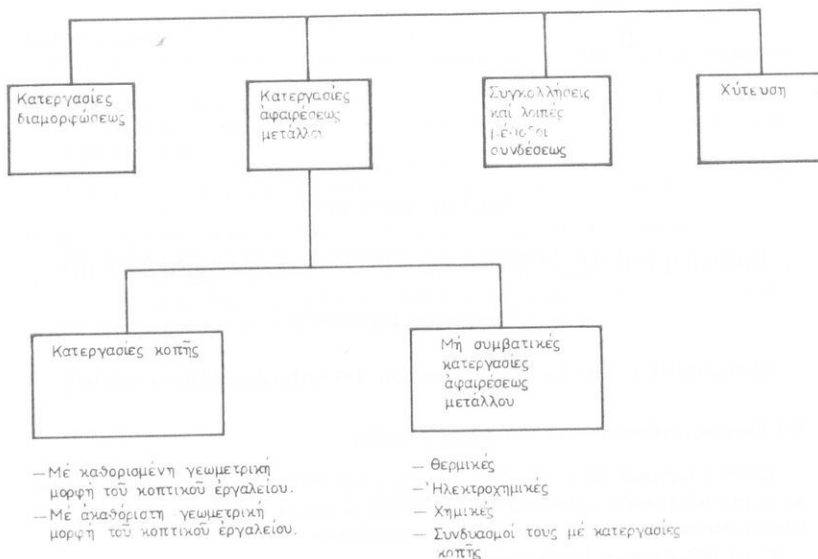
Όπως γνωρίζουμε (Μ.Ε., παράγρ. 2.1, σχ. 2.1α), τά ποικίλα βιομηχανικῶς χρήσιμα μεταλλικά προϊόντα παράγονται μέ κάποια (ή καί μέ συνδυασμό) ἀπό τίς ἀκόλουθες κατεργασίες καί μεθόδους μορφοποιήσεως:

- α) Τίς κατεργασίες διαμορφώσεως.
- β) Τίς κατεργασίες ἀφαιρέσεως μετάλλου.
- γ) Τίς συγκολλήσεις μαζί μέ τίς λοιπές μεθόδους συνδέσεως μεταλλικῶν κομματιῶν, ὅπως εἶναι οἱ κοχλιοσυνδέσεις, οἱ ἠλώσεις κ.ἄ. καί
- δ) τή χύτευση.

Μέ τή χύτευση, τίς συγκολλήσεις καί τίς μεθόδους συνδέσεως μεταλλικῶν κομματιῶν ἀσχοληθήκαμε στό Μ.Ε. (κεφάλ. 20, 21, καί 22). Ἐπίσης μιλήσαμε γιά τίς κατεργασίες διαμορφώσεως καί γιά τίς κατεργασίες κοπῆς (ὑπάγονται στή γενικότερη κατηγορία τῶν κατεργασιῶν ἀφαιρέσεως μετάλλου, σχ. 4.1), ὅπως ὁμως αὐτές ἐκτελοῦνται μέ ἐργαλεῖα καί μέ μέσα τοῦ χεριοῦ, μιλήσαμε διεξοδικά στό Μ.Ε. Στή συνέχεια τοῦ βιβλίου αὐτοῦ, μετά ἀπό μιά εἰσαγωγή στίς γενικές ἀρχές τῆς κοπῆς τῶν μετάλλων καί τῆς δομῆς τῶν ἐργαλειομηχανῶν κοπῆς, θά συνεχίσουμε μέ τήν ἐξέταση βασικῶν κατεργασιῶν κοπῆς καί τῶν συναφῶν ἐργαλειομηχανῶν. Συγκεκριμένα θά ἀσχοληθοῦμε μέ τό τρυπάνισμα καί τά δράπανα καί μέ τό πλάνισμα καί τίς πλάνες.

Μέ τίς κατεργασίες διαμορφώσεως (Μ.Ε., εἰσαγωγή τέταρτου μέρους) μορφοποιῦμε μεταλλικά κομμάτια μέ τή βοήθεια καταλλίλων πρὸς τοῦτο ἐργαλείων χωρίς πρακτικά νά ἀφαιροῦμε ὑλικό, ἐνῶ μέ τίς κατεργασίες ἀφαιρέσεως μετάλλου ἡ μορφοποίηση πραγματοποιεῖται μέ ἀφαίρεση ὑλικοῦ.

Οἱ κατεργασίες ἀφαιρέσεως μετάλλου ὁμαδοποιοῦνται σέ δύο κατηγορίες. Στήν πρώτη ἀνήκουν οἱ **κατεργασίες κοπῆς** καί στή δεύτερη ὑπάγονται οἱ λεγόμενες **μὴ συμβατικές κατεργασίες ἀφαιρέσεως μετάλλου**. Μέ τίς κατεργασίες κοπῆς δίνουμε τήν ἐπιθυμητή μορφή σέ ἓνα μεταλλικό κομμάτι ἀφαιρώντας τό ὑλικό πού πλεονάζει μηχανικά μέ τή βοήθεια τοῦ **κοπτικοῦ ἐργαλείου** (ἢ ἀπλῶς ἐργαλείου) (καί τῆς ἐργαλειομηχανῆς) σέ μορφή ἀποβλήτων (γρεζιῶν). Τό κοπτικό ἐργαλεῖο εἶναι δυ-



Σχ. 4.1.

Κατεργασίες και μέθοδοι μορφοποιήσεως μεταλλικών προϊόντων.

νατό νά έχει **γεωμετρικώς καθορισμένη μορφή**, όπως είναι τό εργαλείο τοννεύσεως [σχ. 4.3α(β)], ή φραιζα [σχ. 4.3στ(α),(γ)], τό τρυπάνι [σχ. 4.3β(β)] κ.ά. ή **γεωμετρικώς ακαθόριστη μορφή**, πράγμα πού συμβαίνει π.χ. στό λειαντικό τροχό [παράγρ. 4.3(ΣΤ), σχ. 4.3ζ]. Επίσης τό εργαλείο μπορεί νά έχει μία μόνο κύρια κόψη (εργαλείο τοννεύσεως) ή καί περισσότερες (τρυπάνι, φραιζα). Στίς μή συμβατικές μεθόδους αφαίρεσεως μετάλλου, ή μορφοποίηση του κομματιού πραγματοποιείται μέ αφαίρεση υλικού σέ τελική μορφή **τεμαχιδίων** μέ μή μηχανικές όμως μεθόδους (δηλαδή μέ θερμικές, ηλεκτροχημικές, χημικές ή συνδυασμούς τους μέ κατεργασίες κοπής).

Γενικά οί κατεργασίες κοπής συγκρινόμενες μέ τίς κατεργασίες διαμορφώσεως καί μέ τίς άλλες μεθόδους μορφοποιήσεως μεταλλικών προϊόντων μάς δίνουν τή μεγαλύτερη διστατική ακρίβεια καί ακρίβεια μορφής, όπως καί τήν καλύτερη τραχύτητα επιφάνειας, μέ αύξημένο όμως παραγωγικό κόστος.

Στήν πράξη εφαρμόζομε μεγάλη ποικιλία από κατεργασίες κοπής (όπως βέβαια καί από συναφείς εργαλειομηχανές).

Στόν Πίνακα 4.1.1 παραθέτομε ομαδοποιημένες τίς κυριότερες από τίς κατεργασίες κοπής καί τίς δυνατότητές τους νά παράγουν διάφορα είδη στοιχειωδών τεχνικών επιφανειών (επιπέδων, κυλινδρικών, ειδικής μορφής κλπ.). Έπί πλέον, στήν παράγραφο 4.3 θά μιλήσομε συνοπτικά γιά τίς βασικές κατεργασίες κοπής (τόρνευση, τρυπάνισμα, πλάνισμα, φραιζάρισμα καί λείανση).

ΟΙ κυριότερες καταργασίες κοπής και οι δυνατότητές τους στη μορφοποίηση τεχνικών επιφανειών

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.1.

Είδος καταργασμένης επιφάνειας		Επίπεδες επιφάνειες	Κυλινδρικές επιφάνειες	Επιφάνειες με ειδική μορφή	Σπειροειδείς επιφάνειες, (σπειρώματα), επιφάνειες κυκλικής (όδοντώσεις)
Βασική καταργασία κοπής	1. Τόρνευση (σχ. 4.3)	Μετωπική τόννευση	Διαμήκης τόννευση (έξωτερική ή εσωτερική)	Τόννευση μορφής, τόννευση αντίγραφής	Τόννευση σπειρωμάτων
	2. Τρυπάνισμα (διάτρηση) [σχ. 4.3β(α) (1)] και συναφείς καταργασίες:	—	Ανοιγμα ή διέγρυνση τρύπας	Τρυπάνισμα, γλύφανση	—
	α) Γλύφανση [σχ. 4.3β(α) (2)]	—	Γλύφανση	Εμβύθιση μορφής	—
	β) Εμβύθιση [σχ. 4.3β(α) (3)]	—	—	—	—
	γ) Έσωτερική σπειροτόμηση [σχ. 4.3β(α) (4)]	—	—	—	Κοπή έσωτερικών σπειρωμάτων με κατάλληλο σπειροτόμο
Καθορισμένη γεωμετρική μορφή του κοπτικού εργαλείου	3. Φραιζάρισμα (σχ. 4.3στ)	Φραιζάρισμα επιπέδων επιφανειών: περιφερικό (άντirroπο ή άμόχροπο), μετωπικό	—	Φραιζάρισμα μορφής (κοπή όδοντώσεων), φραιζάρισμα αντίγραφής	Φραιζάρισμα σπειρωμάτων
	4. Πλάνισμα (σέ ταχυτάνη ή σέ τραπεζοτάνη) (σχ. 4.3ν, 4.3δ)	Πλάνισμα επιπέδων επιφανειών	—	Πλάνισμα μορφής, πλάνισμα αντίγραφής	Κοπή όδοντώσεων
	5. Λείανση (σχ. 4.3η) και συναφείς καταργασίες:	Λείανση, χόνιγκ και λάμπινγκ επιπέδων επιφανειών	Λείανση, χόνιγκ και λάμπινγκ κυλινδρικών επιφανειών (έξωτερικών ή έσωτερικών)	Λείανση μορφής, λείανση αντίγραφής	Λείανση σπειρωμάτων και όδοντώσεων
Άκαθόριστη γεωμετρική μορφή του κοπτικού εργαλείου	α) Χόνιγκ [honing, σχ. 4.3θ(α)] β) Λάμπινγκ [lapping, σχ. 4.3θ(β)]	—	—	—	Λάμπινγκ όδοντώσεων

Οι μη συμβατικές κατεργασίες αφαίρεσεως μετάλλου έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια (καί συνεχώς τελειοποιούνται), για να καλύψουν τις όλοένα αυξανόμενες απαιτήσεις σε κατεργασία σκληρών μεταλλικών υλικών, όπως και κομματιών με πολύ περίπλοκες μορφές. Καί τοῦτο, γιατί οἱ γνωστές μας κατεργασίες κοπής ἢ ἀδυνατοῦν ἐντελῶς νά ἀνταποκριθοῦν σέ αὐτές τίς ἀπαιτήσεις ἢ ἀνταποκρινόμενες ἐπιβάλλουν ψηλό κόστος κατεργασίας.

Ἡ οἰκογένεια αὐτή τῶν νέων κατεργασιῶν περιλαμβάνει:

- α) Τήν ἀφαίρεση μετάλλου μέ ηλεκτρικό σπινθήρα (παράγρ. 4.4.1, σχ. 4.3ι).
- β) Τήν ηλεκτροχημική ἀφαίρεση μετάλλου (παράγρ. 4.4.2, σχ. 4.3ια).
- γ) Τήν ηλεκτρολυτική λείανση.
- δ) Τήν ἀφαίρεση μετάλλου μέ ὑπερήχους, μέ Laser, μέ Plasma, μέ δέσμη ηλεκτρονίων κ.ἄ.

4.2 Γενικά γιά τήν κινηματική τῶν κατεργασιῶν κοπῆς. Συνθήκες κατεργασίας ἢ κοπῆς.

Ἡ κάθε μία ἀπό τίς βασικές κατεργασίες κοπῆς (Πίνακας 4.1.1, παράγρ. 4.3) πραγματοποιεῖται σέ εἰδικά γι' αὐτή μελετημένη καί σχεδιασμένη **ἐργαλειομηχανή** (παράγρ. 4.3, 4.4, 4.5). Μία ἐργαλειομηχανή κοπῆς ἐκτελεῖ τίς ἀκόλουθες βασικές λειτουργίες:

α) Παρέχει τήν ἀναγκαῖα γιά τήν κατεργασία ἰσχύ, συνήθως μέ τή βοήθεια ἐνός κατάλληλου ηλεκτροκινητήρα (ἢ καί περισσοτέρων).

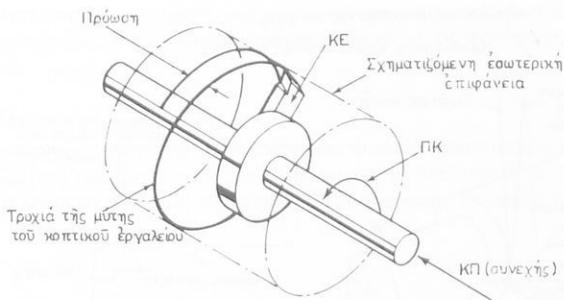
β) Διαθέτει μέσα γιά τή στερεή καί ἀσφαλῆ συγκράτηση τοῦ κοπτικού ἐργαλείου καί τοῦ κατεργαζόμενου κομματιοῦ καί ἐξασφαλίζει τή σωστή ἀρχική σχέση καί μεταξύ τους θέση καί

γ) ἐκτελεῖ καί ἐλέγχει τίς ἀπαραίτητες γιά τήν κατεργασία **βασικές κινήσεις**, ἀνάλογα μέ τήν **κινηματική** * τῆς κάθε κατεργασίας καί διατηρεῖται ἔτσι ἡ ὀρθή σχέση καί θέση τοῦ ἐργαλείου καί τοῦ κομματιοῦ καθ' ὅλη τή διάρκεια τῆς κατεργασίας. Ἡ κοπή λαμβάνει χώρα καί διατηρεῖται ὅταν τό κομμάτι κινεῖται σέ σχέση μέ τό ἐργαλεῖο πού βρίσκεται σέ τέτοια θέση, ὥστε νά διεισδύει στό κομμάτι.

Δύο εἶναι οἱ θεμελιώδεις κινήσεις στίς κατεργασίες κοπῆς, τίς ὁποῖες θά πρέπει νά μᾶς δίνει μέ ἀνάλογη κατά περίπτωση ἀκρίβεια ἡ ἐργαλειομηχανή κοπῆς: ἡ **πρωτεύουσα κίνηση** (Π.Κ.) καί ἡ **κίνηση προώσεως** (Κ.Π.) (σχ. 4.2α).

Πρωτεύουσα κίνηση εἶναι ἡ κύρια κίνηση, πού παρέχεται ἀπό τήν ἐργαλειομηχανή, μέ σκοπό τή δημιουργία σχετικῆς κινήσεως ἀνάμεσα στό κοπτικό ἐργαλεῖο καί στό κομμάτι ἔτσι, ὥστε ἡ κόψη τοῦ ἐργαλείου νά προσεγγίζει τό ὑλικό τοῦ κομματιοῦ. Συνήθως ἡ πρωτεύουσα κίνηση ἀπορροφᾷ τό μεγαλύτερο ποσοστό τῆς ἰσχύος, πού ἀπαιτεῖται γιά τήν κατεργασία.

Ἡ **κίνηση προώσεως** εἶναι μία κίνηση, πού μπορεῖ νά δοθεῖ ἀπό τήν ἐργαλειομηχανή εἴτε στό κοπτικό ἐργαλεῖο εἴτε στό κατεργαζόμενο κομμάτι. Ἡ κίνηση αὕτη συνδυαζόμενη μέ τήν πρωτεύουσα κίνηση ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα συνεχῆ ἢ διακοπόμενη (διαλείπουσα) ἀφαίρεση **ἀποβλήτου**, ἀρα καί τή **γένεση** τῆς κατεργασμένης ἐπιφάνειας τοῦ κομματιοῦ μέ τά ἐπιθυμητά γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Ἡ κίνηση προώσεως εἶναι δυνατό νά λαμβάνει χώρα συνεχῶς (ὅπως π.χ. στήν τόνρευση



Σχ. 4.2α.

Γένεση της κατεργασμένης επιφάνειας (έσωτερικής κυλινδρικής επιφάνειας) με συνδυασμό της πρωτεύουσας κινήσεως και της κινήσεως προώσεως κατά την έσωτερική τόννευση: (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτικό εργαλείο).

ση ή στο τρυπάνισμα) ή κατά βήματα, όπως στο πλάνισμα. Γι' αυτήν ξοδεύεται ένα μικρό ποσοστό από τη συνολική ισχύ, που χρειάζεται ή κατεργασία.

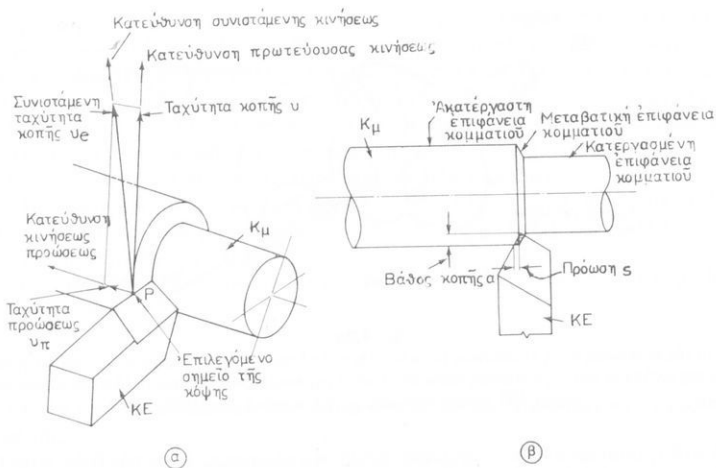
Στις διάφορες κατεργασίες κοπής, οι δύο αυτές βασικές κινήσεις εναλλάσσονται ανάμεσα στο κοπτικό εργαλείο και στο κομμάτι. Άλλοτε δηλαδή στο εργαλείο δίνεται η πρωτεύουσα κίνηση και η κίνηση προώσεως στο κομμάτι και άλλοτε γίνεται το αντίθετο. Αυτό θα το δούμε στην παράγραφο 4.3, όπου θα δώσουμε την κινηματική των κυριοτέρων κατεργασιών κοπής.

Με βάση αυτές τις δύο κινήσεις, δηλαδή την πρωτεύουσα κίνηση και την κίνηση προώσεως, μπορούμε τώρα να ορίσουμε δύο θεμελιώδεις παράγοντες της κοπής: την **ταχύτητα κοπής** και την **ταχύτητα προώσεως** (ή την **πρόωση**) (σχ. 4.2β).

Ταχύτητα κοπής v ονομάζουμε τη στιγμιαία ταχύτητα της πρωτεύουσας κινήσεως κάποιου σημείου Ρ της κόπης του εργαλείου, που επιλέγουμε, ως προς το κατεργαζόμενο κομμάτι. Τη μετρούμε συνήθως σε μέτρα ανά πρώτο λεπτό [m/min] για την τόννευση, τρυπάνισμα, πλάνισμα και φραιζάρισμα και σε μέτρα ανά δεύτερο λεπτό [m/s] για τη λείανση.

Ταχύτητα προώσεως v_p είναι η στιγμιαία ταχύτητα της συνεχούς κινήσεως προώσεως ενός σημείου Ρ της κόπης του εργαλείου ως προς το κομμάτι. Τη εκφράζουμε σε χιλιοστόμετρα ανά πρώτο λεπτό [mm/min]. Στη διακοπτόμενη κίνηση προώσεως δεν έχει νόημα ή ταχύτητα προώσεως.

Η πρόωση s ορίζεται ως η μετατόπιση του εργαλείου (ή του κομματιού) σχετικά προς το κομμάτι (ή το εργαλείο) στην κατεύθυνση της κινήσεως προώσεως σε μία περιστροφή ή μία ενεργό διαδρομή του κομματιού ή του εργαλείου. Στη διαμήκη τόννευση (σχ. 4.2ββ) π.χ. η πρόωση εκφράζεται ως η μετατόπιση του εργαλείου σε χιλιοστόμετρα κατά μήκος του άξονα του κομματιού (κατεύθυνση προώσεως) σε μία περιστροφή του κομματιού, δηλαδή σε mm/στρ., ενώ στο πλάνισμα σε ταχυπλάνη (σχ. 4.3γ), η πρόωση ορίζεται ως η μετακίνηση του κομματιού, σε χιλιοστόμετρα, κάθετα προς την παλινδρομική κίνηση του εργαλείου (πρωτεύουσα κίνηση) σε μία ενεργό διαδρομή του κομματιού (της τράπεζας της πλάνης), δηλαδή σε mm/ένεργό διαδρομή.



Σχ. 4.2β.

Πρωτεύουσα κίνηση, κίνηση προώσεως και συνθήκες κατεργασίας κατά τη διαμήκη τόννευση. (Κμ κομμάτι, ΚΕ κοπτικό εργαλείο).

Η ταχύτητα κοπής και η πρόωση μαζί με το **βάθος κοπής** a αποτελούν ό,τι ονομάζουμε **συνθήκες κατεργασίας** ή **συνθήκες κοπής**. Λέγοντας **βάθος κοπής** εννοούμε την απόσταση ανάμεσα στην ακατέργαστη και στην κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού ή το βάθος, στο οποίο θέλουμε να είσχωρήσει το εργαλείο μέσα στο υλικό του κομματιού [σχ. 4.2β(β)].

Από τώρα θα πρέπει να τονίσουμε εδώ ότι η κατάλληλη έκλογή των τιμών για τις συνθήκες κατεργασίας (v , s και a) κατά περίπτωση κατεργασίας έχει εξαιρετική σημασία στην όλη επιτυχία και αποδοτικότητα της κατεργασίας και στην έκμεταλ- λευση της εργαλειομηχανής, που χρησιμοποιούμε. Θα επανέλθουμε στις συνθήκες κατεργασίας στο Κεφάλαιο 5.

4.3 Οι κυριότερες κατεργασίες κοπής.

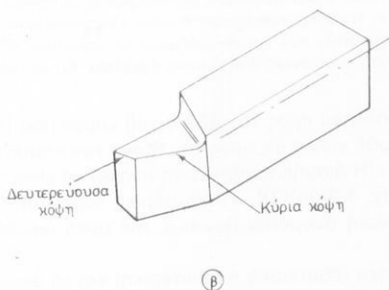
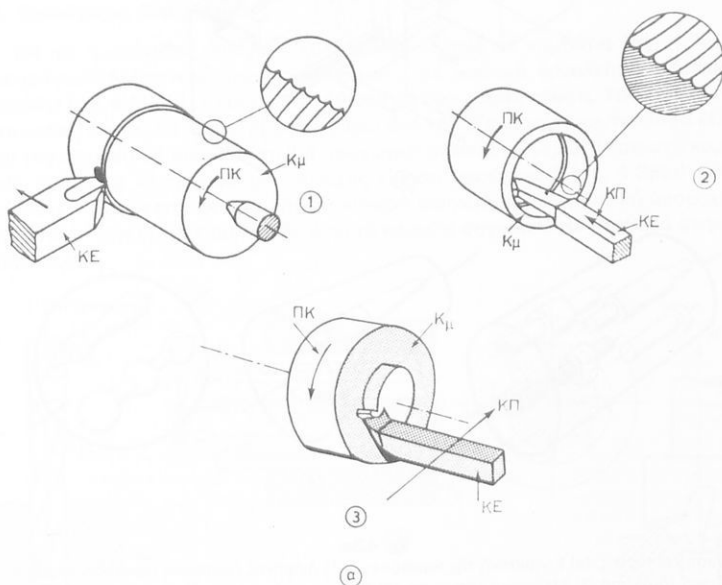
Πρίν να προχωρήσουμε στην ανάπτυξη των γενικών άρχων της κοπής των με- τάλλων (Κεφάλ. 5) και στη δομή των εργαλειομηχανών κοπής (Κεφάλ. 6), θεω- ρούμε σκόπιμο να αναφερθούμε εδώ, έντελώς συνοπτικά, στις βασικές κατεργα- σίες κοπής. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο μαθητής από το ένα μέρος θα μπορεί να έμ- πεδώσει τις έννοιες για την κινηματική των κατεργασιών, που δώσαμε στην προη- γούμενη παράγραφο και από το άλλο θα αποκτήσει παραστάσεις, που θα τον βοη- θήσουν γενικά στην κατανόηση των αντικειμένων, που θα ακολουθήσουν.

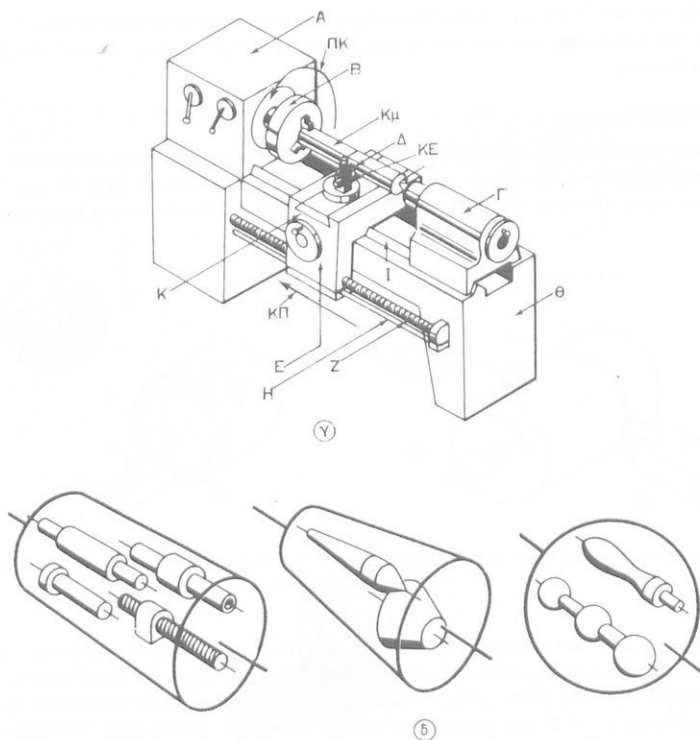
Για κάθε κατεργασία κοπής θα περιγράψουμε την κινηματική της και θα δώσουμε σχηματική παράσταση του εργαλείου και της εργαλειομηχανής, που χρησιμοποιού-

με γιά τήν ἐκτέλεσή της, παραθέτοντας καί τήν ἀπαραίτητη ὀνοματολογία. Ἐπί πλέον θά παρουσιάσομε καί τυπικά μορφοποιούμενα μέ τίς ἀντίστοιχες κατεργασίες κομμάτια.

A. Τόρνευση.

Κατά τήν τόρνευση τό κομμάτι ἐκτελεῖ περιστροφική πρωτεύουσα κίνηση [σχ. 4.3α(α)] γύρω ἀπό τόν ἀξονά του (ὀριζόντιο ὡς ἐπί τό πλεῖστο), ἐνῶ τό ἐργαλεῖο [μέ μία κύρια κόψη, σχ. 4.3α(β)] μετατοπίζεται εὐθύγραμμα συνεχῶς (συνεχῆς κί-





Σχ. 4.3α.

Τόρνευση καί τόρνος. (α) Κινηματική τής торνεύσεως: 1) Διαμήκης έξωτερική τόρνευση. 2) Διαμήκης έσωτερική τόρνευση. 3) Μετωπική τόρνευση. (β) Τό κοπτικό έργαλείο τής торνεύσεως. (γ) Σχηματική παράσταση όριζόντιου τόρνου: Α κεφαλή (κιβώτιο περιστροφικών ταχυτήτων καί κύρια άτρακτος), Β σφιγκτήρας κομματιών (τσόκ), Γ κεντροφορέας (κουκουβάνγια), Δ έργαλειοδέτης, Ε έργαλειοφορείο, Ζ κοχλίας σπειρωμάτων, Η ράβδος προώσεως, Θ κλίνη, Ι διαμήκης όλισθητήρας, Κ έγκάρσιος όλισθητήρας. (δ) Μορφές κομματιών πού κατασκευάζονται μέ τόρνευση. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτικό έργαλείο, Κμ κομμάτι).

νηση προώσεως) παράλληλα πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κομματιοῦ [διαμήκης τόρνευση, σχ. 4.3α(α)(1)] ἢ σὲ ὀρθή γωνία ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κομματιοῦ [μετωπική τόρνευση, σχ. 4.3α(α)(3)]. Ἡ διαμήκης τόρνευση μπορεῖ νὰ εἶναι ἔξωτερική [σχ. 4.3α(α)(1)] ἢ **έσωτερική** [σχ. 4.3α(α)(2)]. Ἡ έσωτερική τόρνευση εἶναι γνωστή καί ὡς **μπόριγκ** κατὰ τὴν ἀγγλική ὀνομασία (boring). Μὲ αὐτὴ διευρύνομε κυλινδρικές τρύπες ἢ κοῖλα.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὴ διαμήκη (έξωτερική ἢ έσωτερική) καί τὴ μετωπική τόρνευση συναντοῦμε στὴν πράξη καί εἰδικές περιπτώσεις торνεύσεως, ὅπως εἶναι ἡ κωνική

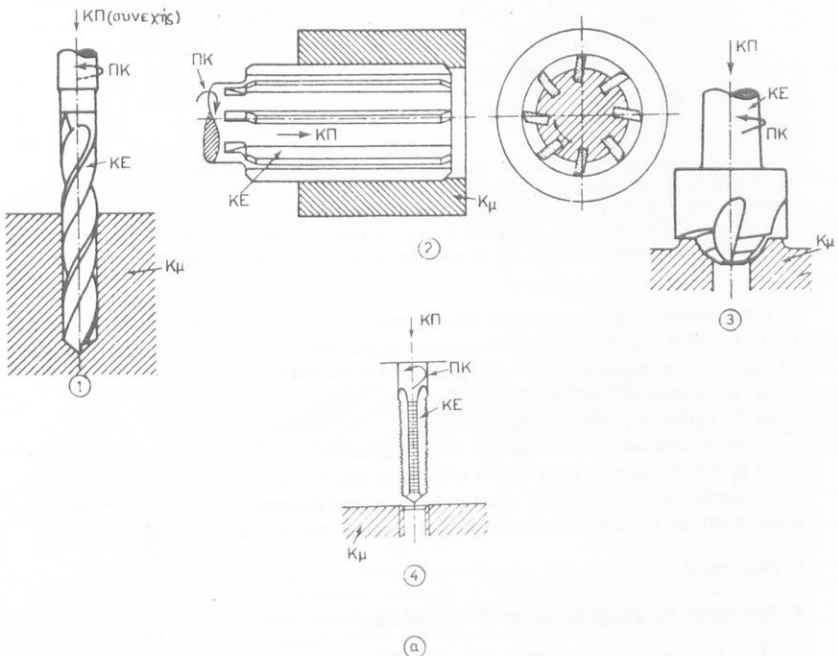
τόρνευση, ή τόρνευση μορφής, ή τόρνευση αντίγραφής καί ή τόρνευση σπειρωμάτων (Πίνακας 4.1.1).

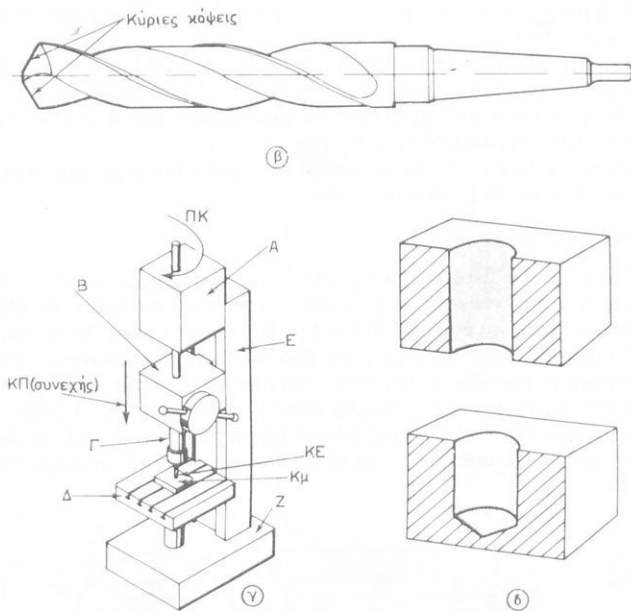
Η τόρνευση εκτελείται στο γνωστό μας **τόρνο** [σχ. 4.3α(γ)]. Το κομμάτι συγκρατείται μεταξύ σφιγκτήρα (τσόκ) Β καί κεντροφορέα (κουκουβάγιας) Γ, αν έχει μεγάλο μήκος (ή μόνο στο σφιγκτήρα αν είναι βραχύ) καί τό κοπτικό εργαλείο προσδένεται στον εργαλειοδέτη Δ του τόρνου.

Στό σχήμα 4.3α(γ) εικονίζεται σχηματικά ένας οριζόντιος μηχανουργικός τόρνος γενικής χρήσεως μέ τά βασικά του μέρη.

Β. Τρυπάνισμα (διάτρηση).

Μέ τό τρυπάνισμα ανοίγομε κυλινδρικές τρύπες σέ κομμάτια [σχ. 4.3β(δ)] ή διευρύνομε ή άποτελειώνομε υπάρχουσες, μέ κοπτικό εργαλείο, τό **έλικοειδές τρυπάνι** [σχ. 4.3β(β)], τό όποιο συνήθως έχει δύο κύριες κόψεις. Τό τρυπάνι γιά νά εργασθεΐ, πρέπει νά περιστρέφεται γύρω άπό τόν άξονά του (πρωτεύουσα κίνηση) καί ταυτόχρονα νά προωθείται (νά προχωρεί) άξονικά συνεχώς μέσα στό κομμάτι, πού πρόκειται νά τρυπήσομε (συνεχής κίνηση προώσεως) [σχ. 4.3β(α) (1)]. Τό τρυπάνι στερεώνεται μέ τή βοήθεια ειδικού σφιγκτήρα στην κωνική υποδοχή της άτράκτου Γ τής εργαλειομηχανής, ενώ τό κομμάτι συγκρατείται σταθερά στην τράπεζα της Δ.





Σχ. 4.3β.

Τρυπάνισμα (διάτρηση), συναφείς με αυτό κατεργασίες και δράπανο.

(α) Κινηματική: 1) Τρυπάνισματος, 2) Γλυφάνσεως, 3) Έμβυθίσεως, 4) Σπειροτομήσεως. (β) Τό έλικοειδές τρύπανο. (γ) Σχηματική παράσταση ενός δράπανου στήλης: Α σταθερή κεφαλή, Β ρυθμιζόμενη κεφαλή, Γ κύρια άτρακτος, Δ τράπεζα, Ε στήλη, Ζ βάση. (δ) Τρύπες που ανοίγονται με τρυπάνισμα. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτικό έργαλείο, Κμ κομμάτι).

Κατεργασίες παρόμοιες με τό τρυπάνισμα (κατεργασίες δηλαδή όπου χρειάζεται την τό κοπτικό έργαλείο νά περιστρέφεται γύρω από τόν άξονά του καί συγχρόνως νά προωθείται συνεχώς άξονικά) είναι οι άκόλουθες:

- α) Ή γλύφανση [σχ. 4.3β(α)(2)].
- β) Ή έμβύθιση [σχ. 4.3β(α)(3)].
- γ) Ή έσωτερική σπειροτόμηση [σχ. 4.3β(α)(4)].

Ή έργαλειομηχανή, στήν όποία γίνεται τό τρυπάνισμα καί οι συναφείς με αυτό κατεργασίες, πού άναφέρουμε, είναι τό γνωστό μας **δράπανο**, του όποιου σχηματική παράσταση με όνοματολογία τών κυρίων μερών του δίνομε στό σχήμα 4.3β(γ).

Γ. Πλάνισμα.

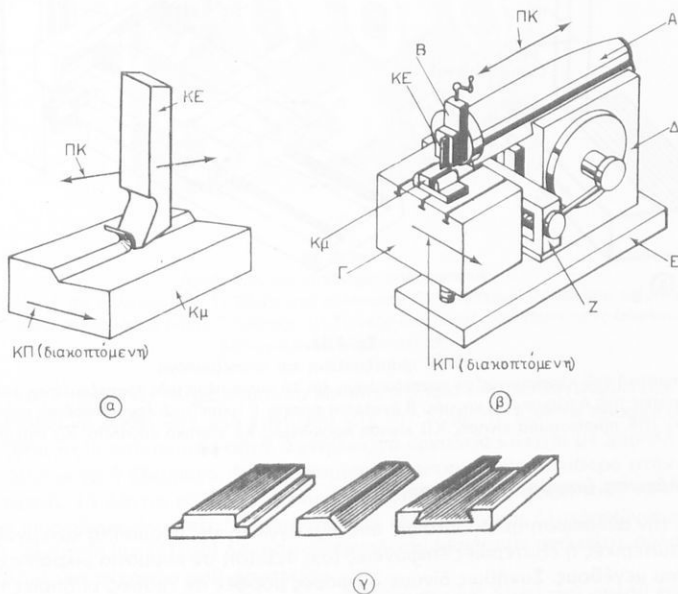
1. Πλάνισμα σέ βραχεία πλάνη ή ταχυπλάνη.

Είναι κατεργασία πού χρησιμοποιείται στή μορφοποίηση επιπέδων επιφανειών

κομματιών μέ μικρό σχετικά μήκος καί σέ μικρό αριθμό.

Κατά τό πλάνισμα αυτό [σχ. 4.3γ(α)] τό κοπτικό έργαλείο (έργαλείο μέ μία κύρια κόψη) έκτελεί ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση (πρωτεύουσα κίνηση). Κάθε παλινδρόμηση (ένας πλήρης κύκλος έργασίας) περιλαμβάνει μία **ένεργό διαδρομή** (πρός τά έμπρός), κατά τήν όποία τό έργαλείο κόβει, καί μία **νεκρή διαδρομή** (πρός τά πίσω) γιά τήν έπιστροφή του έργαλείου στήν άρχική του θέση. Τό κομμάτι, στό τέλος κάθε νεκρής διαδρομής του κοπτικού έργαλείου, προωθείται κάθετα προς τήν κατεύθυνση τής κινήσεως του έργαλείου κατά άπόσταση ίση μέ τήν πρόωση (χιλιοστόμετρα ανά ένεργό διαδρομή του έργαλείου). Έδω πρέπει νά σημειώσουμε ότι, αντίθετα μέ ό,τι συμβαίνει στήν τόννευση καί στό τρυπάνισμα πού εξέτάσαμε μέχρι τώρα, ή πρόωση κατά τό πλάνισμα (είτε αυτό γίνεται σέ βραχεία πλάνη είτε σέ τραπεζοπλάνη, όπως θά δοϋμε άμέσως παρακάτω) επιβάλλεται κατά βήματα ή κίνηση δηλαδή τής προώσεως είναι **διακοπτόμενη**.

Στό σχήμα 4.3γ(β) εικονίζεται σχηματικά μία βραχεία πλάνη. Τό έργαλείο προσδένεται στόν έργαλειοδέτη τής πλάνης καί τό κομμάτι συγκρατείται στήν τράπεζα



Σχ. 4.3γ.

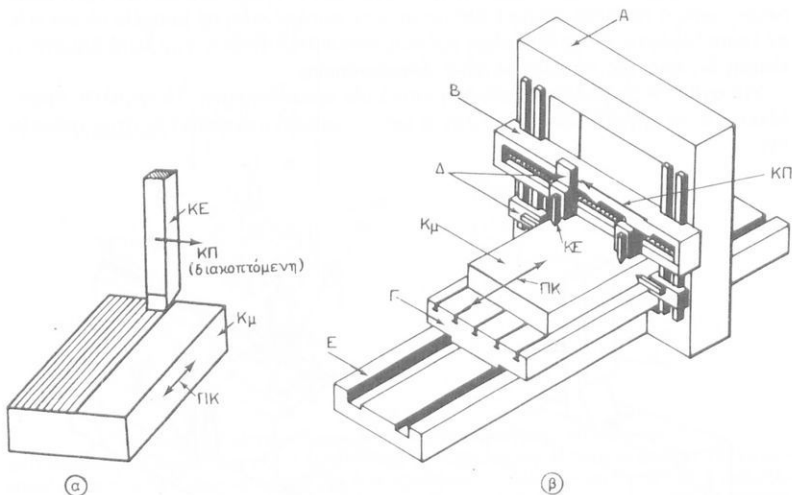
Πλάνισμα σέ βραχεία πλάνη ή ταχυπλάνη καί βραχεία πλάνη.

(α) Κινηματική του πλάνισματος σέ βραχεία πλάνη. (β) Τά κύρια μέρη μιάς ταχυπλάνης καί οι κύριες κινήσεις της: Α έλκθρο, Β έργαλειοφορείο, Γ τράπεζα, Δ κορμός ή όρθοστάτης, Ε βάση, Ζ έγκάρσιο φορείο. (γ) Τυπικές επιφάνειες κομματιών πού μορφοποιούνται μέ πλάνισμα γενικά. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτικό έργαλείο, Κμ κομμάτι).

2. Πλάνισμα σέ τραπεζοπλάνη.

Τό πλάνισμα αυτό ένδεικνυται γιά τήν κατεργασία μεγάλων επίπεδων έπιφανειών. Έδω, αντίθετα μέ ό,τι συμβαίνει στό πλάνισμα στή βραχεία πλάνη [σχ. 4.3δ(α)], ή πρωτεύουσα κίνηση (εύθύγραμμη παλινδρομική κίνηση) δίνεται στό κομμάτι από τήν τράπεζα τής πλάνης, στήν όποία προσδένεται καί ή κίνηση προώσεως (διακοπτόμενη) στό έργαλειό (έργαλειό μέ μία κύρια κόψη), τό όποίο μετατοπίζεται κάθετα πρós τήν κατεύθυνση τής πρωτεύουσας κινήσεως.

Σχηματική παράσταση μις τραπεζοπλάνης δίνομε στό σχήμα 4.3δ(β).



Σχ. 4.36.

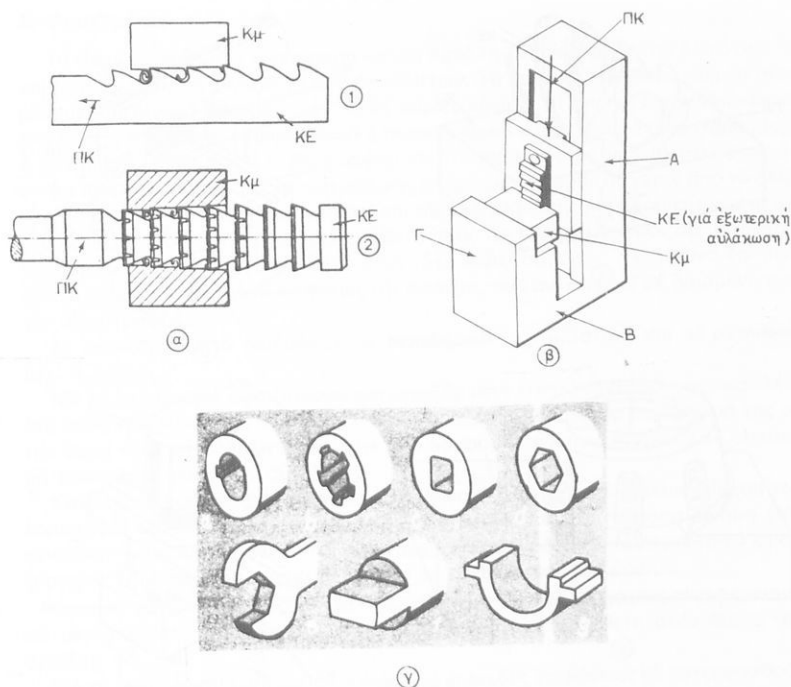
Πλάνισμα σέ τραπεζοπλάνη καί τραπεζοπλάνη.

(α) Κινηματική του πλάνισματος σέ τραπεζοπλάνη. (β) Τά κύρια μέρη μις τραπεζοπλάνης καί οι κύριες κινήσεις της: Α πλαισιωτός κορμός, Β έγκάρσιο φορείο, Γ τράπεζα, Δ έργαλειοφόρες κεφαλές, Ε βάση. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτικό έργαλειό, Κμ κομμάτι).

Δ. Αυλάκωση (μπρόδουσιγκ, *broaching*).

Μέ τήν αυλάκωση (μπρόδουσιγκ, από τήν άγγλική της όνομασία) κατεργαζόμαστε έσωτερικές ή έξωτερικές έπιφάνειες [σχ. 4.3ε(α)] σέ κομμάτια μικρού σχετικά ή μέσου μεγέθους. Συνήθως δίνομε διάφορες μορφές σέ τρύπες, οι όποιες προηγουμένως θά πρέπει νά άνοιχθοῦν μέ τρυπάνισμα ή έσωτερική τórνευση [σχ. 4.3ε(γ)].

Τό κοπτικό έργαλειό [σχ. 4.3.ε(α)] είναι έργαλειό μέ πολλές κύριες κόψεις (δόντια). Τό ύψος τών δοντιών από τόν άξονα του έργαλείου μεγαλώνει προοδευτικά από τό ένα άκρο πρós τό άλλο μέχρις ότου τελικά φθάσει εκείνο, πού άπαιτείται, γιά τή συγκεκριμένη μορφή τήν όποία έπιθυμοῦμε νά δώσομε στήν τρύπα ή στήν



Σχ. 4.3ε.

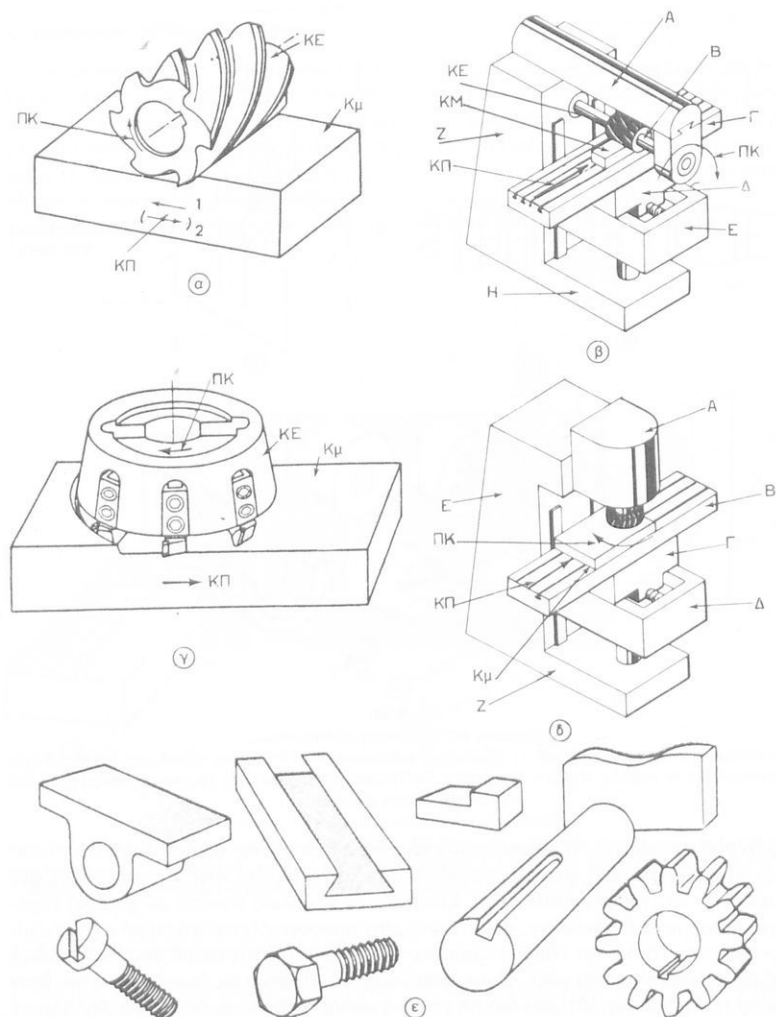
Αύλακωση και μηχανήμα αύλακώσεως.

(α) Κινηματική της αύλακώσεως: 1) Έξωτερική αύλακώση. 2) Έσωτερική αύλακώση. (β) Μηχανήμα αύλακώσεως: Α κορμός, Β βάση, Γ τράπεζα. (γ) Τυπικές έσωτερικές και έξωτερικές επιφάνειες που κατεργάζονται με αύλακώση.

έξωτερική επιφάνεια. Η πρωτεύουσα κίνηση, ή οποία είναι ευθύγραμμη [σχ. 4.3ε (α)], μπορεί να δοθεί είτε στο έργαλείο είτε στο κομμάτι. Κίνηση προώσεως δεν χρειάζεται στην κατεργασία αυτή. Συνήθως το έργαλείο κινείται με χαμηλή ταχύτητα ωθούμενο ή έλκόμενο, ενώ το κομμάτι προσαρμόζεται σταθερά στην εργαλειομηχανή. Τα δόντια κόβουν προοδευτικά, όταν έρθει ή σειρά τους να κόψουν και όχι συγχρόνως όλα μαζί. Η μορφοποίηση της επιφάνειας ολοκληρώνεται, όταν και τα τελευταία (ψηλότερα) δόντια του εργαλείου περάσουν από αυτή, δηλαδή σέ ένα ολόκληρο πέρασμα του εργαλείου.

Η αύλακωση ένδείκνυται μόνο γιά μαζική παραγωγή λόγω του ψηλού κόστους του κοπτικού εργαλείου. Μέ αυτή επιτυγχάνομε μεγάλη ακρίβεια και πολύ καλή τραχύτητα επιφάνειας μέσα σέ αρκετά μικρό χρόνο κατεργασίας.

Έκτελείται σέ ειδικά μηχανήματα αύλακώσεως [σχ. 4.3ε(β)], όπου ή απαιτούμενη δύναμη κοπής άσκέιται κυρίως ύδραυλικά. Μπορεί όμως νά επιβληθεί και μηχανικά.



Σχ. 4.3στ.

Τό φραιζάρισμα καί οἱ φραιζομηχανές.

(α) Κινηματική τοῦ περιφερικοῦ φραιζαρίσματος: 1) Ὁμόρροπο φραιζάρισμα. 2) Ἀντίρροπο φραιζάρισμα. (β) Τά κύρια μέρη μιάς ὀριζόντιας φραιζομηχανῆς: Α πρόβολος, Β ἐργαλειοφόρος ἀξονας, Γ τράπεζα, Δ ἀνώτερο φορεῖο, Ε κατώτερο φορεῖο, Ζ κορμός, Η βάση. (γ) Κινηματική τοῦ μετωπικοῦ φραιζαρίσματος. (δ) Τά κύρια μέρη μιάς κατακόρυφης φραιζομηχανῆς: Α ἐργαλειοφόρα κεφαλή, Β τράπεζα, Γ ἀνώτερο φορεῖο, Δ κατώτερο φορεῖο, Ε κορμός, Ζ βάση. (ε) Ἀντιπροσωπευτικά κομμάτια ποῦ παράγονται μέ φραιζάρισμα γενικά. [ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτική ἐργαλεῖο (φραιζα ἢ κοπήτρας), Κμ κομμάτι].

Ε. Φραιζάρισμα.

Τό φραιζάρισμα είναι κατεργασία κοπής, κατά την οποία αφαιρείται υλικό από τό κομμάτι υπό μορφή **μεμονωμένων** αποβλήτων. Τό κοπτικό εργαλείο, πού τό όνομάζουμε **κοπήρα** ή **φραίζα** έχει πολλές κύριες κόψεις, οι όποίες διαμορφώνονται στά δόντια πού φέρει περιφερειακά ή περιφερειακά καί μετωπικά ό κοπήρας [σχ. 4.3στ(α),(γ)]. Κάθε δόντι κόβει ένα ξεχωριστό απόβλιττο μέ μεταβλητό πάχος ύστερα από συνδυασμό τής περιστροφικής κινήσεως τής φραίζας γύρω από τό σταθερό άξονά τής (πρωτεύουσα κίνηση) καί τής ευθύγραμμης μεταφορικής κινήσεως του κομματιού (κίνηση προώσεως) κάθετα πρός τόν άξονα τής φραίζας. Ή κίνηση προώσεως είναι **συνεχής** καί κάθε δόντι δέν κόβει συνεχώς, αλλά μόνο επί όρισμένο μέρος τής περιόδου κινήσεως τής φραίζας, πού άντιστοιχεί σέ όρισμένη γωνία περιστροφής.

Τό φραιζάρισμα τό διακρίνομε σέ **περιφερικό** [σχ. 4.3στ(α)] καί σέ **μετωπικό** [σχ. 4.3στ(γ)].

Μέ τό περιφερικό φραιζάρισμα κατεργαζόμαστε επίπεδες επιφάνειες παράλληλες πρός τόν άξονα τής φραίζας. Ή φραίζα φέρει δόντια στην περιφέρεια τής μέ τήν κόψη τους παράλληλη (φραίζα μέ ίσια δόντια) ή υπό γωνία (φραίζα μέ έλικοειδή δόντια) ως πρός τόν άξονά τής.

Κατά τό περιφερικό φραιζάρισμα είναι δυνατό ή κίνηση προώσεως (κίνηση του κομματιού) νά είναι άντίρροπη ή όμόρροπη πρός τήν πρωτεύουσα κίνηση (τής φραίζας). Έτσι, διαμορφώνονται άντίστοιχα δύο μέθοδοι γιά τό περιφερικό φραιζάρισμα: τό **άντίρροπο** φραιζάρισμα καί τό **όμόρροπο** φραιζάρισμα.

Κατά τό μετωπικό φραιζάρισμα ή φραίζα έχει δόντια μέ κόψεις περιφερειακά καί μετωπικά καί ή κατεργασμένη επιφάνεια προκύπτει κάθετη στον άξονα τής φραίζας.

Μέ τό φραιζάρισμα μπορούμε, έκτός από επίπεδες επιφάνειες νά κατεργασθούμε καί διάφορες καμπύλες επιφάνειες μέ φραιζάρισμα μορφής καί άντιγραφής, όπως άκόμα νά κόψομε όδοντώσεις καί σπειρώματα (Πίνακας 4.1.1).

Γιά νά γίνει τό φραιζάρισμα, ή φραίζα προσδένεται στον εργαλειοφόρο άξονα τής φραιζομηχανής καί τό κομμάτι στην τράπεζά τής.

Τό περιφερικό φραιζάρισμα έκτελείται σέ όριζόντια φραιζομηχανή [σχ. 4.3στ(β)], ή όποία παίρνει αυτή τήν όνομασία από τό ότι ό εργαλειοφόρος άξονάς τής λαμβάνει όριζόντια θέση. Τό μετωπικό φραιζάρισμα γίνεται σέ κατακόρυφη φραιζομηχανή [σχ. 4.3στ(δ)], ή όποία φέρει κατακόρυφο εργαλειοφόρο άξονα. Μπορούμε όμως νά μετατρέψομε τήν όριζόντια φραιζομηχανή σέ κατακόρυφη προσθέτοντας ένα συγκρότημα, πού τό όνομάζομε **προβοσκίδα**.

ΣΤ. Λείανση.

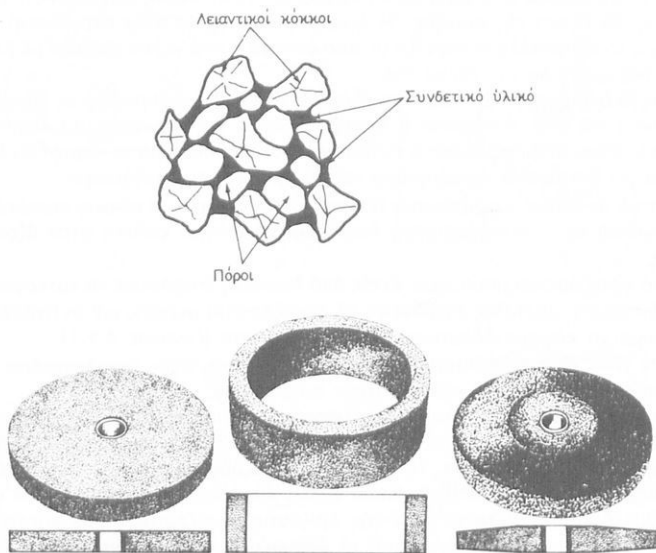
Ή λείανση είναι καί αυτή μία κατεργασία κοπής, όπου όμως τό κοπτικό εργαλείο

* Όταν λέμε **κινηματική** μιås κατεργασίας έννοοΰμε τήν παράσταση των κινήσεων, πού πρέπει νά κάνουν τό κοπτικό εργαλείο καί τό κομμάτι, γιά νά σχηματισθεΐ ή επιφάνεια, τήν όποία επιδιώκομε μέ τήν κατεργασία. Ή κινηματική τής τoρνεύσεως επί παραδείγματι εικονίζεται στο σχήμα 4.3α(α).

είναι έντελῶς διαφορετικό από τὰ έργαλεία πού έχομε συναντήσει μέχρι τώρα, δηλαδή τὰ έργαλεία με μία κύρια κόψη ή με περισσότερες καί με αύστηρά καθορισμένη γεωμετρική μορφή.

Τό έργαλειο της λείανσεως είναι ο **λειαντικός τροχός** ή **σμιριδοτροχός** (σχ. 4.3ζ).

Αποτελείται από πολλούς **λειαντικούς κόκκους** [είναι σκληροί καί εύθρυπτοι κόκκοι συνήθως από κορούνδιο (όξειδιο του άργιλίου) ή από καρβίδιο του πυριτίου], πού ένσωματώνονται για να αποτελέσουν τό λειαντικό τροχό με κάποιο κατάλληλο **συνδετικό μέσο**. Οι κόκκοι του λειαντικού τροχού είναι **στοιχειώδη κοπτικά έργαλεία** με άκαθόριστη όμως γεωμετρία, πού διατάσσονται τυχαία στην ένεργό έπιφάνεια (έκείνη την έπιφάνεια πού κόβει) του λειαντικού τροχού. Τούς λειαντικούς κόκκους του τροχού μπορούμε να τούς έξομοιώσομε με στοιχειώδη δόντια μιας φραίζας. Όπως τὰ δόντια μιας φραίζας έτσι καί οι κόκκοι ενός λειαντικού τροχού κόβουν επί μικρό μέρος της περιόδου περιστροφής του καί κάθε κόκκος, βγάζει ένα πολύ μικρό απόβλιπτο. Με τή λείανση, άκριβώς έξ αίτίας του κοπτικού έρ-



Σχ. 4.3ζ.
Ο λειαντικός τροχός.

γαλείου πού χρησιμοποιούμε καί των ψηλών ταχυτήτων κοπής πού εφαρμόζομε (30 ως 80 m/s άπέναντι 0,5 ως 4 m/s στις συνηθισμένες κατεργασίες κοπής), έπιτυγχάνομε μεγάλη άκρίβεια στις διαστάσεις καί στή μορφή των κομματιών, όπως καί πολύ καλή τραχύτητα έπιφάνειας. Κατά τή λείανση ο ρυθμός άφαιρέσεως μετάλλου είναι χαμηλός. Η λείανση γενικά χρησιμοποιείται για άποπεράτωση (φι-

νίρισμα) των κομματιών. 'Αποτελεί τή μοναδική κατεργασία κοπής γιά μορφοποίηση πολύ σκληρών υλικών (βαμμένα χαλυβοκράματα, σκληρομέταλλα κ.ά.).

Κατά τή λείανση ή πρωτεύουσα κίνηση (περιστροφική) δίνεται στο λειαντικό τροχό. Τό κομμάτι καί ὁ λειαντικός τροχός ἐκτελοῦν διάφορες εὐθύγραμμες κινήσεις ἀνάλογα μέ τό εἶδος τῆς λείανσεως, ὅπως βλέπομε στά σχετικά σχήματα.

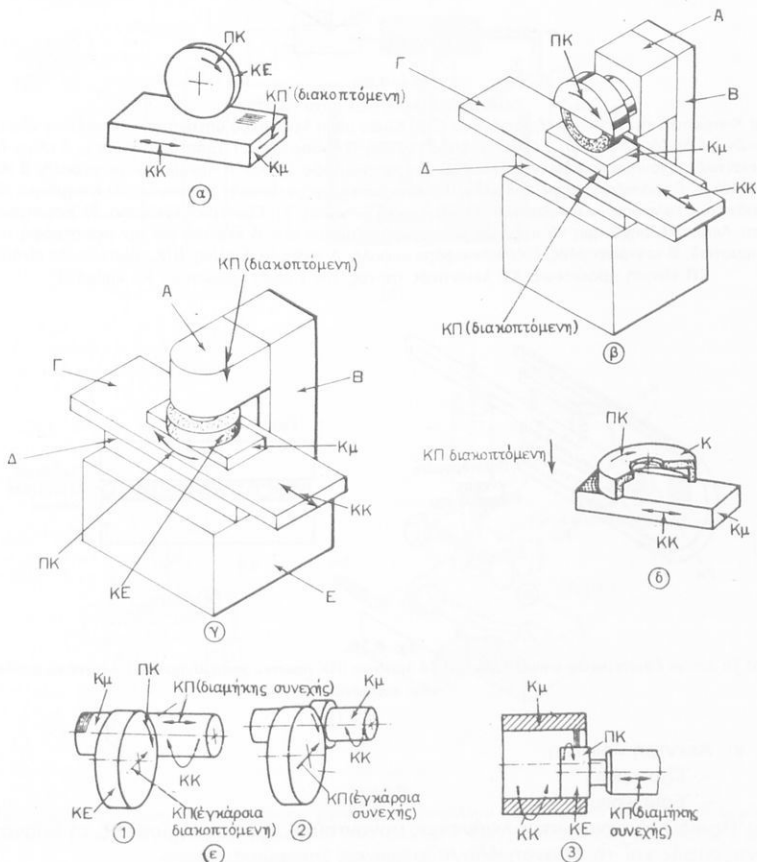
Διακρίνομε τά ἀκόλουθα εἶδη λείανσεως:

α) Λείανση ἐπιπέδων ἐπιφανειῶν:

- Περιφερική [σχ. 4.3η(α)].
- Μετωπική [σχ. 4.3η(δ)].

β) Λείανση κυλινδρικών ἐπιφανειῶν:

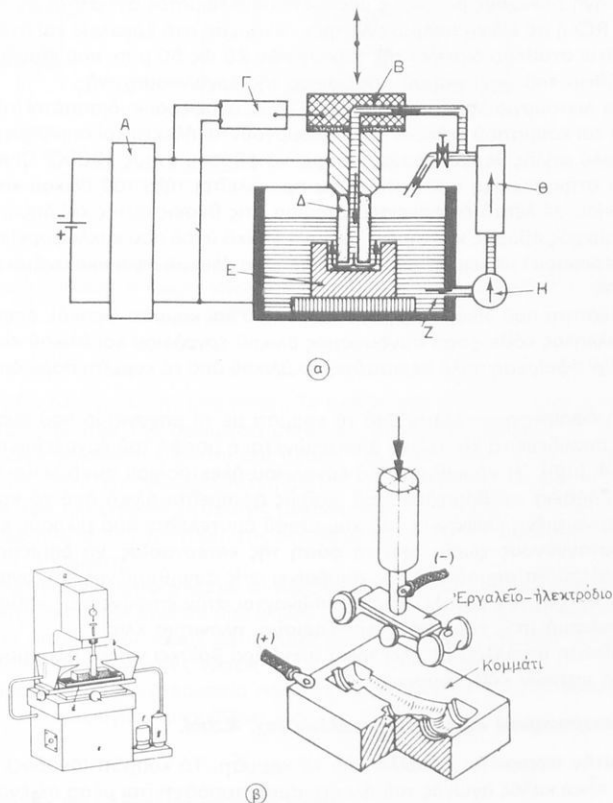
- Ἐξωτερική [σχ. 4.3η(ε)(1),(2)].
- Ἐσωτερική [σχ. 4.3η(ε)(3)].



Συναφείς προς τή λείανση κατεργασίες, είναι:

- α) Τό χόνιγκ (Honing) [σχ. 4.3θ(α)] όπου τό εργαλείο αποτελείται από λειαντικά ραβδία καί
- β) τό λάμπιγκ (Lapping) [σχ. 4.3θ(β)], κατά τό όποίο οί λειαντικοί κόκκοι χρησιμοποιούνται έλεύθεροι σέ κατάλληλο ύγρό ή λίπος.

Ή άκρίβεια κατεργασίας μεγαλώνει καί ή τραχύτητα έπιφάνειας καλυτερεύει όσο προχωρούμε από τή λείανση στό χόνιγκ καί στό λάμπιγκ.



Σχ. 4.3ι.

Σχηματική παράσταση τής κατεργασίας άφαιρέσεως μετάλλου μέ ηλεκτρικό σπινθήρα: Α μονάδα τροφοδοτήσεως, Β μηχανισμός προώσεως ηλεκτροδίου, Γ έλεγχος προώσεως, Δ εργαλείο - ηλεκτρόδιο, Ε κομμάτι, Ζ διηλεκτρικό, Η άντλία, Θ φίλτρο.

4.4 Δύο από τις κυριότερες μή συμβατικές κατεργασίες αφαίρεσας μετάλλου.

4.4.1 Αφαίρεση μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα.

Η σχηματική διάταξη της κατεργασίας αυτής εικονίζεται στο σχήμα 4.31(α). Το έργοιό στην επιθυμητή μορφή (άρνητικό ηλεκτρόδιο, π.χ. από χαλκό ή γραφίτη) προσαρμόζεται σε ειδική υποδοχή του μηχανισμού προώσεως της εργαλειομηχανής. Τό προς κατεργασία κομμάτι (θετικό ηλεκτρόδιο) προσδένεται κατάλληλα στην τράπεζα της εργαλειομηχανής. Καί τά δύο, δηλαδή τό έργοιό καί τό κομμάτι έμβαπτίζονται σέ λουτρό διηλεκτρικού ύγρου σέ κυκλοφορία καί συνδέονται σέ ηλεκτρική πηγή συνεχούς ρεύματος μέσω ενός κυκλώματος αντίστασας-πυκνωτή (κύκλωμα RC) ή σέ ειδική παλμογεννήτρια. Άνάμεσα στό έργοιό καί στό κομμάτι διατηρείται σταθερό διάκενο τής τάσεως τών 25 ως 50 μ m, πού έξασφαλίζεται μέ τή βοήθεια του μηχανισμού προώσεως τής εργαλειομηχανής.

Κατά τή λειτουργία του κυκλώματος RC πού αναφέραμε, διασπάται τό μεταξύ έργαλείου καί κομματιού διάκενο καί δημιουργούνται ηλεκτρικοί σπινθήρες. Έξ αίτίας τής πολύ ψηλής θερμοκρασίας (μπορεί νά φθάσει, στους 12000° C) πού αναπτύσσεται στην περιοχή κάθε σπινθήρα προκαλείται τήξη του ύλικού κομματιού καί έργαλείου σέ λεπτό έπιφανειακό στρώμα στίς θέσεις αυτές καί δημιουργείται έτσι ένας μικρός άβαθής κρατήρας. Τό διηλεκτρικό ύγρό πού κυκλοφορεί παρασύρει καί στερεοποιεί τό λειωμένο μέταλλο σέ τεμαχίδια μέ σφαιρικό σχήμα καί τά άπομακρύνει.

Η πολικότητα πού δίνουμε (έργαλείο-άρνητικό καί κομμάτι-θετικό), όπως ακόμα καί ο κατάλληλος κάθε φορά συνδυασμός ύλικού έργαλείου καί ύλικού κομματιού εύνοούν τήν άφαίρεση πολύ περισσότερο ύλικού από τό κομμάτι παρά από τό έργοιό.

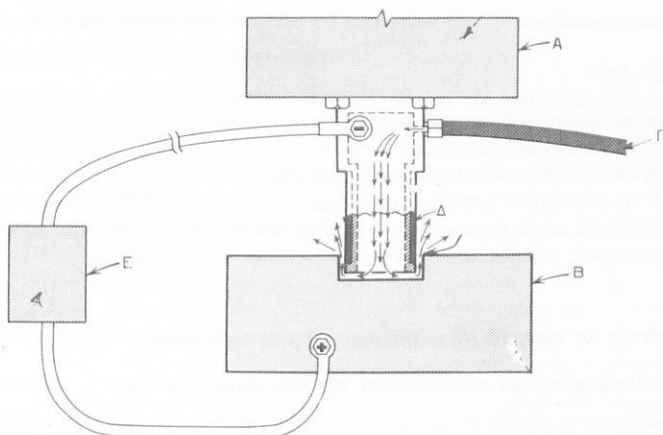
Έτσι, ή άφαίρεση μετάλλου από τό κομμάτι μέ τό μηχανισμό πού αναφέραμε προχωρεί προοδευτικά καί τελικά άποτυπώνεται ή μορφή του έργαλείου στο κομμάτι, [σχ. 4.31(β)]. Η προώθηση του έργαλείου-ηλεκτροδίου συντελείται αυτόματα μέ τή βοήθεια σερβομηχανισμού, καθώς άφαιρείται ύλικό από τό κομμάτι.

Η κατεργασμένη έπιφάνεια του κομματιού άποτελείται από μικρούς κρατήρες άτακτα διαταγμένους χωρίς, από τή φύση τής κατεργασίας, νά δημιουργούνται προσανατολισμένα σημάδια, όπως συμβαίνει στίς συννηθισμένες κατεργασίες κοπής, όπου τά ίχνη του έργαλείου άποτυπώνονται στην έπιφάνεια μέ καθορισμένο προσανατολισμό (π.χ. τόννευση, φραιζάρισμα, πλάνισμα κλπ.).

Η άφαίρεση μετάλλου μέ ηλεκτρικό σπινθήρα βρίσκει γενικά έφαρμογές στην κατασκευή μητρών κάθε φύσεως.

4.4.2 Ηλεκτροχημική άφαίρεση μετάλλου (σχ. 4.31α).

Κατ' αυτήν άφαιρείται μέταλλο από τό κομμάτι. Τό κομμάτι (άνοδος), πού θά πρέπει νά είναι καλός άγωγός του ηλεκτρισμού, τοποθετείται μέσα σέ ένα δοχείο, τό όποιο συγκρατείται στην τράπεζα τής συναφούς εργαλειομηχανής καί πού συνδέεται στο θετικό πόλο μιάς πηγής συνεχούς ρεύματος. Τό έργαλείο-ηλεκτρόδιο (κάθοδος) σέ σχήμα πού θά δώσει στο κομμάτι τήν επιθυμητή μορφή, προσδένεται στον έργαλειοδέτη τής εργαλειομηχανής καί συνδέεται μέ τόν άρνητικό πόλο τής ηλεκτρικής πηγής. Στο σχηματιζόμενο άνάμεσα στο έργαλείο καί στο κομμάτι



Σχ. 4.3ια.

Σχηματική παράσταση της ηλεκτροχημικής αφαίρεσως μετάλλου: Α κινητή πλάκα για την πρόωση του έργαλειού (κάθοδος), Β κομμάτι (άνοδος), Γ παροχή ηλεκτρολύτη, Δ έργαλειο, Ε ηλεκτρική πηγή συνεχούς ρεύματος.

διάκενο ρέει ηλεκτρολύτης υπό πίεση. Τό ρεύμα που διέρχεται στον ηλεκτρολύτη έχει ως αποτέλεσμα την αφαίρεση μετάλλου **ηλεκτρολυτικά** από τό θετικό ηλεκτρόδιο, δηλαδή από τό κομμάτι. Στίς θέσεις, όπου τό έργαλειο καί τό κομμάτι βρίσκονται πίο κοντά, ή παρουσιαζόμενη ηλεκτρική αντίσταση είναι πίο μικρή, άρα καί ή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος μεγαλύτερη. Καί έπειδή τό μέταλλο από τό κομμάτι αφαιρείται πίο γρήγορα στίς θέσεις αυτές, ή μορφή του έργαλειού αποτυπώνεται στό κομμάτι.

Ή κατεργασμένη έπιφάνεια μέ τή μέθοδο αυτή είναι έντελώς άπαλλαγμένη από έλαττώματα, πού προέρχονται από ψηλές θερμοκρασίες (όπως παρουσιάζονται σέ έπιφάνειες κατεργασμένες μέ κατεργασίες κοπής καί μέ ηλεκτρικό σπινθήρα), όπως καί από παραμένουσες τάσεις.

Έφαρμόζεται στήν κατεργασία πολύ σκληρών υλικών για τήν κατασκευή μηχανών γενικά, πτερυγίων στροβίλων κ.ά.

4.5 Κατάταξη των εργαλειομηχανών κοπής.

Τίς εργαλειομηχανές κοπής τίς κατατάσσομε μέ βάση τά ακόλουθα κριτήρια:

Α. Κατάταξη ως προς τό είδος της κατεργασίας.

Είναι ή κλασσική κατάταξη πού κάνομε στίς εργαλειομηχανές σύμφωνα μέ τή

βασική κατεργασία κοπής, γιά τήν όποία ή κάθε μία είναι μελετημένη καί σχεδιασμένη.

Έχομε έτσι:

α) Γιά τήν τόρνευση τόν **τόρνο**.

β) Γιά τό τρυπάνισμα τό **δράπανο**.

γ) Γιά τό πλάνισμα τήν **πλάνη**.

δ) Γιά τό φραιζάρισμα τή **φραιζομηχανή** καί

ε) γιά τή λείανση τό **λειαντικό μηχανήμα**.

Τίς κλασσικές αυτές εργαλειομηχανές είναι δυνατό νά τίς συναντήσομε είτε ως εργαλειομηχανές γενικής χρήσεως είτε ως ειδικές εργαλειομηχανές.

Β. Κατάταξη ως πρός τό είδος τής πρωτεύουσας κινήσεως.

1. Έργαλειομηχανές μέ περιστροφική τήν πρωτεύουσα κίνηση.

α) Τόρνοι:

— Όριζόντιοι (σχ. 1.1γ).

— Κατακόρυφοι.

— Πυργωτοί (ή ρεβόλβερ, μέ περιστρεφόμενο εργαλειοφορέα πολλών έργαλειών) ήμιαυτόματοι [σχ. 1.1θ(α)] ή αυτόματοι [σχ. 1.1θ(β)] [παράγρ. 4.5(ζ)], μονοάτρακτοι ή πολυάτρακτοι.

— Σπειροτομήσεως.

β) Δράπανα:

— Κατακόρυφα (συνήθη στήλης) [σχ. 1.1ε(α)].

— Όριζόντια.

— Άκτινωτά [ή ράντιαλ, σχ. 1.1ε(β)].

— Ημιαυτόματα (μονοάτρακτα ή πολυάτρακτα).

γ) Φραιζομηχανές:

— Όριζόντιες [σχ. 1.1δ(α)].

— Κατακόρυφες [σχ. 1.1δ(β)].

— Άντιγραφής (Παντογράφοι).

***δ) Φραιζοδράπανα* (σχ. 1.1στ).**

ε) Λειαντικά μηχανήματα:

— Έπιπέδων έπιφανειών (μέ παλινδρομούσα, σχ. 1.1η(α) ή μέ περιστρεφόμενη τράπεζα).

— Κυλινδρικών έπιφανειών [έξωτερικών, σχ. 1.1η(β) ή έσωτερικών].

— Άκεντρης λειάνσεως.

— Όδοντώσεων.

— Σπειρωμάτων.

— Ειδικά (π.χ. στροφαλοφόρων άξόνων).

— Τροχιστικά (κυρίως κοπτικών εργαλείων, σχ. 1.1β).

στ) Μηχανήματα χόνιγκ και λάμπιγκ.

ζ) Μηχανήματα αποξέσεως όδοντοτροχών.

η) Μηχανήματα κοπής όδοντώσεων (γρναζοκόπτες):

- Παραλλήλων όδοντωτών τροχών με ίσια ή έλικοειδή δόντια με τή μέθοδο χόμπιγκ (Hobbing: τό κοπτικό έργαλείο είναι ατέρμονας κοχλίας).
- Κωνικών όδοντοτροχών με ίσια δόντια και ύποειδών όδοντοτροχών.

θ) Μηχανήματα άποκοπής:

- Τόρνοι άποκοπής.
- Λειαντικά μηχανήματα άποκοπής.
- Περιστροφικά πριόνια.

2. Έργαλειομηχανές με εύθύγραμμη τήν πρωτεύουσα κίνηση.

α) Πλάνες:

- Όριζόντιες βραχείες πλάνες ή ταχυπλάνες [σχ. 1.1ζ(α)].
- Τραπεζοπλάνες (μέ ένα ή μέ δύο όρθοστάτες) [σχ. 1.1ζ(β)].
- Κατακόρυφες βραχείες πλάνες.

β) Μηχανήματα αύλακώσεως (μηχανήματα μπρόουτσιγκ) όριζόντια ή κατακόρυφα [σχ. 4.3ε(β)].

γ) Μηχανήματα κοπής όδοντώσεων (γρναζοκόπτες):

— Παραλλήλων όδοντοτροχών με ίσια ή έλικοειδή δόντια με τή μέθοδο Φέλλουους (Fellows: τό κοπτικό έργαλείο είναι όδοντοτροχός πού παλινδρομεϊ εύθύγραμμα) ή μέ τή μέθοδο Σάντερλαντ (Sunderland: τό κοπτικό έργαλείο είναι όδοντωτός κανόνας πού κάνει εύθύγραμμη παλινδρομική κίνηση).

- Κωνικών όδοντοτροχών με ίσια δόντια.

δ) Μηχανήματα άποκοπής:

- Παλινδρομικά πριόνια.

Γ. Κατάταξη ως προς τό βαθμό εξειδικεύσεως.

1. Έργαλειομηχανές γενικής χρήσεως. Όνομάζομε έτσι τίς έργαλειομηχανές, πού είναι κατασκευασμένες γιά νά έκτελουν ποικιλία από έργασίες τής κατηγορίας τους σέ ποικιλία από κομμάτια. Ένας συνήθης μηχανουργικός τόρνος είναι τυπική περίπτωση μιάς έργαλειομηχανής γενικής χρήσεως. Μπορούμε σ' αυτόν νά κατεργασθοΰμε έξωτερικές και έσωτερικές κυλινδρικές επιφάνειες, κωνικές επιφάνειες, νά κόψομε σπείρωμα κ.ά.

Χρησιμοποιούνται κυρίως στήν παραγωγή κατά μονάδα [παράγρ. 1.1.4(Α)] και κατά μικρές παρτίδες· επίσης και γιά έπισκευαστικές έργασίες.

2. Ειδικές έργαλειομηχανές ή έργαλειομηχανές ειδικής χρήσεως. Ειδικές ονομάζομε τίς έργαλειομηχανές, πού είναι κατασκευασμένες γιά νά έκτελουν άποκλειστικά και μόνο μία καθορισμένη έργασία. Ένας γρναζοκόπτης, ένα λειαντικό μηχάνημα όδοντώσεων ή ένας τόρνος γιά τήν τόνρευση έδράνων σέ μία μηχανή έσωτερικής καύσεως είναι τυπικά παραδείγματα ειδικών έργαλειομηχανών.

3. Αύστηρά εξειδικευμένες εργαλειομηχανές. Χαρακτηρίζονται έτσι οι εργαλειομηχανές που είναι μελετημένες μόνο για την εκτέλεση όρισμένης φάσεως κατεργασίας σέ όρισμένο κομμάτι.

Οι ειδικές καί οι αύστηρά εξειδικευμένες εργαλειομηχανές βρίσκουν εφαρμογή στην παραγωγή κατά παρτίδες μεγάλου μεγέθους καί στή μαζική παραγωγή.

4. Έργαλειομηχανές μεταφοράς [παράγρ. 1.1.4(γ)]. Είναί συγκροτήματα εργαλειομηχανών, όπου τό άκατέργαστο κομμάτι [π.χ. τό σώμα μιās μηχανής έσωτερικής καύσεως ή ένας μισόετοιμος (μετά από τήν καμίνευσή του) διωστήρας] μεταφερόμενο, κατεργαζόμενο καί έλεγχόμενο (όπου απαιτείται έλεγχος) από εργαλειομηχανή σέ εργαλειομηχανή λαμβάνεται τελικά έτοιμο. Τέτοια συγκροτήματα εργαλειομηχανών χρησιμοποιούνται στή ροϊκή παραγωγή.

Δ. Κατάταξη ανάλογα μέ τήν ακρίβεια κατεργασίας.

1. Έργαλειομηχανές συνήθους ακρίβειας.

2. Έργαλειομηχανές ακρίβειας.

3. Έργαλειομηχανές μεγάλης ακρίβειας καί

4. Έργαλειομηχανές ύψιστης ακρίβειας, στίς όποιες κατασκευάζονται κομμάτια για τίς εργαλειομηχανές (2) καί (3).

Ε. Κατάταξη ανάλογα μέ τή μορφή τών κατεργασμένων έπιφανειών.

1. Έργαλειομηχανές κατεργασίας έπιπέδων έπιφανειών, όπως π.χ. οι πλάνες, οι φραιζομηχανές, τά λειαντικά μηχανήματα έπιπέδων έπιφανειών κ.ά.

2. Έργαλειομηχανές κατεργασίας κυλινδρικών έπιφανειών, όπως είναί οι τόρνοι, τά δράπανα, τά λειαντικά μηχανήματα κυλινδρικών έπιφανειών κλπ.

3. Έργαλειομηχανές κατεργασίας έπιφανειών μέ είδική μορφή. Σ' αυτές άνήκουν οι γρναζοκόπτες, ή φραιζομηχανή άντιγραφής, τά λειαντικά μηχανήματα όδοντώσεων κ.ά.

ΣΤ. Κατάταξη ως πρός τό βάρος.

Μέ βάση τό κριτήριο αυτό διακρίνομε τίς εργαλειομηχανές σέ **έλαφρές** (συνήθως μέ βάρος μέχρι ένα τόννο), σέ **βαριές** (μέ βάρος άνω τών 10 τόννων) καί σέ εργαλειομηχανές **μέσου βάρους** (μέ βάρος άνω του ενός τόννου καί μέχρι 10 τόννων).

Ζ. Κατάταξη ως πρός τό βαθμό αυτόματισμού.

Έδώ διακρίνομε τίς εργαλειομηχανές σέ **κοινές, ήμιαυτόματες** καί **αυτόματες.**

Έμιαυτόματη όνομάζομε τήν εργαλειομηχανή εκείνη, στην οποία οι απαιτούμενες κινήσεις (πρωτεύουσες καί κινήσεις προώσεως, όπως καί όποιεσδήποτε άλλες βοηθητικές κινήσεις) για τήν κατεργασία ενός κομματιού γίνονται αυτόμάτως. Στο τέλος τής κατεργασίας του κομματιού ή εργαλειομηχανή σταματά αυτόμάτως καί για νά έπαναληφθεί ή κατεργασία άλλου όμοιου κομματιού, θά πρέπει νά άποσυρθεί από τήν εργαλειομηχανή τό έτοιμο κομμάτι, νά τοποθετηθεί τό άκατέργαστο καί νά ξεκινήσει έκ νέου ή εργαλειομηχανή.

Στήν αυτόματη έργαλειομηχανή, έκτός από τίς αυτόματες κινήσεις πού χαρακτηρίζουν τήν ήμιαυτόματη έργαλειομηχανή, επί πλέον καί ή άφαίρεση του έτοιμου κομματιού καί ή τοποθέτηση του άκατέργαστου γίνονται έπίσης; εϋτομάτως.

4.6 Έρωτήσεις.

1. Νά αναφέρετε τίς βασικές κατεργασίες καί μεθόδους μορφοποιήσεως μεταλλικών προϊόντων.
2. Ποιές είναι οι ουσιαστικές διαφορές ανάμεσα στις κατεργασίες κοπής καί στις κατεργασίες διαμορφώσεων των μετάλλων;
3. Νά δώσετε τήν εξήγηση σέ τρεις, κατά τήν έκλογή σας, από τους ακόλουθους όρους:
Πρωτεύουσα κίνηση μιάς κατεργασίας κοπής, κίνηση προώσεως, ταχύτητα κοπής, ταχύτητα προώσεως, πρόωση.
4. Τί έννοούμε όταν λέμε **συνθήκες κατεργασίας** (ή κοπής);
5. Νά περιγράψετε συνοπτικά μέ τή βοήθεια του άπαραίτητου σχεδιαγράμματος τίς εξής κατεργασίες:
α) Διαμήκης τόννευση καί β) τρυπάνισμα.
6. Όμοίως νά περιγράψετε, όπως στήν έρώτηση 5: α) Τό μετωπικό φραιζάρισμα καί β) τό πλάνισμα σέ τραπεζοπλάνη.
7. Νά κάμετε τό ίδιο, όπως στό (5) καί γιά τή λείανση εξωτερικών κυλινδρικών έπιφανειών.
8. Ποιές άνάγκες τής πράξεως δόδηγαν στήν ανάπτυξη των μή συμβατικών μεθόδων άφαίρέσεως μετάλλου;
9. Νά περιγράψετε σύντομα τήν άφαίρεση μετάλλου μέ ήλεκτρικό σπινθήρα δίνοντας συγχρόνως καί άπλό διάγραμμα τής.
10. Νά αναφέρετε δύο κατεργασίες, μέ τίς όποιες κατεργαζόμαστε έπίπεδες έπιφάνειες καί άλλες δύο, μέ τίς όποιες μορφοποιούμε κυλινδρικές (έξωτερικές ή έσωτερικές) έπιφάνειες.
11. Ποιό έργαλειό χαρακτηρίζομε ως έργαλειό μιάς κύριας κόψεως καί ποιό ως έργαλειό πολλών κυρίων κόψεων; Νά δώσετε παραδείγματα άντιστοίχων τέτοιων έργαλείων.
12. Πώς όμαδοποιούνται οι έργαλειομηχανές κοπής μέ βάση τό είδος τής κάθε κατεργασίας, πού έκτελείται σ' αυτές;
13. Ποιά έργαλειομηχανή ονομάζομε **γενικής χρήσεως** καί ποιά **είδική**; Νά δώσετε παραδείγματα έργαλειομηχανών γενικής χρήσεως καί είδικών έργαλειομηχανών.
14. Ποιά έργαλειομηχανή καλοϋμε ήμιαυτόματη καί ποιά αυτόματη;
15. Σέ ποιές έργαλειομηχανές έκτελούνται οι κατεργασίες πού θά δώσετε ως άπάντηση στήν έρώτηση (10).
16. Νά δώσετε δύο κατεργασίες σπειροτομήσεως, όποιες θέλετε, όπως καί δύο μεθόδους κοπής όδοντώσεων.
17. Σέ ποιές έργαλειομηχανές θά κάμετε άντίστοιχα τίς κατεργασίες, πού θά δώσετε ως άπάντηση στήν προηγούμενη έρώτηση (16);
18. Μιά έργαλειομηχανή ζυγίζει 15 τόννους. Άνήκει στις έλαφριές, στις βαριές ή στις μέσου βάρους έργαλειομηχανές;
19. Σέ ποιές κατηγορίες διακρίνομε τίς έργαλειομηχανές κοπής μέ κριτήριο τήν ακρίβεια κατεργασίας, πού μās δίνουν;
20. Συγκρίνοντας ένα κοπτικό έργαλειό τορνεύσεως καί ένα λειαντικό τροχό (καί αυτός, όπως γνωρίζομε, είναι κοπτικό έργαλειό), ποιές σημαντικές διαφορές μεταξύ τους βρίσκετε;
21. Νά δώσετε παραδείγματα τριών έργαλειομηχανών μέ περιστροφική τήν πρωτεύουσα κίνηση καί μιάς άλλης μέ εϋθύγραμμη τήν πρωτεύουσα κίνηση.

ΠΙΝΑΚΕΣ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ

Ημίτονο								
Μοίρες	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01454	0,01745	89
1	0,01745	0,02036	0,02327	0,02618	0,02908	0,03199	0,03490	88
2	0,03490	0,03781	0,04071	0,04362	0,04653	0,04943	0,05234	87
3	0,05234	0,05524	0,05814	0,06105	0,06395	0,06685	0,06976	86
4	0,06976	0,07266	0,07556	0,07846	0,08136	0,08426	0,08716	85
5	0,08716	0,09005	0,09295	0,09585	0,09874	0,10164	0,10453	84
6	0,10453	0,10742	0,11031	0,11320	0,11609	0,11898	0,12187	83
7	0,12187	0,12476	0,12764	0,13053	0,13341	0,13629	0,13917	82
8	0,13917	0,14205	0,14493	0,14781	0,15069	0,15356	0,15643	81
9	0,15643	0,15931	0,16218	0,16505	0,16792	0,17078	0,17365	80
10	0,17365	0,17651	0,17937	0,18224	0,18509	0,18795	0,19081	79
11	0,19081	0,19366	0,19652	0,19937	0,20222	0,20507	0,20791	78
12	0,20791	0,21076	0,21360	0,21644	0,21928	0,22212	0,22495	77
13	0,22495	0,22778	0,23062	0,23345	0,23627	0,23910	0,24192	76
14	0,24192	0,24474	0,24756	0,25038	0,25320	0,25601	0,25882	75
15	0,25882	0,26163	0,26443	0,26724	0,27004	0,27284	0,27564	74
16	0,27564	0,27843	0,28123	0,28402	0,28680	0,28959	0,29237	73
17	0,29237	0,29515	0,29793	0,30071	0,30348	0,30625	0,30902	72
18	0,30902	0,31178	0,31454	0,31730	0,32006	0,32282	0,32557	71
19	0,32557	0,32832	0,33106	0,33381	0,33655	0,33929	0,34202	70
20	0,34202	0,34475	0,34748	0,35021	0,35293	0,35565	0,35837	69
21	0,35837	0,36108	0,36379	0,36650	0,36921	0,37191	0,37461	68
22	0,37461	0,37730	0,37999	0,38268	0,38537	0,38805	0,39073	67
23	0,39073	0,39341	0,39608	0,39875	0,40142	0,40408	0,40674	66
24	0,40674	0,40939	0,41204	0,41469	0,41734	0,41998	0,42262	65
25	0,42262	0,42525	0,42788	0,43051	0,43313	0,43575	0,43837	64
26	0,43837	0,44098	0,44359	0,44620	0,44880	0,45140	0,45399	63
27	0,45399	0,45658	0,45917	0,46175	0,46433	0,46690	0,46947	62
28	0,46947	0,47204	0,47460	0,47716	0,47971	0,48226	0,48481	61
29	0,48481	0,48735	0,48989	0,49242	0,49495	0,49748	0,50000	60
30	0,50000	0,50252	0,50503	0,50754	0,51004	0,51254	0,51504	59
31	0,51504	0,51753	0,52002	0,52250	0,52498	0,52745	0,52992	58
32	0,52992	0,53238	0,53484	0,53730	0,53975	0,54220	0,54464	57
33	0,54464	0,54708	0,54951	0,55194	0,55436	0,55678	0,55919	56
34	0,55919	0,56160	0,56401	0,56641	0,56880	0,57119	0,57358	55
35	0,57358	0,57596	0,57833	0,58070	0,58307	0,58543	0,58779	54
36	0,58779	0,59014	0,59248	0,59482	0,59716	0,59949	0,60182	53
37	0,60182	0,60414	0,60645	0,60876	0,61107	0,61337	0,61566	52
38	0,61566	0,61795	0,62024	0,62251	0,62479	0,62706	0,62932	51
39	0,62932	0,63158	0,63383	0,63608	0,63832	0,64056	0,64279	50
40	0,64279	0,64501	0,64723	0,64945	0,65166	0,65386	0,65606	49
41	0,65606	0,65825	0,66044	0,66262	0,66480	0,66697	0,66913	48
42	0,66913	0,67129	0,67344	0,67559	0,67773	0,67987	0,68200	47
43	0,68200	0,68412	0,68624	0,68835	0,69046	0,69256	0,69466	46
44	0,69466	0,69675	0,69883	0,70091	0,70298	0,70505	0,70711	45
	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°	Μοίρες
Συνημίτονο								

Συνημίτονο								
Μοίρες	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	
0	1,00000	1,00000	0,99998	0,99996	0,99993	0,99989	0,99985	89
1	0,99985	0,99979	0,99973	0,99966	0,99958	0,99949	0,99939	88
2	0,99939	0,99929	0,99917	0,99905	0,99892	0,99878	0,99863	87
3	0,99863	0,99847	0,99831	0,99813	0,99795	0,99776	0,99756	86
4	0,99756	0,99736	0,99714	0,99692	0,99668	0,99644	0,99619	85
5	0,99619	0,99594	0,99567	0,99540	0,99511	0,99482	0,99452	84
6	0,99452	0,99421	0,99390	0,99357	0,99324	0,99290	0,99255	83
7	0,99255	0,99219	0,99182	0,99144	0,99106	0,99067	0,99027	82
8	0,99027	0,98986	0,98944	0,98902	0,98858	0,98814	0,98769	81
9	0,98769	0,98723	0,98676	0,98629	0,98580	0,98531	0,98481	80
10	0,98481	0,98430	0,98378	0,98325	0,98272	0,98218	0,98163	79
11	0,98163	0,98107	0,98050	0,97992	0,97934	0,97875	0,97815	78
12	0,97815	0,97754	0,97692	0,97630	0,97566	0,97502	0,97437	77
13	0,97437	0,97371	0,97304	0,97237	0,97169	0,97100	0,97030	76
14	0,97030	0,96959	0,96887	0,96815	0,96742	0,96667	0,96593	75
15	0,96593	0,96517	0,96440	0,96363	0,96285	0,96206	0,96126	74
16	0,96126	0,96046	0,95964	0,95882	0,95799	0,95715	0,95630	73
17	0,95630	0,95545	0,95459	0,95372	0,95284	0,95195	0,95106	72
18	0,95106	0,95015	0,94924	0,94832	0,94740	0,94646	0,94552	71
19	0,94552	0,94457	0,94361	0,94264	0,94167	0,94068	0,93969	70
20	0,93969	0,93869	0,93769	0,93667	0,93565	0,93462	0,93358	69
21	0,93358	0,93253	0,93148	0,93042	0,92935	0,92827	0,92718	68
22	0,92718	0,92609	0,92499	0,92388	0,92276	0,92164	0,92050	67
23	0,92050	0,91936	0,91822	0,91706	0,91590	0,91472	0,91355	66
24	0,91355	0,91236	0,91116	0,90996	0,90875	0,90753	0,90631	65
25	0,90631	0,90507	0,90383	0,90259	0,90133	0,90007	0,89879	64
26	0,89879	0,89752	0,89623	0,89493	0,89363	0,89232	0,89101	63
27	0,89101	0,88968	0,88835	0,88701	0,88566	0,88431	0,88295	62
28	0,88295	0,88158	0,88020	0,87882	0,87743	0,87603	0,87462	61
29	0,87462	0,87321	0,87178	0,87036	0,86892	0,86748	0,86603	60
30	0,86603	0,86457	0,86310	0,86163	0,86015	0,85866	0,85717	59
31	0,85717	0,85567	0,85416	0,85264	0,85112	0,84959	0,84805	58
32	0,84805	0,84650	0,84495	0,84339	0,84182	0,84025	0,83867	57
33	0,83867	0,83708	0,83549	0,83389	0,83228	0,83066	0,82904	56
34	0,82904	0,82741	0,82577	0,82413	0,82248	0,82082	0,81915	55
35	0,81915	0,81748	0,81580	0,81412	0,81242	0,81072	0,80902	54
36	0,80902	0,80730	0,80558	0,80386	0,80212	0,80038	0,79864	53
37	0,79864	0,79688	0,79512	0,79335	0,79158	0,78980	0,78801	52
38	0,78801	0,78622	0,78442	0,78261	0,78079	0,77897	0,77715	51
39	0,77715	0,77531	0,77347	0,77162	0,76977	0,76791	0,76604	50
40	0,76604	0,76417	0,76229	0,76041	0,75851	0,75661	0,75471	49
41	0,75471	0,75280	0,75088	0,74896	0,74703	0,74509	0,74314	48
42	0,74314	0,74120	0,73924	0,73728	0,73531	0,73333	0,73135	47
43	0,73135	0,72937	0,72737	0,72537	0,72337	0,72136	0,71934	46
44	0,71934	0,71732	0,71529	0,71325	0,71121	0,70916	0,70711	45
	60°	50	40	30	20	10°	0°	Μοίρες

Ημίτονο

Εφαπτομένη								
Μοίρες	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	
0	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01455	0,01746	89
1	0,01746	0,02036	0,02328	0,02619	0,02910	0,03201	0,03492	88
2	0,03492	0,03783	0,04075	0,04366	0,04658	0,04949	0,05241	87
3	0,05241	0,05533	0,05824	0,06116	0,06408	0,06700	0,06993	86
4	0,06993	0,07285	0,07578	0,07870	0,08163	0,08456	0,08749	85
5	0,08749	0,09042	0,09335	0,09629	0,09923	0,10216	0,10510	84
6	0,10510	0,10805	0,11099	0,11394	0,11688	0,11983	0,12278	83
7	0,12278	0,12574	0,12869	0,13165	0,13461	0,13758	0,14054	82
8	0,14054	0,14351	0,14648	0,14945	0,15243	0,15540	0,15838	81
9	0,15838	0,16137	0,16435	0,16734	0,17033	0,17333	0,17633	80
10	0,17633	0,17933	0,18233	0,18534	0,18835	0,19136	0,19438	79
11	0,19438	0,19740	0,20042	0,20345	0,20648	0,20952	0,21256	78
12	0,21256	0,21560	0,21864	0,22169	0,22475	0,22781	0,23087	77
13	0,23087	0,23393	0,23700	0,24008	0,24316	0,24624	0,24933	76
14	0,24933	0,25242	0,25552	0,25862	0,26172	0,26483	0,26795	75
15	0,26795	0,27107	0,27419	0,27732	0,28046	0,28360	0,28675	74
16	0,28675	0,28990	0,29305	0,29621	0,29938	0,30255	0,30573	73
17	0,30573	0,30891	0,31210	0,31530	0,31850	0,32171	0,32492	72
18	0,32492	0,32814	0,33136	0,33460	0,33783	0,34108	0,34433	71
19	0,34433	0,34758	0,35085	0,35412	0,35740	0,36068	0,36397	70
20	0,36397	0,36727	0,37057	0,37388	0,37720	0,38053	0,38386	69
21	0,38386	0,38721	0,39055	0,39391	0,39727	0,40065	0,40403	68
22	0,40403	0,40741	0,41081	0,41421	0,41763	0,42105	0,42447	67
23	0,42447	0,42791	0,43136	0,43481	0,43828	0,44175	0,44523	66
24	0,44523	0,44872	0,45222	0,45573	0,45924	0,46277	0,46631	65
25	0,46631	0,46985	0,47341	0,47698	0,48055	0,48414	0,48773	64
26	0,48773	0,49134	0,49495	0,49858	0,50222	0,50587	0,50953	63
27	0,50953	0,51320	0,51688	0,52057	0,52427	0,52798	0,53171	62
28	0,53171	0,53545	0,53920	0,54296	0,54673	0,55051	0,55431	61
29	0,55431	0,55812	0,56194	0,56577	0,56962	0,57348	0,57735	60
30	0,57735	0,58124	0,58513	0,58905	0,59297	0,59691	0,60086	59
31	0,60086	0,60483	0,60881	0,61280	0,61681	0,62083	0,62487	58
32	0,62487	0,62892	0,63299	0,63707	0,64117	0,64528	0,64941	57
33	0,64941	0,65355	0,65771	0,66189	0,66608	0,67028	0,67451	56
34	0,67451	0,67875	0,68301	0,68728	0,69157	0,69588	0,70021	55
35	0,70021	0,70455	0,70891	0,71329	0,71769	0,72211	0,72654	54
36	0,72654	0,73100	0,73547	0,73996	0,74447	0,74900	0,75355	53
37	0,75355	0,75812	0,76272	0,76733	0,77196	0,77661	0,78129	52
38	0,78129	0,78598	0,79070	0,79544	0,80020	0,80498	0,80978	51
39	0,80978	0,81461	0,81946	0,82434	0,82923	0,83415	0,83910	50
40	0,83910	0,84407	0,84906	0,85408	0,85912	0,86419	0,86929	49
41	0,86929	0,87441	0,87955	0,88473	0,88992	0,89515	0,90040	48
42	0,90040	0,90569	0,91099	0,91633	0,92170	0,92709	0,93252	47
43	0,93252	0,93797	0,94345	0,94896	0,95451	0,96008	0,96569	46
44	0,96569	0,97133	0,97700	0,98270	0,98843	0,99420	1,00000	45
60° 50° 40° 30° 20° 10° 0°								Μοίρες
Συνεφαπτομένη								

Συνεφαπτομένη								
Μοίρες	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	
0	∞	343,77371	171,88540	114,58865	85,93979	68,75009	57,28996	89
1	57 28996	49,10388	42,96408	38,18846	34,36777	31,24158	28,63625	88
2	28 63625	26,43160	24,54176	22,90377	21,47040	20,20555	19,08114	87
3	19 08114	18,07498	17,16934	16,34986	15,60478	14,92442	14,30067	86
4	14,30067	13,72674	13,19688	12,70621	12,25051	11,82617	11,43005	85
5	11,43005	11,05943	10,71191	10,38540	10,07803	9,78817	9,51436	84
6	9,51436	9,25530	9,00983	8,77689	8,55555	8,34496	8,14435	83
7	8,14435	7,95302	7,77035	7,59575	7,42871	7,26873	7,11537	82
8	7,11537	6,96823	6,82694	6,69116	6,56055	6,43484	6,31375	81
9	6,31375	6,19703	6,08444	5,97576	5,87080	5,76937	5,67128	80
10	5,67128	5,57638	5,48451	5,39552	5,30928	5,22566	5,14455	79
11	5,14455	5,06584	4,98940	4,91516	4,84300	4,77286	4,70463	78
12	4,70463	4,63825	4,57363	4,51071	4,44942	4,38969	4,33148	77
13	4,33148	4,27471	4,21933	4,16530	4,11256	4,06107	4,01078	76
14	4,01078	3,96165	3,91364	3,86671	3,82083	3,77595	3,73205	75
15	3,73205	3,68909	3,64705	3,60588	3,56557	3,52609	3,48741	74
16	3,48741	3,44951	3,41236	3,37594	3,34023	3,30521	3,27085	73
17	3,27085	3,23714	3,20406	3,17159	3,13972	3,10842	3,07768	72
18	3,07768	3,04749	3,01783	2,98869	2,96004	2,93189	2,90421	71
19	2,90421	2,87700	2,85023	2,82391	2,79802	2,77254	2,74748	70
20	2,74748	2,72281	2,69853	2,67462	2,65109	2,62791	2,60509	69
21	2,60509	2,58261	2,56046	2,53865	2,51715	2,49597	2,47509	68
22	2,47509	2,45451	2,43422	2,41421	2,39449	2,37504	2,35585	67
23	2,35585	2,33693	2,31826	2,29984	2,28167	2,26374	2,24604	66
24	2,24604	2,22857	2,21132	2,19430	2,17749	2,16090	2,14451	65
25	2,14451	2,12832	2,11233	2,09654	2,08094	2,06553	2,05030	64
26	2,05030	2,03526	2,02039	2,00569	1,99116	1,97680	1,96261	63
27	1,96261	1,94858	1,93470	1,92098	1,90741	1,89400	1,88073	62
28	1,88073	1,86760	1,85462	1,84177	1,82906	1,81649	1,80405	61
29	1,80405	1,79174	1,77955	1,76749	1,75556	1,74375	1,73205	60
30	1,73205	1,72047	1,70901	1,69766	1,68643	1,67530	1,66428	59
31	1,66428	1,65337	1,64256	1,63185	1,62125	1,61074	1,60033	58
32	1,60033	1,59002	1,57981	1,56969	1,55966	1,54972	1,53987	57
33	1,53987	1,53010	1,52043	1,51084	1,50133	1,49190	1,48256	56
34	1,48256	1,47330	1,46411	1,45501	1,44598	1,43703	1,42815	55
35	1,42815	1,41934	1,41061	1,40195	1,39336	1,38484	1,37638	54
36	1,37638	1,36800	1,35968	1,35142	1,34323	1,33511	1,32704	53
37	1,32704	1,31904	1,31110	1,30323	1,29541	1,28764	1,27994	52
38	1,27994	1,27230	1,26471	1,25717	1,24969	1,24227	1,23490	51
39	1,23490	1,22758	1,22031	1,21310	1,20593	1,19882	1,19175	50
40	1,19175	1,18474	1,17777	1,17085	1,16398	1,15715	1,15037	49
41	1,15037	1,14363	1,13694	1,13029	1,12369	1,11713	1,11061	48
42	1,11061	1,10414	1,09770	1,09131	1,08496	1,07864	1,07237	47
43	1,07237	1,06613	1,05994	1,05378	1,04766	1,04158	1,03553	46
44	1,03553	1,02952	1,02355	1,01761	1,01170	1,00583	1,00000	45
	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°	Μοίρες
Έφαπτομένη								

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΤΟ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΤΟ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ

1.1	Περιγραφή, οργάνωση και λειτουργία του μηχανουργείου	1
1.1.1	Πώς συγκροτείται το μηχανουργείο	1
1.1.2	Ποιός είναι ο εξοπλισμός του μηχανουργείου	4
1.1.3	Χωροταξική διάταξη του μηχανουργείου και διακίνηση των υλικών (μεταφορές)	5
1.1.4	Η εργασία στο μηχανουργείο	15
1.1.5	Ερωτήσεις	17
1.2	Ασφάλεια κατά την εργασία στο μηχανουργείο	18
1.2.1	Γενικά	18
1.2.2	Τα προστατευτικά μέτρα ή μέσα απέναντι στα ατυχήματα	18
1.2.3	Ερωτήσεις	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

2.1	Γενικά	23
2.2	Σύντομη επανάληψη της ύλης για τη μέτρηση διαστάσεων, που διδάχθηκε στο Μ.Ε. — Ερωτήσεις, Ασκήσεις	24
2.2.1	Επανάληψη της ύλης	24
2.2.2	Ερωτήσεις — Ασκήσεις	28
2.3	Πρότυπα μετρήσεως μηκών	30
2.3.1	Οι διάφορες στάθμες ή βαθμοί ακρίβειας	30
2.3.2	Πρωτότυπα για τη μέτρηση μηκών	31
2.3.3	Πρότυπα βιομηχανικά μήκη	33
2.3.4	Ερωτήσεις και ασκήσεις	47
2.4	Όργανα συγκρίσεως μηκών ή συγκριτές μηκών	48
2.4.1	Γενικά	48
2.4.2	Τό μετρητικό ρολόι	48
2.4.3	Ο επιτραπέζιος συγκριτής μηκών	55
2.4.4	Ο ηλεκτρικός συγκριτής μηκών	56
2.4.5	Ερωτήσεις	56
2.5	Όργανα για τον έλεγχο και τη μέτρηση γωνιών	56
2.5.1	Μονάδες μετρήσεως γωνιών	56
2.5.2	Έλεγχος γωνιών και συναφή όργανα έλεγχου	58
2.5.3	Μέτρηση γωνιών και συναφή όργανα μετρήσεως	63
2.5.4	Τριγωνομετρικός έλεγχος και μέτρηση γωνιών	68

2.5.5	Ερωτήσεις και ασκήσεις	73
2.6	Συναρμογές και άνοχες συναρμογών	74
2.6.1	Γενικά, βασικές ενώσεις και όρισμοί	74
2.6.2	Όμαδοποίηση των συναρμογών με κριτήριο την κατηγορία τους	82
2.6.3	Τό διεθνές σύστημα συναρμογών και άνοχων ISO	87
2.6.4	Σύνθετες άνοχες	94
2.6.5	Ερωτήσεις και ασκήσεις	98
2.7	Έλεγκτρες και εφαρμογές τους	100
2.7.1	Γενικά	100
2.7.2	Έλεγκτρες όριου ή έλεγκτρες μέγιστου-ελάχιστου	103
2.7.3	Μερικοί χρήσιμοι άπλοι ειδικοί έλεγκτρες	105
2.7.4	Ερωτήσεις	108
2.8	Έλεγχος και μέτρηση της τραχύτητας επιφάνειας	109
2.8.1	Γενικά	109
2.8.2	Προτυποποίηση της τραχύτητας επιφάνειας	112
2.8.3	Όργανα για τη μέτρηση και τον έλεγχο της τραχύτητας	120
2.8.4	Ερωτήσεις	124
2.9	Έλεγχος όριζοντιότητας, κατακορυφότητας, έπιπεδότητας και καθετότητας επιφανειών	125
2.9.1	Έλεγχος όριζοντιότητας και κατακορυφότητας	125
2.9.2	Έλεγχος της έπιπεδότητας και καθετότητας	129
2.9.3	Ερωτήσεις	131

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

3.1	Είσαγωγή. Ή όλη από τά μεταλλικά μηχανουργικά υλικά, πού διδάχθηκε στό Μ.Ε.	133
3.1.1	Γενικά	133
3.1.2	Σύντομη επανάληψη της όλης	134
3.1.3	Ερωτήσεις και ασκήσεις επάνω στην όλη του δεύτερου Κεφαλαίου του Μ.Ε.	136
3.2	Ή παρασκευή του χυτοσίδηρου και του χάλυβα	137
3.2.1	Πώς παρασκευάζεται ο πρωτογενής χυτοσίδηρος	137
3.2.2	Πώς παρασκευάζομε τό χάλυβα	138
3.2.3	Ερωτήσεις	142
3.3	Οί χάλυβες	142
3.3.1	Γενικά	142
3.3.2	Ή κρυσταλλική δομή των άνθρακούχων χαλύβων	143
3.3.3	Τά χαλυβοκράματα	148
3.3.4	Οί άκαθαρσίες των χαλύβων	152
3.3.5	Ερωτήσεις	154
3.4	Θερμικές κατεργασίες των χαλύβων	155
3.4.1	Γενικά	155
3.4.2	Ή επίδραση της ταχύτητας άποψύξεως	156
3.4.3	Θερμικές κατεργασίες των άνθρακούχων χαλύβων	157
3.4.4	Θερμικές κατεργασίες των χαλυβοκραμάτων	166
3.4.5	Ερωτήσεις	167
3.5	Βιομηχανικές εφαρμογές των χαλύβων	168
3.5.1	Προτυποποίηση των χαλύβων	168
3.5.2	Χάλυβες κατασκευών	170
3.5.3	Χάλυβες έργαλείων	172
3.5.4	Ερωτήσεις	176
3.6	Χυτοσίδηροι	177
3.6.1	Γενικά	177

3.6.2 Λευκός και φαιός χυτοσίδηρος	178
3.6.3 Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος	179
3.6.4 Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη	180
3.6.5 Ειδικοί χυτοσίδηροι	181
3.6.6 Ερωτήσεις	181
3.7 Μη σιδηρούχα μέταλλα και κράματα	182
3.7.1 Ο χαλκός και τα κράματά του	182
3.7.2 Το άργιλλιο και τα κράματά του	184
3.7.3 Ο ψευδάργυρος και τα κράματά του	187
3.7.4 Ο μόλυβδος και τα κράματά του	187
3.7.5 Το νικέλιο και τα κράματά του	188
3.7.6 Αντιτριβικά κράματα ή κράματα για έδρανα ολισθήσεως	188
3.7.7 Ερωτήσεις	189
3.8 Μηχανουργικά υλικά κονιομεταλλουργίας	190
3.8.1 Γενικά	192
3.8.2 Οι φάσεις της κονιομεταλλουργίας	192
3.8.3 Ερωτήσεις	194
3.9 Τα πλαστικά στις μηχανουργικές κατασκευές	194
3.9.1 Γενικά	194
3.9.2 Η δομή των πλαστικών	195
3.9.3 Χαρακτηριστικές ιδιότητες των πλαστικών	196
3.9.4 Ταξινόμηση των πλαστικών	197
3.9.5 Μορφοποίηση των πλαστικών	198
3.9.6 Εφαρμογές των πλαστικών	204
3.9.7 Ερωτήσεις	208

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΚΟΠΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΟΠΗΣ

4.1 Πώς κατατάσσονται οι κατεργασίες κοπής	209
4.2 Γενικά για την κινηματική των κατεργασιών κοπής. Συνθήκες κατεργασίας ή κοπής	212
4.3 Οι κυριότερες κατεργασίες κοπής	214
4.4 Δύο από τις κυριότερες μη συμβατικές κατεργασίες αφαίρεσης μετάλλου	228
4.4.1 Αφαίρεση μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα	228
4.4.2 Ηλεκτροχημική αφαίρεση μετάλλου	228
4.5 Κατάταξη των εργαλειομηχανών κοπής	229
4.6 Ερωτήσεις	233
Πίνακες τριγωνομετρικών αριθμών	234

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ



Τόρνος του 1395

